

Утверждаю  
Ректор  
Учреждения образования  
«Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиоэлектроники»,  
доктор физ.-матем. наук, профессор



В.А.Богуш  
«05» \_\_\_\_\_ 2024 г.

**Отзыв**  
**оппонирующей организации**  
по диссертационной работе Ерофеева А.А.  
**«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»  
в специализированный совет по защите диссертаций Д 08.01.01  
при учреждении образования «Белорусский государственный университет  
транспорта»

Рассмотрев представленную диссертационную работу и обсудив доклад соискателя Ерофеева А.А., на научном семинаре кафедры интеллектуальных информационных технологий пришли к следующему заключению.

**Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки со ссылкой на область исследования паспорта соответствующей специальности, утвержденного ВАК**

Диссертационная работа Ерофеева А.А., включая тему, цели, задачи и содержание полностью соответствует профилю специальности 05.22.08 – Управление процессами перевозок и отрасли технические науки. Область исследования соответствует следующим пунктам паспорта специальности, утвержденного ВАК:

П. 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.

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

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



## **Научный вклад соискателя в разработку научной проблемы с оценкой его значимости**

Анализ материалов диссертации, позволяет сделать вывод, что автором самостоятельно получены значимые научные результаты в разработке теории построения интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (ИСУПП).

Научный вклад Ерофеева А.А. состоит в формировании процессно-объектной онтологии перевозочного процесса; разделении множества моделей описания перевозочного процесса на априорные и апостериорные в зависимости от класса решаемой задачи управления, формировании принципов использования гибридных решателей эксплуатационных задач при разработке управляющих решений, а также в разработке новых моделей интеллектуального управления отдельными технологическими процессами на железнодорожном транспорте. Их использование в совокупности позволяет существенно повысить качество управления, решать новые эксплуатационные задачи и развить область исследования «Теория и методы автоматизации и интеллектуального управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте».

**Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень**

Научные результаты диссертации, за которые соискателю может быть присвоена ученая степень доктора технических наук, включают:

- методологию построения ИСУПП, включая правила формирования процессно-объектной онтологии перевозочного процесса, принципы формирования априорных и апостериорных моделей описания технологических процессов, принципы координации функционирования элементов в ИСУПП и построения ГБРЭЗ, что в совокупности впервые позволяет формализовать описание единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП) в рамках одной интеллектуальной системы и обеспечить интероперабельность ее компонентов;

- процессно-объектную онтологию перевозочного процесса, включающую классификаторы, принципы описания объектов и процессов, процедуры актуализации параметров и свойств, что позволяет рассматривать перевозочный процесс как единую предметную область, обеспечить онтологическое единообразие всех входящих в ИСУПП подсистем;

- постановку и метод решения новой эксплуатационной задачи «Формирование и актуализация многослойного адаптивного графика движения поездов», что дополняет существующую теорию разработки графика процедурами определения количества слоев (групп расписаний), распределения поездных заявок между слоями, актуализации и позволяет в автоматическом режиме разрабатывать адаптивные графики для различных уровней эксплуатационной нагрузки.

- новую методологию интеллектуального планирования поездной работы, включающую регламентацию продолжительности периодов планирования,



методы, модели и технологии разработки плана формирования поездов и его актуализацию в зависимости от складывающейся эксплуатационной обстановки и позволяющую за счет использования гибридных решателей эксплуатационных задач формировать гармонизированные планы поездной работы для полигона железной дороги, а также устанавливать в планах не только количественные, но и временные параметры процессов.

– новый метод планирования поездной и грузовой работы, который за счет использования априорных моделей планирования, алгоритмов машинного обучения, сценарного описания бизнес-процессов планирования, впервые позволяет сформировать единый пономерной пооперационный план грузовой работы для всего полигона железной дороги с детализацией по клиентам на период не менее одних суток с обеспечением высокого уровня точности.

– новые апостериорные модели и семейство алгоритмов интеллектуальной диспетчерской корректировки графика движения поездов, которые за счет использования деревьев классификации эксплуатационных обстановок и решения задач ситуационного моделирования позволяют в режиме реального времени компенсировать отклонения в ГДП, а также увеличить период текущего планирования поездной работы до 24 часов и более.

– постановку и методологию решения новой эксплуатационной задачи «Увязка состава образования с графиком движения поездов», которая за счет использования математического аппарата ситуационного моделирования и искусственных нейронных сетей позволяет разрабатывать адаптивные планы состава образования для полигонов, включающих до 100 поездо-участков и до 30 технических станций, обеспечить повышение точности планирования до 25 % по сравнению с существующими методами;

– концепцию формирования ИСУПП, которая регламентирует структуру и функциональный состав системы, принципы информационного взаимодействия между элементами и подсистемами, этапность реализации, правила формирования управляющих решений и методики оценки их эффективности, что в совокупности позволяет повысить эффективность и адаптивность системы управления перевозочным процессом, улучшить показатели скорости продвижения транспортных потоков, надежности и экономичности перевозочного процесса.

#### **Замечания по диссертации**

1. В п. 2.4 диссертации при описании онтологии перевозочного процесса целесообразно было бы добавить ссылки на действующие в области железнодорожного транспорта стандарты, в которых содержатся классификаторы основных железнодорожных объектов и процессов.

2. В главе 5 диссертации на рисунке 5.1 представлен Куб решаемых эксплуатационных задач. Однако такое представление является малоинформативным, так как не позволяет отобразить взаимосвязи между задачами, а также не позволяет увидеть конкретные эксплуатационные задачи, которые решены в ИСУПП.



3. Полученные в диссертационном исследовании научные результаты могут использоваться при построении интеллектуальных систем управления сложными технологическими системами в других отраслях, помимо железнодорожного транспорта. Однако этому вопросу в работе внимания практически не уделено.

4. Согласно Главе 4 инструкции о порядке оформления диссертации на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации разделы автореферата «Общая характеристика работы» и «Заключение» должны дословно воспроизводить соответствующие разделы диссертации без изъятий и дополнений. В связи с этим ссылки на работы автора в разделе «Заключение» следовало бы оформить так же, как в диссертации (1-А, 2-А и т.д.).

5. По тексту диссертации имеются неточности в оформлении рисунков и формул.

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

Научная квалификация Ерофеева Александра Александровича соответствует ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.08 «Управление процессами перевозок».

#### **Рекомендации по практическому применению полученных результатов.**

Результаты диссертационного исследования имеют большую практическую направленность и нашли применение при разработке стратегических, нормативных документов и проектной документации на разработку интеллектуальных и автоматизированных систем управления в Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, ГО «Белорусская железная дорога», ОАО «Российские железные дороги».

Результаты диссертации также могут быть использованы при разработке проектной документации на создание интеллектуальных систем управления как перевозочным процессом, так и отдельными технологическими процессами на железнодорожном транспорте. Отдельные теоретические результаты могут быть использованы при построении интеллектуальных систем управления на других видах транспорта, а также другими сложными техническими системами.

Результаты исследований также могут быть внедрены в учебный процесс транспортных вузов при преподавании специальных дисциплин.

#### **Заключение**

Диссертация Ерофеева Александра Александровича «Теория построения интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте» является завершенной научной работой и соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям.



Диссертация содержит *новые научно-обоснованные результаты* по актуальному направлению научных исследований в области управления перевозочным процессом, включающие:

теорию построения ИСУПП, в том числе правила формирования объектно-процессной онтологии перевозочного процесса, принципы формирования априорных и апостериорных моделей описания технологических процессов, принципы координации функционирования элементов в ИСУПП, что в совокупности впервые позволяет формализовать описание единой технологии перевозочного процесса в рамках одной интеллектуальной системы и обеспечить адаптивность перевозочной системы к изменениям эксплуатационной обстановки;

разработку и формализацию множества моделей описания перевозочного процесса, которые впервые разделены на априорные и апостериорные в зависимости от класса решаемой задачи управления, регламентацию принципов формирования гибридных решателей эксплуатационных задач для различных технологических процессов и видов управления. Их использование в совокупности позволяет существенно повысить качество формируемых управляющих решений, решать новые эксплуатационные задачи и развить область исследования «Теория и методы автоматизации и интеллектуального управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте».

Автор диссертации Ерофеев Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.08 – Управление процессами перевозок в соответствии с Положением о присуждении учёных степеней и присвоении ученых званий, утвержденном Указом Президента Республики Беларусь от 17.11.2004 №560 (в редакции Указа Президента Республики Беларусь от 23.06.2023 №180).

Экспертом от оппонировавшей организации назначен доктор технических наук, профессор кафедры систем управления Кузнецов Александр Петрович (приказ ректора БГУИР от 27.12.2023 № 198-О).

Доклад соискателя и отзыв на диссертационную работу заслушаны и обсуждены на заседании научного семинара кафедры интеллектуальных информационных технологий, протокол № 19 от 28.12.2023 г.

На заседании семинара присутствовало 17 человек; из них 10 человек имеющих ученую степень, в том числе 5 докторов наук, 5 кандидатов наук: Шункевич Д.В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий (председатель совместного заседания объединенного научного собрания); Гулякина Н.А., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий (секретарь совместного заседания объединенного научного собрания); Ерофеев А.А., к.т.н., доцент (соискатель); Енин С.В., к.т.н., доцент, заместитель директора ЗАО «Техника и коммуникации»; Листопад Н.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных радиотехнологий; Татур М.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры электронных вычислительных машин; Козлова Е.И., к.ф.-

м.н., доцент, заведующая кафедрой «Интеллектуальные системы» УО «Белорусский государственный университет»; Голенков В.В., профессор, профессор кафедры интеллектуальных информационных технологий; Кузнецов А.П., д.т.н., профессор, профессор кафедры систем управления; Панышин Б.Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры цифровой экономики УО «Белорусский государственный университет».

В голосовании при одобрении отзыва на диссертационную работу Ерофеева А.А. принимали участие 9 членов научного семинара. Голосовали 9 членов семинара, имеющие право голосовать.

Результаты голосования: за – 9, против – нет, воздержалось – нет.

*Председатель научного семинара:*

заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» кандидат технических наук, доцент

Д.В.Шункевич

*Эксперт научного семинара:*

профессор кафедры систем управления учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» доктор технических наук, профессор

А.П.Кузнецов

*Секретарь научного семинара:*

доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» кандидат физико-математических наук, доцент

Н.А.Гулякина

*Отзыв поступил в совет 08.01.2024*

*Проф. Н.В. Кекшич*

*С отзывом ознакомлен 08.01.24*

*А.А. Ерофеев*