

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

по диссертационной работе Ерофеева Александра Александровича
«Теория построения интеллектуальной системы управления
перевозочным процессом на железнодорожном транспорте»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.22.08 – управление процессами перевозок

На основе изучения диссертации, автореферата и опубликованных работ по теме диссертации установлено следующее.

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите.

Диссертационная работа посвящена исследованию транспортных процессов, разработке новых технологических решений в организации, управлении перевозочным процессом на железнодорожном транспорте. Изложенный в ней материал относится к областям исследований:

III.1. Системы управления железнодорожным транспортом, взаимодействие железнодорожного транспорта с другими видами;

III.2. Технология перевозочного процесса на объектах железнодорожного транспорта общего и необщего пользования, её регламентация; методы и способы повышения эффективности организации технологических процессов в международном и внутригосударственном сообщениях;

III.3. Теория и методы организации вагонопотоков, маневровой работы на железнодорожных станциях; организации поездной работы и графика движения поездов; ресурсо- и энергоэффективные технологии в перевозочном процессе;

III.4. Теория и методы автоматизации и интеллектуального управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте;

III.5. Методы планирования и нормирования перевозочного процесса, оценки потребности транспортных средств, оперативного управления транспортными процессами,

представленным в паспорте специальности 05.22.08 – управление процессами перевозок, и соответствует названной специальности и технической отрасли науки.

2. Актуальность темы диссертации.

На территории стран СНГ на долю железнодорожного транспорта приходится более 40 % общего грузооборота, что ведет к необходимости эффективного управления перевозочным процессом. В настоящее время учащаются случаи, при которых в относительно короткие периоды происходит существенное изменение объемов и структуры транспортных потоков, а это, в свою очередь, ведет к перераспределению транспортной работы между объектами инфраструктуры и трансформированию логистических схем доставки грузов. В складывающихся условиях традиционные технологии управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте, основанные на использовании долгосрочных планов и «ручной» системе диспетчерского управления, оказываются недостаточно эффективными. Поэтому имеется практическая потребность в интеграции информационно-коммуникационных технологий и средств автоматизации в существующие технологии организации работы железнодорожного транспорта. Учитывая большой объем используемой при управлении перевозочной деятельностью разноплановой информации, а также значительную долю ее неопределенности, существует потребность в научном

обосновании подходов, позволяющих повысить экономическую эффективность работы железнодорожного транспорта путем комплексного использования интеллектуальных транспортных систем. Тема работы соответствует приоритетному направлению научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства».

3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту.

Научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

1. Модель технологии перевозочного процесса, которая объединяет в единую систему существующие подсистемы управления и позволяет на основе накопленного массива данных о комплексных управляющих решениях и использования информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий в системе управления эксплуатационной работой увеличить централизацию системы управления перевозочным процессом и тем самым снизить структурную избыточность и неравномерность распределения информационных связей.

2. Метод моделирования систем, обеспечивающих организацию управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте, основанный на однотипном описании объектов и процессов, структур подсистем управления перевозочным процессом и закономерностей взаимодействия между ними при объединении их в единую систему. Предложенный метод позволяет вести скоординированную разработку и последующую эксплуатацию подсистем и элементов систем управления в последовательно-параллельном режиме и силами различных разработчиков.

3. Новые методики решения задач управления перевозочным процессом:

о формировании и актуализации многослойного адаптивного графика движения поездов, позволяющей в автоматическом режиме использовать нормативный график движения поездов в разных эксплуатационных ситуациях;

о диспетчерской корректировке графика движения поездов путем использования апостериорных моделей, деревьев классификации эксплуатационных обстановок и решения задач ситуационного моделирования, которые позволяют в режиме реального времени компенсировать отклонения в графика движения поездов на однопутных участках до 11 %, а на двухпутных – до 7 % при обеспечении своевременного отправления и прибытия поездов ядра графика движения поездов по начально-конечным станциям участка;

о планировании поездной работы, включающие алгоритмы актуализации годового плана формирования поездов в зависимости от складывающейся эксплуатационной обстановки и планирования поездообразования с повышением его уровня со станционного до дорожного, отличающиеся установлением в планах наряду с количественными временными параметрами процессов, которые позволяют сформировать гармонизированный план поездной работы для полигона железной дороги.

о планировании грузовой работы на основе априорных моделей планирования, алгоритмов машинного обучения, основанных на регрессионном анализе данных о выполнении планов, сценарного описания бизнес-процессов планирования и предусматривающий перенос процедуры разработки конечного управляющего решения со станционного на дорожный уровень;

об увязке составообразования с графиком движения поездов, которая позволяет разрабатывать вместо разрозненных локальных планов совместные планы поездной и станционной работы.

Полученные новые результаты обосновывают технические и технологические решения, которые позволяют повысить эффективность управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в целом обоснованы и вытекают из содержания проведенных исследований. Достоверность результатов проведенных исследований определяется корректным использованием статистических методов обработки данных, ситуационного моделирования и иных общепризнанных математических методов. Ряд результатов нашли практическое применение, что также подтверждает их достоверность.

Результаты исследований прошли апробацию на многочисленных международных научных конференциях в Республике Беларусь, Российской Федерации, Украине и Литве.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию.

Научная значимость. Результаты исследований, полученные в диссертационной работе, в совокупности представляют собой концептуальное развитие теории и методов автоматизированного управления процессами перевозок на железнодорожном транспорте.

Практическая значимость. Результаты диссертационных исследований внедрены в производстве, что подтверждено актами внедрения:

Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, где осуществлен ряд внедрений результатов анализа структуры управления железнодорожным транспортом в Республике Беларусь и за рубежом путем использования при совершенствовании государственной системы управления железнодорожным транспортом Республики Беларусь;

ГО «Белорусская железная дорога», где внедрены при разработке: технико-экономического обоснования и технических требований на создание Информационно-управляющей системы Центра управления местной работой и Автоматизированной системы формирования прогнозного графика движения поездов с функциями автодиспетчера и автоведения, проектно-конструкторской документации на создание автоматизированных систем управления перевозочным процессом; технических требований к системе автоматического управления технической станцией; программы развития хозяйства перевозок на период до 2025 года;

АО «Институт экономики и развития транспорта» (Москва, Россия), где результаты исследования использованы при разработке программ, осуществляющих моделирование использования инфраструктуры ОАО «РЖД» и организации вагонопотоков, которые приняты в промышленную эксплуатацию в ОАО «РЖД».

Экономическая значимость. В соответствии с актами внедрения ГО «Белорусская железная дорога» реализация интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге позволит сформировать прибыль в объеме 4909,6 тыс. рублей в год, Автоматизированной системы формирования прогнозного графика движения поездов с функциями автодиспетчера и автоведения – 1,017 млн. руб за 5 лет эксплуатации.

Социальная значимость полученных результатов связана с улучшением обслуживания грузополучателей, связанном с более точным прогнозированием и соблюдением графика доставки грузов. Результаты исследования внедрены в учебный процесс

Белорусского государственного университета транспорта, Российского университета транспорта, Сибирского государственного университета путей сообщения.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.

Основное содержание диссертации опубликовано в 98 научных работах, в том числе, одной монографии, 17 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК Республики Беларусь для публикации результатов диссертационных исследований по направлению технические науки и 15 статьях в зарубежных рецензируемых научных журналах. Кроме того, опубликованы 54 работы в сборниках материалов региональных и международных конференций, 11 тезисов докладов. Из указанного количества монография, 27 статей в рецензируемых журналах, 48 статей в сборниках трудов и 2 тезисов докладов опубликованы после защиты кандидатской диссертации.

Материалы диссертационного исследования Ерофеева А. А., основные положения и выводы, полученные соискателем самостоятельно и при его непосредственном участии в соавторстве, с достаточной полнотой изложены в публикациях.

Требования ВАК к опубликованности результатов диссертации выполнены.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

Диссертация оформлена в соответствии с «Инструкцией по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации» в редакции Постановления Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22 августа 2022 г. № 5. Автореферат отражает содержание диссертации.

8. Замечания по диссертации.

1. Автор в тексте часто использует термин «онтология», имеющий более десяти разных определений, которые отличаются степенью охвата рассматриваемых объектов и процессов, однако использованное для целей работы определение в ее тексте не приведено. Также отсутствует описание критериев включения объектов и процессов в рассматриваемую систему. Например, на с. 174 указано, что «при классификации эксплуатационных ситуаций и выборе алгоритмов диспетчерских корректировок ГДП целесообразно использовать следующие атрибуты...», и далее приведен их перечень. Из текста неясно, существовал ли ранее аналогичный перечень, или он впервые предложен автором; каковы критерии включения или невключения той или иной характеристики в данный перечень.

2. При определении оптимального количества слоев МАГ (с. 104) весовые коэффициенты категории поезда, частоты отправления по нитке и постоянного или свободного расписания принимались равными 2,0. Однако не указано, чем обусловлен выбор именно этих, а не каких-либо иных параметров в качестве приоритетных. Также не приведена информация о том, как значение весового коэффициента влияет на результаты работы алгоритма CLOPE.

3. При построении базового варианта многослойного адаптивного графика движения поездов использован алгоритм, представленный на с. 107–109, предполагающий выполнение ряда последовательных и логических операций. По нашему мнению, для разработки указанного графика было бы интересно рассмотреть применение генетического алгоритма, что позволило бы уже на стадии разработки получить наиболее энергоэффективный график.

4. На с. 68 работы указано «подсистема данного слоя изменяет ... стратегию адаптации (обучения)». Из этой фразы можно сделать вывод, что в качестве метода обучения используется только адаптация к некоторым условиям, например, нормативным. Если в работе также рассматривались иные методы обучения, об этом следовало здесь упомянуть. Алгоритм машинного обучения, представленный на с. 154–155, позволяет определять локальный минимум функции нескольких переменных. Однако при

наличии нескольких локальных минимумов имеется вероятность, что полученный в ходе анализа минимум не окажется глобальным. Для его определения, как и в предыдущем замечании, также удобно использовать генетический алгоритм.

5. В качестве меры количественной оценки устойчивости ПФП к изменению ОПФ (с. 122) принято значение 25 %. В тексте отсутствуют пояснения, почему в качестве расчетного принято именно это значение.

6. Имеются недочеты, связанные с недостаточно точным описанием деталей работы:

в тексте используется термин «нормативное поведение» (см., например, с. 54); следовало пояснить, что именно понимается под таким поведением;

графики, приведенные на рисунках 3.6–3.9, правильнее было представить в виде гистограмм;

в формуле (3.6) в качестве первого сомножителя выступает $1k$, но из текста неясно, каков смысл размещения цифры 1 перед переменной k ;

на с. 129 отмечается, что «ИСУПП позволяет разработать вариант ПФП, который будет обладать необходимым уровнем достоверности в течение 30 суток», но не указано, что здесь понимается по необходимому уровню достоверности.

9. *Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.*

Представленная диссертационная работа и уровень подготовки соискателя позволяют сделать вывод о том, что Ерофеев Александр Александрович соответствует по научной квалификации ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.08 – управление процессами перевозок.

10. *Заключение.*

Выполненный анализ показал, что диссертационная работа «Теория построения интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте» является законченной научной работой. Она удовлетворяет требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь», предъявляемым к докторским диссертациям. Ее автору, Ерофееву Александру Александровичу, может быть присуждена ученая степень доктора технических наук по специальности 05.22.08 – управление процессами перевозок за *концептуальное развитие* актуального научного направления создания теории и методов автоматизации и интеллектуального управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте, *включающее*:

модель технологии перевозочного процесса, которая объединяет в единую интеллектуальную систему существующие подсистемы управления, и позволяет на основе накопленного массива данных о комплексных управляющих решениях и использования информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий в системе управления эксплуатационной работой увеличить централизацию системы управления перевозочным процессом и тем самым снизить структурную избыточность с 5,26 до 3,50, а неравномерность распределения информационных связей с 7,19 до 4,17;

метод моделирования систем, обеспечивающих организацию управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте, основанный на однотипном описании объектов и процессов, структур подсистем управления перевозочным процессом и закономерностей взаимодействия между ними при объединении их в единую систему, который позволяет вести скоординированную разработку и

последующую эксплуатацию подсистем и элементов систем управления в последовательно-параллельном режиме и силами различных разработчиков;

новые методики решения задач управления перевозочным процессом, обеспечивающие: формирование и актуализацию многослойного адаптивного графика движения поездов, позволяющего в автоматическом режиме использовать нормативный график движения поездов в разных эксплуатационных ситуациях; диспетчерскую корректировку графика движения поездов, планирование поездной и грузовой работы, учитывающие складывающуюся эксплуатационную обстановку и перенос процедуры разработки конечного управляющего решения со станционного на дорожный уровень; об увязке составообразования с графиком движения поездов, которая позволяет разрабатывать вместо разрозненных локальных планов совместные планы поездной и станционной работы,

что, в совокупности, позволяет увеличить централизацию системы управления перевозочным процессом с 0,47 до 0,75; снизить структурную избыточность с 5,26 до 3,50, а также снизить неравномерность распределения информационных связей с 7,19 до 4,17, повысить маршрутную (участковую) скорость движения поездов ядра не менее чем на 8 %, увеличить период планирования поездообразования с одних до 3–5 суток, текущего планирования – с 3–6 до 12–24 часов с обеспечением высокой точности планирования (до 91–94 % по сравнению с 65–75 % при традиционных технологиях) и тем самым обеспечить эффективное функционирование всех участников технологических процессов в условиях изменения объемов и структуры транспортных потоков.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой
«Техническая физика и теоретическая механика»
Учреждения образования
«Белорусский государственный
университет транспорта»
доктор технических наук, профессор
15.01.2024

А.О. Шимановский

Личную подпись А.О. Шимановского удостоверяю

Начальник ОК С.И. Паранин



Отзыв поступил в совет
15.01.2024 Проф. Н.А. Кожич

с отзывом ознакомлен
15.01.24 А.А. Ерощев