

## 1.5. Наука управления – железнодорожному транспорту

**Д-р физ.-мат. наук, проф. С. Н. ВАСИЛЬЕВ**  
(член Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»,  
академик РАН, директор Института проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН)

**Д-р техн. наук, проф. Д. А. НОВИКОВ**  
(чл.-корр. РАН, зам. директора по научной работе Института  
проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН)

Перечисляемые и кратко характеризующиеся ниже разработки выполнены в основном Институтом проблем управления РАН и его партнерами в академической и отраслевой науке, а также в промышленности. Эти разработки сгруппированы в два больших направления: «Инновационные технологии, модернизация и обновление технических средств подвижного состава и инфраструктуры железнодорожного транспорта» и «Создание и совершенствование систем управления и информационных технологий».

1. Инновационные технологии, модернизация и обновление технических средств подвижного состава и инфраструктуры железнодорожного транспорта.

1.1. Пневматическая адаптивная система синхронизации торможения грузовых поездов. Система представляет собой дополнительный комплект пневмоаппаратуры, устанавливаемый на каждой единице подвижного состава для выполнения заданного алгоритма [15] «синхронного» торможения.

1.2. Система непрерывной заливки железнодорожных цистерн жидкими продуктами. Этот робототехнический комплекс обеспечивает увеличение погрузочной способности грузовых станций (сокращение времени заполнения железнодорожных емкостей за счет исключения гидравлических ударов в подающем трубопроводе) [3].

1.3. Система резервных каналов управления (РКУ) неэлектрической природы стратегически важных объектов железнодорожного транспорта в условиях природных или специально организованных электромагнитных воздействий, а также высоких температур. РКУ построены на базе элементов струйной техники [9], работа которых не подвержена критическому влиянию электромагнитных импульсов высоких мощностей, вызывающих сбой электрической аппаратуры.

1.4. Речевые и мультимодальные интерфейсы и мобильные сервисы, позволяющие расширить функциональность и обеспечить интеллектуализацию информационно-сервисных служб РЖД на основе использования актуальной информации в целях улучшения качества информирования пассажиров (в том числе людей с ограниченными возможностями) в реальном режиме времени [5]. В ограниченные сроки возможно обеспечить:

- создание новых интерфейсных решений и сервисов на основе применения современных телекоммуникационных, мультимедийных и речевых технологий и мобильных сервисов;
- интеграция с другими автоматизированными транспортными и информационными системами;

- создание и поддержание актуального контента для интеллектуализации взаимодействия с клиентами;
- интеллектуализация сервисов на основе статистических данных, базы знаний и оперативной обстановки;
- расширение круга пользователей и облегчение взаимодействия с системами РЖД людям с ограниченными возможностями.

1.5. Онлайн пакетный анализ речевого потока для использования в службах контроля и безопасности. В аналитических центрах, службах безопасности и контроля, в центрах обслуживания вызовов обычно требуется анализ больших объемов речевой информации [4], телефонных разговоров, диспетчерских переговоров. Для автоматизации выполнения этой работы предлагается компьютерный анализатор аудио-потока, способный выполнять функции поиска заданных слов и фраз в записанной или непосредственной речи, поступающей по разным каналам голосовой связи, в том числе функции поиска специализированных названий, команд и слов (иностранные имена, аббревиатуры, команды диспетчеров, сленговые слова и т.д.) в многоканальном режиме работы.

1.6. Управление тарифами для повышения доходности от продажи билетов и перевозки грузов. Система управления тарифами, которая на основании данных о загрузке поездов, поступающих из систем бронирования и продажи ОАО «РЖД», анализирует распределение пассажирских и грузовых потоков по рейсам, маршрутам, датам, нацелена на повышение доходов отрасли от управления процессом продажи и бронирования перевозок. На основании полученных данных с помощью новейших современных методов статистики, теории вероятности и динамического программирования возможно построение высокоточного прогноза загруженности поездов, с детализацией по кодам бронирования, маршрутам и датам и последующей гармонизацией тарифной политики.

1.7. Автономные системы энергообеспечения – блоки питания автоматических устройств на базе малых энергетических установок и импульсных электромагнитных установок [16].

1.8. Высоконадежная система управления торможением тяжеловесных грузовых подвижных составов. Она использует автономные пневмоэлектрические источники питания (в том числе объемно-лопастного преобразователя энергии [13] мощностью от 0,5 до 1 мегаватта), позволяющие повысить безопасность движения.

1.9. Специализированные устройства высокой устойчивости к внешним факторам для задач обеспечения безопасности подвижного состава и других объектов ОАО «РЖД». Они представляют собой специализированные блоки безопасности, предназначенные для анализа информационных потоков в системе управления в сочетании с внешними факторами с превентивного выявления опасных отказов и других угроз объекту управления с целью обеспечения адекватного реагирования.

1.10. Методы анализа, прогнозирования и обоснования развития инфраструктуры для организации высокоскоростного пассажирского движения (в том числе на Транссибирской магистрали) [17]. Эти методы основываются на оценке мультипликативного общеэкономического эффекта при

строительстве и эксплуатации Северо-Сибирской железнодорожной магистрали с созданием интегрированных транспортно-промышленных зон в транспортных логистических узлах.

1.11. Принципы и методы развития системы диагностического мониторинга (СДМ) ОАО «РЖД». Обеспечивают создание иерархически организованной информационно-управляющей системы поддержания безаварийной высоконадежной работы железнодорожного транспорта путем оперативно-го мониторинга, диагностирования и прогнозирования технического состояния железнодорожных путей и ходовой части подвижного состава в сочетании с планируемым их техническим обслуживанием и ремонтом.

1.12. Система автоматизированного оперативно-технического учета объектов инженерной инфраструктуры [6] железнодорожного транспорта для формирования и реализации задач научно-технического развития, модернизации и технического переоснащения. Система является необходимым элементом мониторинга и управления инфраструктурой РЖД для решения задач ее научно-технического развития, модернизации и технического переоснащения. Такая система, обеспечивающая структуризацию объектов и интеграцию данных об их характеристиках, позволит хранить и выдавать по запросу лица, принимающего решения, данные о технических характеристиках, топологии, показателях эффективности, местоположении основных средств ОАО «РЖД» и ее подразделений, об объектах и технологиях, воплощающих лучшие отечественные и мировые достижения.

1.13. Принципы построения радиочастотных датчиков и систем измерения для железнодорожного транспорта. В числе этих средств – комплекс радиочастотных датчиков [14] для систем управления движением и систем оперативного контроля загрузкой подвижного состава с применением беспроводной связи и сенсорной сети.

1.14. Комплекс моделей и методов многокритериальной оптимизации [7] параметров транспортных технологий и подвижного состава на основе развития методологий моделирования и рационального выбора бизнес-процессов в условиях разнородности и разновременности получаемой информации.

1.15. Энергосберегающие технологии и устройства для повышения энергоэффективности и безопасности железнодорожного транспорта на базе создания установок, позволяющих обеспечить практическое внедрение энергосберегающих технологий [13, 15, 16] как непосредственно в поездах, так и в придорожных участках движения магистральных составов путем использования кинетической колебательной энергии перемещения почвы в зонах движения поезда, энергии давления колес поезда на рельсы, а также колебательной энергии перемещения вагонов поезда относительно друг друга.

1.16. Система мониторинга угроз и повышения безопасности объектов ОАО «РЖД» на базе комплекса автономных приборов, оснащенных алгоритмами искусственного интеллекта, способных работать в группе и решать сложные задачи выявления различных угроз объекту, включая террористическую составляющую.

2. Создание и совершенствование систем управления и информационных технологий.

2.1. Методы реинжиниринга и синтеза архитектуры системы управления ОАО «РЖД» на основе комплексной системной методологии, обеспечивающей поддержку не только создания перспективной системы управления, но и ее дальнейшего сопровождения и развития [8]. Они базируются на интегрированной модели объекта исследования, включающей описание всех его компонентов (а именно, стратегического слоя, бизнес-архитектуры и системной архитектуры) для комплексного анализа объекта и повышения эффективности управления ресурсами и бизнес-процессами на всех уровнях управления, принятия более обоснованных и своевременных решений руководителями всех уровней, в том числе и принимаемых решений по реформированию системы управления ОАО «РЖД».

2.2. Комплекс методов и алгоритмов обработки и анализа разнородной диагностической информации с учетом ее агрегирования в иерархически организованной системе поддержки принятия решений, разнородности (количественная, качественная, номинальная, экспертная и т.д., поступающая с бортовых и стационарных средств диагностики на объектах РЖД (подвижной состав, железнодорожные пути и т.д.), разновременности и субъективности (в случае привлечения экспертов), а также необходимости использования надежных процедур выработки согласованных решений [7]. При этом целесообразно использование методологии экспертно-классификационного и экспертно-статистического анализа, методов многовариантной бесконфликтной экспертизы. Используемые алгоритмы должны опираться на современные методы интеллектуальной обработки информации, которые не только позволяют выполнить предобработку, классификационный и структурный анализ этой информации, но и содействуют тому, чтобы в процессе обработки удалось выявить те закономерности, которые неявно содержатся в обрабатываемых информационных массивах.

2.3. Комплексная модель, методы, а также программные и инструментальные средства управления инвестиционной деятельностью в ОАО «РЖД» на этапах принятия и реализации инвестиционных решений [17], включая схемы государственно-частного партнерства и схемы проектного финансирования. Ряд соответствующих задач управления целесообразно формулировать в языке теории расписаний при невозобновляемых ресурсах [11, 12]. Ряд результатов доведен до практической реализации в программном продукте (рис. 1) и апробирован в подразделениях РЖДП и РЖДС.

2.4. Интеллектуальная обработка и анализ данных мониторинга деятельности компании на железнодорожных станциях, в отделениях дорог, управлениях дорог, в специализированных департаментах ОАО «РЖД» на базе разработки систем поддержки принятия управленческих решений (СППУР) с использованием предсказательного моделирования с построением и настройкой моделей в темпе процессов объекта управления [2]. СППУР предоставляет возможность оперативно оценивать, моделировать и оптимизировать коммерческую загрузку поездов с учетом динамики ситуаций (в том числе изменения конъюнктуры рынка), а также оперативно корректировать расписания.

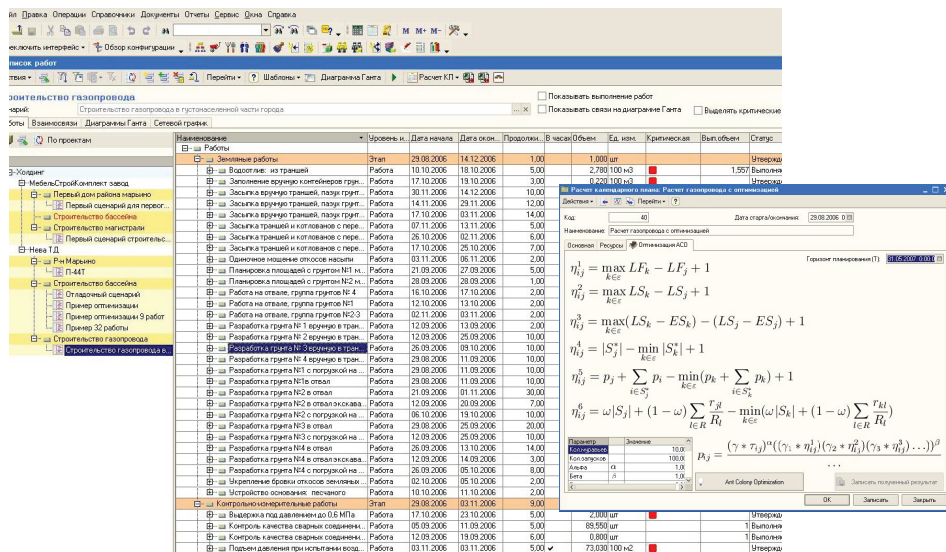


Рис. 1. Экранная форма программного комплекса решения задач теории расписаний с невозобновляемыми ресурсами

Для эффективного функционирования СППУР требуется детальное исследование особенностей поездной работы и перевозочного процесса и обретает практическую важность разработка интеллектуальных методов прогнозирования объема перевозок. Для прогнозирования показателей эффективности перевозочного процесса используются интеллектуальные алгоритмы, основанные на построении виртуальных моделей и процедуры ассоциативного поиска. Разработанные методы моделируют в реальном времени динамику поведения человека-оператора и используют формализацию знаний как технологических (архивные данные), так и экспертных, а также обеспечивают повышение эффективности формируемых расписаний на основе прогнозирующих моделей перевозочных процессов. При этом представляется целесообразным использование разнообразных имитационных моделей и детализированных имитационных приложений. Модели, имитирующие работу станции и участка, предполагается разрабатывать более детализировано в сравнении с внедряемыми сегодня на железной дороге («микромодели»). Используемый уровень детализации позволяет достичь высокой степени адекватности моделей, в том числе для прогноза и анализа перевозочных процессов на том или ином полигоне сети железных дорог большой размерности (диспетчерского круга, направления, отделения дороги и на значительных по времени интервалах (от нескольких дней до года)).

2.5. Автоматизированная система подготовки маршрутов приема, пропуска и отправления поездов на пассажирской станции с интенсивным движением [1]. С помощью ее с достаточно высокой степенью автоматизированности могут решаться следующие задачи:

- подготовка маршрутов приема и отправления пригородных и пассажирских поездов в штатном (нормальном) режиме в соответствии с нормативным графиком движения поездов и суточным планом-графиком работы станции;

- разработка суточного плана-графика работы станции как в периоды ввода нового нормативного графика движения поездов (разные сезоны, выходные и будние дни) с назначением перронных путей и маршрутов приема и отправления пригородных и пассажирских поездов, так и при внесении/возникновении изменений в расписании;

- подготовка маршрутов приема и отправления пригородных и пассажирских поездов в аварийных и других нештатных ситуациях нарушения работы устройств СЦБ и связи, потери управления тормозами движущегося поезда, остановки поезда на перегоне или на станции, необходимости ремонтных работ на путях и других устройствах станции и перегонов, неисправности пути и др.

В первых двух задачах целью автоматизированной системы является строгое выполнение графика движения пассажирских и пригородных поездов, в третьей задаче – оптимизация управленческих решений по приему и отправлению пассажирских и пригородных поездов, ввод их в график движения или сокращение опозданий при неукоснительном выполнении требований безопасности движения. Особенностью работы станции в аварийных и других нештатных ситуациях является невозможность выполнения графика движения поездов и соблюдения суточного плана-графика; при этом увеличивается время приготовления маршрутов, поскольку необходимо при каждом приеме и отправлении поездов решать задачу выбора маршрута следования поездов, а также выбора пути приема и отправления для исключения скрещивания маршрутов и дополнительных задержек поездов.

2.6. Модели и методы решения задач формирования грузовых составов и расписания их движения [12], включая модели долгосрочного планирования грузовых потоков через сортировочные станции, формирования грузовых составов с учетом среднесуточных потоков между сортировочными станциями и графиков движения грузовых поездов.

2.7. Модели и методы сценарно-индикаторного подхода при исследовании проблем безопасности на железнодорожном транспорте, включая выбор оптимальной структуры индикаторов распространения угроз в сложных технических системах, а также сценарии развития последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте [10].

**Заключение.** В последние несколько лет между академической и отраслевой наукой устанавливаются все более тесные и регулярные связи, в том числе в области железнодорожного транспорта. Здесь можно упомянуть и программу «РАН-РЖД», и систему научных грантов «РФФИ-РЖД», и деятельность Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» под руководством профессора Б.М. Лapidуса, и ряд конференций, проводимых академическими институтами, в том числе секцию «Проблемы управления на железнодорожном транспорте» на Конференции «Управление, контроль, измерения – 2012» (Москва, ИПУ РАН), в которой принимали участие многие представители НИИАС, ВНИИЖТ и других отраслевых НИИ, а по результатам был издан спецвыпуск (№ 38) журнала «Управление большими системами». Новые постановки задач должны формулироваться представителями академической и отраслевой науки совместно, в частности, в рамках такого

направления Программы фундаментальных исследований, как «Управление крупномасштабными и сетевыми производственными, транспортными, логистическими, энергетическими и другими инфраструктурными системами». Вместе с тем, многие практически завершённые перспективные научные разработки, в том числе и большинство вышеперечисленных, ещё ждут своих потребителей в отрасли.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амбарцумян А. А., Браништов С. А. Моделирование движения поездов на пассажирской станции // Управление большими системами. – 2012. – № 38. – С. 121–139.
2. Бахтадзе Н. Н., Кульба В. В., Лотоцкий В. А., Максимов Е. М., Ядыкин И. Б. Identification methods based on assotiative search procedure // Control and Cybernetics. – 2011. – Vol. 2. – № 3. – Р. 6–18.
3. Безменов В. С. Пневматические системы автоматизированного дозирования жидкостей. Принципы и методы построения. – Berlin : LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 168 с.
4. Билик Р. В., Жожикашвили В. А., Петухова Н. В., Фархадов М. П. Анализ речевого интерфейса в интерактивных сервисных системах // Автоматика и телемеханика. – 2009. – № 3. – С. 80–89.
5. Билик Р. В., Мясоедова З. П., Петухова Н. В., Фархадов М. П., Троценко А. Ю. Принципы построения интерактивных систем самообслуживания с речевыми технологиями. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 142 с.
6. Гребенюк Г. Г., Лубков Н. В., Никишов С. М. Информационные аспекты управления муниципальным хозяйством. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – 320 с.
7. Дорофеюк А. А., Дорофеюк Ю. А., Мандель А. С., Чернявский А. Л., Лёвин Д. Ю. Современные требования к безопасности железнодорожного транспорта и методы интеллектуального анализа в задаче построения экспертно-аналитической модели для прогнозирования состояния железнодорожных путей и полосы отвода // Управление большими системами. 2012. – № 38. – С. 51–64.
8. Калянов Г. Н. Консалтинг: от бизнес-стратегии к корпоративной информационно-управляющей системе. – М. : Горячая линия – Телеком, 2011. – 210 с.
9. Касимов А. М. Пневмоавтоматика сегодня // Датчики и системы. – 2009. – № 8. – С. 5–8.
10. Кульба В. В., Косяченко С. А., Шелков А. Б. Методология исследования проблем обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте // Управление большими системами. – 2012. – № 38. – С. 5–19.
11. Лазарев А. А., Мусатова Е. Г. Целочисленные постановки задачи формирования железнодорожных составов и расписания их движения // Управление большими системами. 2012. № 38. С. 161–169.
12. Лазарев А. А., Мусатова Е. Г., Кварацхелия А. Г., Гафаров Е. Р. Теория расписаний. Задачи управления транспортными системами. – М. : МГУ, 2012. – 160 с.
13. Пашенко Ф. Ф., Торшин В. В., Шубладзе А. М. Интеллектуальные энергетические установки. – М. : Белый Берег, 2011. – 208 с.
14. Совлуков А. С., Шарапов В. М. и др. Датчики: Справочное пособие. – М.: Техносфера, 2012. – 624 с.
15. Торшин В. В., Пашенко Ф. Ф., Круковский Л. Е. Электрические машины и аппараты на основе логического анализа законов электродинамики. – М. : Белый Берег, 2010. – 264 с.
16. Торшин В. В., Круковский Л. Е., Пашенко Ф. Ф. Преобразователь тепла в электрическую энергию // Изобретательство. – 2010. – № 9. – т. X. – С. 15–18.
17. Управление развитием крупномасштабных систем. – М. : Физматлит, 2012. – 494 с.