

АННОТАЦИЯ
диссертационной работы
ОРУНБЕКОВ МАКСАТ БАГЫБАЕВИЧ

«Разработка оптимально-безопасной модели организации движения поездов при координатном способе регулирования», представленный на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D090100 – «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта»

Введение

В последние годы объемы железнодорожных перевозок увеличились, а развитию транспортно-логистической отрасли придается большое значение, о чем свидетельствует Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана под названием «Экономическая направленность справедливого развития». Казахстан» от 1 сентября 2023 года: «Одна из задач стратегического значения – полное использование потенциала транспортно-логистической отрасли. Сейчас в мире формируется новое экономическое пространство. Предполагается, что объемы товаров, отправляемых из Китая в Европу, Россию, Среднюю Азию и из этих регионов в Китай, значительно возрастут. Казахстан расположен на глобальном перекрестке, соединяющем север и юг, запад и восток. Это дает нашей стране большие возможности. Поэтому транспортно-логистическая отрасль должна стать одной из основных сил, которые будут продвигать нашу экономику» [1].

Однако на железнодорожном транспорте имеется ряд ограничений в реализации данной задачи, одним из которых является неудовлетворительное техническое состояние существующих систем и установок автоматизации, указанных в документе [2], что влияет на жизнь и здоровье пассажиров, безопасность перевозимых грузов, объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта, безопасность окружающей среды, подчеркивается, что это увеличивает возникновение опасных факторов.

Также, согласно [2], если одной из проблем, влияющих на стабильность и безопасность транспортной инфраструктуры и транспортных услуг, является цифровизация, автоматизация, регулирование, контроль движения и неэффективное использование инструментов управления, то проблемой, влияющей на общую эффективность транспортных услуг, является и управление инфраструктурой является современным цифровым, отмечено недостаточное развитие и использование технологий и автоматизированных систем планирования и управления транспортными услугами.

Кроме того, согласно [3], основными стратегическими задачами Акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» (АО «НК «ҚТЖ»)) являются увеличение транзитных мощностей Республики Казахстан, организация контейнерных перевозок и высокоскоростное

пассажирское движение. Для достижения поставленных целей предполагается обновить парк подвижного состава, обеспечивающий необходимый уровень скорости и комфорта, модернизировать устройства системы сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), а также разработать новые технологические стандарты. для организации транспортного процесса.

Поэтому необходимо постоянно совершенствовать качественные показатели перевозочного процесса, чтобы обеспечить своевременную доставку грузов железнодорожным транспортом, обеспечить комфорт и безопасность пассажиров и увеличить пропускную способность участков. Наиболее эффективным способом решения этой проблемы является совершенствование и оптимизация методов интервального регулирования движения поездов.

Потому что в эксплуатируемом методе интервального регулирования технология регулирования движения поездов осуществляется путем передачи информации о координатах последнего вагона приближающегося поезда в центр управления и последнего поезда по радиосвязи. Если связь между центром управления и поездом по какой-либо причине прервется, машинисту поезда придется мгновенно тормозить скорость, даже экстренно, что, в свою очередь, снижает эффективность системы.

Учитывая эти проблемы, актуальностью настоящей диссертационной работы является разработка оптимально-безопасной модели интервального регулирования движения поездов с целью осуществления процесса перевозки без остановки при возникновении проблем в канале связи между центром управления и поездами.

В настоящее время проведен ряд исследований по совершенствованию координатных методов и систем интервального регулирования движения поездов, среди которых Ф. П. Бестемьянов, В. М. Лисенков, J. Pachl, P. Stanley, J. Trinckauf, А. М. Романчиков, Е. Н. Розенберг, Н. Furness, Р. Изложено в трудах арсаини, И. Хансена, Ю. А. Кравцова и др.

Актуальность диссертационного исследования является совершенствование и применение координатного способа интервального регулирования движения поездов по существующим участкам железных дорог, так как только данный метод позволяет повысить пропускную способность участка. В этом контексте предложена оптимально-безопасная модель интервального регулирования движения поездов и доказана эффективность, получаемая в результате интеграции технологии регулирования через подвижные и фиксированные блок-участки.

Цель и задачи исследования состоит в разработке оптимально-безопасной модели организации движения поездов координатным способом интервального регулирования.

Согласно поставленной цели, возникает последовательность выполнения следующих задач:

- исследование и анализ опыта эксплуатации координатных систем интервального регулирования движения поездов (КСИРДП) и причин

неисправностей радиосвязи;

- разработка оптимизированной структурно-функциональной модели и алгоритма работы КСИРДП с предложением применения виброакустической технологии;

- исследование использования оптимально-безопасной модели организации движения поездов на существующей железнодорожной сети на основе компьютерного моделирования;

- моделирование динамических характеристик тягового двигателя локомотива с целью изучения влияния характеристик подвижного состава на эффективность эксплуатации КСИРДП.

Объект исследования. Рабочий процесс координатной системы интервального регулирования движения поездов.

Предметом исследования является интервальное регулирования движения поездов с координатным методом.

Методы исследования. В целях решения поставленных исследовательских задач применены методы анализа данных научно-технической литературы по КСИРДП, математического моделирования на основе теории автоматического регулирования, статистического исследования, компьютерного моделирования на основе прикладных и имитационных программных средств.

Основные положения, выносимые на защиту:

- оптимизированная структура и алгоритм работы КСИРДП, в котором одновременно используются подвижные и фиксированные блок-участки по технологии интервального регулирования движения поездов;

- модель организации связи между центром управления и поездами в координатной системе интервального регулирования движения поездов;

- оптимально-безопасная модель организации движения поездов через КСИРДП;

- синтез оптимизированной системы устойчивого управления асинхронным электроприводом локомотива подвижного состава и его параметров.

Научная новизна диссертационной работы.

- проведен комплексный анализ структуры координатных систем интервального регулирования движения поездов, дана количественная оценка возникновения дефектов в канале связи;

- разработана оптимально-безопасная модель и метод организации движения поездов по координатной системе интервального регулирования движения поездов;

- разработана модель системы связи, обеспечивающая надежную работу КСИРДП;

- предложены методы оценки использования оптимально-безопасной модели организации движения поездов на основе имитационного моделирования.

- в целях повышения эффективности работы КСИРДП разработана

оптимальная система управления асинхронным электроприводом локомотива подвижного состава и разработан синтез его параметров.

Практическая значимость результатов работы заключается в усовершенствовании аппаратной структуры и алгоритма работы системы интервального регулирования движения поездов с координатным методом, новое решение организации связи между центром управления и поездами, решения с применением технологии виброакустического зондирования.

Реализация результатов работы.

Основные результаты исследования по докторской диссертации использованы в научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках «Frauscher Sensortechnik GmbH», а также включены в учебный процесс кафедры «Транспортные услуги и бизнес» АЛТ Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, кроме того, в разработке стратегических планов развития ТОО «ТрансКом» и в разработке движения подвижного состава и поездов ТОО «ALSTOM KAZAKHSTAN» рекомендовано применять при разработке, локализации, совершенствовании и эксплуатации систем управления, также АО "Транстелеком" подтвердило техническую возможность включения результатов исследования в участок железной дороги (приложение В).

Соответствие работы направлениям развития науки или государственным программам. Основные результаты исследования диссертационной работы получены в ходе реализации проекта AP15473668 «Исследование и оптимизация алгоритмов интеллектуальной цифровой системы управления движением поездов», предназначенного для грантового финансирования молодых ученых по проекту «Жас ғалым» на 2022-2024 годы.

Апробация работы.

Основные положения диссертации изложены и обсуждены на следующих международных конференциях: XLII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в транспорте: образование, наука, практика», Алматы, 2018 г.; Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. Материал III Всероссийской научно-практической конференции. Самара, 2021 г.; На I Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», Алматы, 2021 г.

Публикации. По результатам исследований, выполненных в соответствии с темой докторской диссертации, опубликовано 7 научных работ, из них 1 работа опубликована в изданиях, входящих в международную базу данных Scopus (процентиль журнала по направлению Transportation – не ниже 25), 6 работ – в изданиях, рекомендованных комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, 1 монография, а также получено 2 свидетельства и 1 патент на полезную модель.

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, 102 списка использованных источников, 5 приложений, 91 рисунка, 12 таблиц. Общий объем текста диссертационной работы – 120 страниц.

Основное содержание диссертации изложено в четырех главах.

Во введении отражена актуальность темы и направление научного исследования. Сформулированы цели, задачи работы и предполагаемые пути решения. Описаны методы исследований. Приведены основные положения, выносимые на защиту, изложены сведения о научной значимости, новизне и практической ценности результатов исследований, реализации и апробации работы.

В первой главе проведен анализ существующих координатных систем интервального регулирования движения поездов по всему миру. В целях определения задачи и направления исследования по диссертационной работе исследовано современное состояние существующих систем интервального регулирования движения поездов на железнодорожной сети АО «НК» ҚТЖ», дана количественная оценка по доле каждой системы в железнодорожной сети. Проанализирован опыт использования координатной системы интервального регулирования движения поездов СИРДП-Е на магистральных железнодорожных линиях АО «НК» ҚТЖ» и описаны результаты исследований, проведенных с целью модернизации состава аппаратуры связи как основного компонента системы. Приводятся причины появления систем связи в координатных системах интервального регулирования движения поездов. В результате проведенного анализа в данном разделе сформулированы задачи и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе разработано техническое решение резервирования канала связи системы на основе технологии DAS с целью увеличения пропускной способности участка, продолжая координатные принципы интервального регулирования движения поездов при отказах канала связи.

Даны разъяснения по принципу работы технологии DAS, рассмотрены условия связи с железнодорожной инфраструктурой.

С целью проверки корректности предложенной оптимально-безопасной модели координатной системы интервального регулирования движения поездов была создана модель в среде MATLAB, и доказано, что результаты моделирования показывают, что резервирование каналов связи, в том числе волоконно-оптической связи, устойчиво к внешним шумам, позволяет получить наибольшую величину скорости подвижного состава.

В третьей главе реализация методов интервального регулирования движения поездов, применяемых фиксированными и подвижными блок-участками, в одной системе ИРДП позволяет увеличить пропускную способность железнодорожного участка, так как в любой момент рекомендуется надежно регулировать движение поездов одним из двух методов с гарантированным интервалом.

В данном разделе разработана имитационная модель в среде AnyLogic

важного транзитного коридора Достык-Жезказган-Илецк, используемого для пропуска контейнерных поездов через Казахстан. Ожидаемым результатом стало определение участков ограничения движения и в ходе моделирования было установлено, что это участки Жезказган-саксаул, исследованы причины снижения скорости движения поездов по участку.

Кроме того, в данном разделе диссертационной работы разработана компьютерная модель железнодорожного участка на базе микроскопического программного продукта OpenTrack с целью определения пропускной способности участка Жетыген-Алтынколь, использующего систему координат интервального регулирования движения поездов, реализующую концепцию подвижных блок-участков и как одного из основных коридоров транзитного пропуска контейнерных поездов из Китая в Европу. В ходе моделирования было организовано движение поездов на участке Курозек-Жарсу протяженностью 40 км на основе технологий ПБУ и ФБУ. Полученные в результатах исследования таблицы различных зависимостей и графики движения смоделированных поездов показали эффективность оптимально-безопасной модели организации движения поездов, представленной в диссертационной работе.

В четвертой главе с целью комплексного изучения темы диссертационной работы разработана модель определения устойчивости системы нелинейного управления электроприводом локомотива с использованием среды моделирования MATLAB, в результате которой получено описание переходных процессов тяговых двигателей, позволяющих получать согласованные режимы скоростей и моментов.

В среде моделирования MATLAB разработаны структурная схема модели асинхронного двигателя, дифференциальные уравнения системы автоматического регулирования, а также рассмотрен синтез параметров системы автоматического регулирования асинхронного электропривода локомотива, параметры k_P, k_Z, k_Y, k_{OS}, T , полученные в результате программы синтеза, доказаны графиками переходных процессов для обеспечения устойчивости системы автоматического регулирования.

Изложены возможности интеграции результатов исследований, полученных в среде моделирования MATLAB, в результате API для реализации принципов передачи и восприятия из среды моделирования OpenTrack.

Заключение.

В ходе выполнения диссертационной работы были достигнуты следующие результаты:

1. В первой главе диссертационной работы проведен анализ существующих координатных систем интервального регулирования движения поездов по всему миру, исследовано современное состояние существующих систем интервального регулирования движения поездов на железнодорожной сети АО «НК» ҚТЖ». Также проанализирован опыт использования координатной системы интервального регулирования движения поездов

СИРДП-Е на магистральных железнодорожных линиях АО «НК» ҚТЖ», описаны результаты исследований, проведенных с целью модернизации состава аппаратуры связи как основной составляющей системы, приведены причины возникновения систем связи в координатных системах интервального регулирования движения поездов.

2. Во второй главе диссертационной работы разработано техническое решение резервирования канала связи системы на основе технологии DAS с целью увеличения пропускной способности участка, продолжая координатные принципы интервального регулирования движения поездов при наличии отказов в каналах связи, рассмотрены условия связи технологии DAS с железнодорожной инфраструктурой. Также было доказано, что для проверки правильности предлагаемой оптимально-безопасной модели координатной системы интервального регулирования движения поездов в среде MATLAB создана модель, результаты моделирования которой позволяют получить наибольшую величину скорости подвижного состава, демонстрируя резервирование каналов связи, в том числе устойчивость волоконно-оптического канала связи к внешним шумам.

3. В третьей главе диссертационной работы реализация методов интервального регулирования движения поездов, применяемых фиксированными и подвижными блок-участками, в одной системе ИРДП позволит увеличить пропускную способность железнодорожного участка, так как в любой момент будет возможность надежно регулировать движение поездов одним из двух методов с гарантированным интервалом. Разработана имитационная модель еще одного важного транзитного коридора Достык-Жезказган-Илецк, который будет использоваться для пропуска контейнерных поездов через Казахстан.

Ожидаемым результатом стало определение участков ограничения движения, и в ходе моделирования было установлено, что участки Жезказган-саксаул, причины снижения скорости движения поездов по участку зависят от ИРДП. Кроме того, в целях определения пропускной способности введенного участка Жетыген-Алтынколь, основанной на реализации концепции передвижных блок-участков, разработана компьютерная модель железнодорожного участка на базе микроскопического программного продукта OpenTrack. В ходе моделирования было организовано движение поездов на участке Курозек-Жарсу протяженностью 40 км на основе технологий ПБУ и ФБУ. Полученные в результатах исследования таблицы различных зависимостей и графики движения смоделированных поездов показали правильность оптимально-безопасной модели организации движения поездов, представленной в диссертационной работе.

4. В четвертой главе диссертационной работы с целью комплексного изучения темы работы разработана модель определения устойчивости системы нелинейного управления электроприводом локомотива с использованием среды моделирования MATLAB, в результате которой получено описание переходных процессов тяговых двигателей, позволяющих

получать согласованные режимы скоростей и моментов.

В среде моделирования MATLAB разработаны структурная схема модели асинхронного двигателя, дифференциальные уравнения системы автоматического регулирования, а также рассмотрен синтез параметров системы автоматического регулирования асинхронного электропривода локомотива, параметры k_P, k_Z, k_Y, k_{OS}, T , полученные в результате программы синтеза, доказаны графиками переходных процессов для обеспечения устойчивости системы автоматического регулирования.

Изложены возможности интеграции результатов исследований, полученных в среде моделирования MATLAB, в результате API для реализации принципов передачи и восприятия из среды моделирования OpenTrack.

На основании диссертационной работы получены патент на полезную модель №7983 и авторские свидетельства №9213, № 30873. А также результаты исследований в научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках «Frauscher Sensortechnik GmbH», учебном процессе кафедры «Транспортные услуги и бизнес» АЛТ Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, разработке стратегических планов развития АО «Транстелеком», ТОО «ТрансКом», разработке систем управления движением подвижного состава и поездов ТОО «ALSTOM KAZAKHSTAN», локализация, усовершенствование и использование представлены внедрения и применения.