

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

№ 1 (1)

ноябрь 2011



**«Чтобы дойти до цели,
нужно только одно. Идти»**

с. 2

Ургупс — 55 лет

«ИННОПРОМ-2011»:
итоги и перспективы

SIEMENS AG
в России



Александр Сергеевич Мишарин

*доктор технических наук,
профессор, президент Российской
академии транспорта,
губернатор Свердловской области*

Уважаемые читатели!

Разрешите представить вашему вниманию первый номер журнала «Инновационный транспорт», который является совместным изданием Российской академии транспорта и Уральского государственного университета путей сообщения.

Идея создания и выпуска журнала оказалась не случайной. Данному решению предшествовала целая серия событий, происходящих в транспортной отрасли Российской Федерации, и мы не вправе оставаться в стороне от информирования читателей о происходящем.

Основная цель нашего издания – освещение научных исследований и достижений, обзор важнейших событий в сфере транспорта с точки зрения его инновационного развития. Это в полной мере относится не только к железнодорожному, но и к автомобильному, авиационному, водному и другим перспективным видам транспорта.

Первый номер журнала посвящен итогам международного форума «ИННОПРОМ-2011», проходившего в июле 2011 г. в Екатеринбурге, и приурочен к юбилею Уральского государственного университета путей сообщения, который отпразднует в ноябре свое 55-летие.

В дальнейшем мы будем информировать читателей о значимых событиях, получивших развитие не только в транспортной отрасли нашей страны, но и за рубежом.

В заключение хотелось бы пожелать творческих успехов редакторскому коллективу журнала «Инновационный транспорт», а читателям – всесторонней поддержки и деятельного участия в работе журнала.

«Иновационный транспорт»
Научно-публицистическое издание

№ 1 (1), 2011 г.

Издается с ноября 2011 г.

Учредители:

Российская академия
транспорта (РАТ),
Уральский государственный
университет путей сообщения
(УрГУПС)

Главный редактор

Александр Геннадьевич Галкин,
д-р техн. наук, профессор,
ректор УрГУПС, председатель
Уральского отделения РАТ

Научный редактор

Дмитрий Германович Неволин,
д-р техн. наук, профессор

Редактирование и корректура –
Елена Владимировна Чагина

Верстка и дизайн –

Екатерина Юрьевна Боярникова

Адрес редакции:

620034, г. Екатеринбург,
ул. Колмогорова, 66, каб. Б2-79.
Телефон: (343) 221-24-42.
Веб-сайт: www.usurt.ru
E-mail: innotrans@mail.ru

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
Роскомнадзора ПИ № ФС 77-46984
от 14 октября 2011 г.

Отпечатано в типографии АМБ:
Екатеринбург, ул. Р. Люксембург, 59.

Подписано в печать 10.11.2011.

Печать офсетная.

Тираж 1200 экз. Заказ № 3203

© ФГБОУ ВПО «Уральский
государственный университет
путей сообщения», 2011
© Общероссийская общественная
организация «Российская
академия транспорта», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

События

Интервью с ректором УрГУПС А. Г. Галкиным
«Чтобы дойти до цели, нужно только одно. Идти» 2

Железнодорожный транспорт

Козлов П. А., Осокин О. В., Тушин Н. А.
Построение интеллектуальной информационной среды
на железнодорожном транспорте. 6

Эпштайн Р., Шароватов Д.
Высокоскоростное сообщение в России.
Современная ситуация и перспективы. 10

Иванов В. А., Кудряшов Е. В., Галкин А. Г., Ковалев А. А.
Разработка контактной сети для ВСМ России. 16

Интервью с генеральным директором ЦИР СТМ А. В. Зубихиным
Инновации в области тепловозостроения:
вектор развития компании «Центр инновационного развития
«Синара – Транспортные машины» 22

Митрохин В. Е., Ряполов А. В.
Моделирование помех в шинах питания КМОП-устройств. 27

Воздушный транспорт

Филимонов А. И.
Новый транспорт для восточных регионов России. 30

Автомобильный транспорт

Лель Ю. И., Мусихина О. В.
Энергетика карьерного транспорта 34

Симпозиумы, конференции, выставки

Неволин Д. Г.
«ИННОПРОМ-2011»: итоги и перспективы 40

Журавская М. А.
IV Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных
университетов и организаций Европы и Азии 43

Научные материалы докторантов и аспирантов

Галкин А. Г., Митрофанов С. А.
Статистический анализ адекватности оценки состояния
контактной сети в филиалах ОАО «РЖД» 48

Харин В. В., Остапчук А. К.
Обеспечение качества поверхностей деталей транспортных
машин на основе теории детерминированного хаоса. 55

Неволин Д. Г., Демин А. А.
Организация информационного обеспечения светофорного
хозяйства крупных городов 59

ИНТЕРВЬЮ



Наш сегодняшний собеседник

**Александр Геннадьевич
Галкин**

*доктор технических наук, профессор,
академик РАТ, ректор УрГУПС, Екатеринбург*

«Чтобы дойти до цели, нужно только одно. Идти»

11 вопросов ректору в канун юбилея университета

— Произнося словосочетание «юбилей университета», какие эмоции Вы испытываете? Насколько переполошило это событие Ваш коллектив?

— Юбилей – это всегда что-то блестящее, звонкое, торжественное, радостное. Но никакого переполоха нет. Другое дело, что у каждого работника и студента есть чувство собственной причастности к истории вуза, которое обостряется и проявляется особенно ярко именно в памятные даты и годы.

— А еще это всегда – подведение итогов, сверка маршрута. С чем подходит к своему юбилею УрГУПС?

— Мы неплохо справились в этом году с приемной кампанией, несмотря на «демографическую яму»: набрали не только бюджетных студентов, но и тех, что учатся на коммерческой основе. В университете открылись новые специальности и направления подготовки по ФГОС. Впервые созданы малые инновационные предприятия. Выполнен проект многоквартирного дома-общежития для молодых ученых-преподавателей, из-под «пятна» застройки уже вынесены инженерные сети. Так что университет успешно развивался, о чем говорит и совершенствование материальной базы, и начавшееся повышение заработных плат и стипендий.

Если же затронуть более отдаленную историю университета, то главное, что удалось сделать, – это

формирование, возвращение кадрового потенциала; создание инфраструктуры, развитие научных школ, открытие диссертационных советов и выпуск научных журналов, реализация новых специальностей, присвоение университетского статуса... Даже выбор первым ректором места для размещения будущего студенческого городка является знаковым событием – кто знает, какова была бы судьба университета, находишь он в другом месте?

— Говорят, вуз ждут новые перемены, и в будущем его профиль существенно расширится, поскольку университет станет транспортным. Это не ущемит интересы железнодорожников, которым Вы в основном поставляли кадры? Они не станут ревновать?





— Мы гордимся своей отраслевой принадлежностью и прилагаем все силы, чтобы ее сохранить. УрГУПС – единственный транспортный вуз региона, не только сохранивший эту связь, но и успешно развивающий партнерские отношения с основным работодателем своих выпускников – ОАО «РЖД». И в этом – наше огромное преимущество.

Очень помогла нашему развитию и поддержке в рамках Федеральной целевой программы. Уже на первом этапе ФЦП мы не только получили более семи тысяч квадратных метров площадей, но и значительно развили и обновили материальную базу для научных исследований. Если до реализации программы балансовая стоимость всего нашего наукоемкого оборудования составляла около тридцати миллионов рублей, то после завершения первого этапа она вплотную приблизилась к сумме в сто миллионов рублей.

Мы непременно будем сохранять нашу отраслевую принадлежность, проводя при этом диверсификацию транспортных специальностей, востребованных на рынке. Но одно не исключает другого. Сохраняя приоритет за железнодорожным транспортом, можно и нужно искать свои ниши и в других отраслях, чтобы стать региональным транспортным вузом в самом широком смысле этого слова. Названия некоторых вновь открытых специальностей и направлений подготовки студентов говорят сами за себя: логистика, проектирование и эксплуатация автомобилей, высокоскоростной транспорт...

— УрГУПС имеет свой сайт, газету, участвует в издании журнала для пассажиров «Станционный смотритель», выпускает журнал «Транспорт Урала». И вот – новый проект, еще один журнал – «Инновационный транспорт». Чем вызвано его появление?

— «Инновационный транспорт» – совместное детище университета и Российской академии транспорта. Журнал носит научно-публицистический характер, и это значит, что в нем могут публиковаться не только академики РАТ, но и молодые ученые, бизнесмены, работники и руководители транспортной отрасли. Это – отличная ниша для нового издания.

— Наука вуза сегодня – что это? Маленький зеленый росточек? Серьезное древо с новыми побегами? Засыхающий исполин? Какие научные направления развиваются особенно динамично? Насколько они востребованы? Как удастся заинтересовать маститых и молодых ученых, чтобы они работали именно здесь? Удалось ли переломить ситуацию, когда талантливые выпускники бежали на рынок, а не в лабораторию?

— Транспортная наука региона сегодня переживает непростые времена. Фактически прекратила свое существование всем известная ранее система НИОКР железнодорожной отрасли. Что это означает? Наши ученые всегда были нацелены на результат. Их теоретические исследования в большинстве случаев заканчивались воплощением в «железе». Сегодня больше востребованы бумажные труды, мы утопаем в разработке регламентов и написании инструкций. К тому же в поиске возможных заказов гораздо больше приходится ориентироваться на свободный рынок. При этом, к сожалению, далеко не все бизнес-предприятия сегодня способны самостоятельно заказывать научные исследования, они просто еще недостаточно «повзрослели» для этого, не набрались сил. Хотя уже есть примеры, когда наши ученые получают заказы не только от ОАО «РЖД», но и от «Уральских локомотивов» и аналогичных серьезных фирм. Востребованы проектные и инженеринговые работы, услуги по испытаниям



и сертификации. Нельзя сказать, что рынка для НИОКР больше нет, он просто стал менее емким. Другим.

— *Сегодняшний бюджет университета на 45 % обеспечивается за счет федеральных средств. Еще 55 % вы зарабатываете на свободном рынке самостоятельно. Хорошо это или плохо для бюджетного вуза?*

— Если обратиться к зарубежному опыту, мы увидим: вузы там финансируются федеральным бюджетом на 80–90 %, причем большая часть средств выделяется в виде грантов под конкретные научные исследования. По аналогичному пути идут и наши ведущие университеты, успешно и в больших объемах осваивающие бюджетные средства различных отраслевых федеральных программ и грантов. Нам всем надо научиться не только участвовать, но и выигрывать в конкурсах, чтобы привлекать дополнительное финансирование из бюджета. Открывать новые направления, выходить на рынки научных исследований, создавать технопарк, развивать научно-образовательные центры, активно сотрудничать с Российской академией транспорта и с бизнес-структурами – все это первоочередные задачи. Причем нам предстоит не только создавать малые инновационные предприятия. Мы также должны научиться коммерциализировать свои научные разработки, а не просто впустую коллекционировать вороха патентов. Это – не самоцель. Но без данных новаций мы не сумеем в полной мере удовлетворить транспортную отрасль региона в научных исследованиях и инженерных решениях.

— *Что представляет собой сегодня Российская академия транспорта, и насколько престижно или важно для УрГУПС сотрудничество с ней?*

— В октябре 2011 года состоялось отчетно-выборное собрание Уральского отделения Российской

академии транспорта, в результате которого УрО РАТ переведено в Екатеринбург и отныне располагается на базе УрГУПС. Кроме уже обсуждавшегося журнала «Инновационный транспорт», университет создал с РАТ совместное предприятие для внедрения результатов научных исследований академиков, выполнения заданий транспортной отрасли региона. Ученые нашего университета вносят значительный вклад в интеллектуальный потенциал академии. Наша задача – наполнение Уральского отделения РАТ исследованиями, направленными на удовлетворение нужд региона; коммерциализация результатов инновационной деятельности академиков; интеграция научных школ. Главное – максимально развить и использовать потенциал Уральского отделения РАТ для решения задач транспортной отрасли региона.

В настоящее время я активно встречаюсь с учеными и руководителями региональных вузов, где работают академики РАТ. Мы обсуждаем и планируем совместную работу. Одна из задач ближайшего времени – открытие представительств УрО РАТ в тех регионах и городах, на предприятиях которых уже работают наши ученые. При этом мы намерены вовлекать в научные исследования не только самих академиков, но и представителей их научных школ, молодых ученых. Необходима общая интеграция, выстраивание иерархической структуры по направлениям деятельности и отраслям транспорта. Достойным результатом такого планирования может быть присвоение РАТ статуса государственной академии.

— *Мы уже говорили о том, что приемная кампания студентов в УрГУПС нынче прошла успешно. Но ведь это случилось не само собой. Можете рассказать о том, как проходил набор? Что особенно Вас порадовало? Насколько широка «география» сегодняшних первокурсников?*

— Активную приемную кампанию мы проводим уже три года подряд, причем не только в период работы комиссии. Приемная комиссия – это, скорее, уже



финишная прямая. А для успеха на финише слаженный коллектив работает круглый год. Культурно-массовые и спортивные мероприятия в самом вузе и на выезде, постоянно действующая агитбригада из студентов и преподавателей, ставшие регулярными командировки деканов, проректоров, начальников управлений и директоров филиалов во все школы тех регионов, где имеет представительства наш вуз. А еще – многократные и разноплановые дни открытых дверей, организация лагерей, мероприятий малого транспортно-го университета, очная и дистанционная довузовская подготовка с использованием новейших технологий. Все это – наша работа, включая и ту лавину вопросов, что обрушивается на сайт нашего университета. Но мы отвечаем каждому. Главное внимание – абитуриентам и их родителям. Мы стараемся, чтобы те, кто заглянул к нам, уже не ушли из вуза, выбрав специальность по душе в рамках высшего или среднего образования. Я называю все это активной жизненной позицией вуза. Вкупе с нашей отраслевой принадлежностью и гарантией трудоустройства у основного работодателя – ОАО «РЖД» – мы с честью выдержали «демографическое» испытание этого года.

Порадовало, что выпускники школ различных регионов выбирают именно наш вуз. И совершенно очевидно, что поступать к нам ребята приехали именно из тех мест, где мы проводили активную профориентационную работу. Так что среди наших первокурсников есть представители практически всех регионов УрФО, Пермского края и Республики Казахстан. По сравнению с прошлым годом число наших зарубежных студентов только в головном вузе увеличилось ровно вдвое.

Если же говорить об огорчениях, то иногда разочаровывает расхождение результатов ЕГЭ с реальным уровнем знаний абитуриентов.

— Что для Вас как ректора было бы самым желанным подарком к юбилею? Вы уже сочинили свою праздничную речь? О чем будут главные слова в ней?

— Главный подарок университету – это сохранение Федеральной целевой программы. Неплохо было бы также перейти в вопросах финансирования вуза от достигнутого когда-то уровня к фактическим затратам, с учетом реальных цен и зарплат региона. Всего остального мы добьемся сами. «Чтобы дойти до цели, нужно только одно. Идти». Эти слова Оноре де Бальзака актуальны и сегодня.

Что же касается юбилейного доклада... Хорошая импровизация, как правило, всегда подготов-

лена заранее. Публичные выступления требуют продуманности, и порой сама речь занимает у меня гораздо меньше времени, чем подготовка к ней. Но самые-самые главные слова я уже знаю. Они будут о людях, которые работают и учатся в университете. Об их надеждах и планах. О нашем общем деле – Уральском государственном университете путей сообщения.

— Назовите 5 прилагательных, которые, на Ваш взгляд, наиболее емко характеризуют сегодняшний день университета. Итак, УрГУПС – ...?

— Уверенный, надежный, добрый, сильный и красивый!

— С каким настроением, как правило, Вы открываете утром дверь университета? О чем думаете, прежде чем переступить в очередной раз родной порог?

— Мой путь от дома до УрГУПС занимает не более пяти-семи минут. За это время буквально с каждым шагом происходит смена как мыслей, так и ролей – от полностью домашних до сугубо рабочих. От состояния покоя и умиротворенности – к весьма напряженному тону трудового дня. Тут же в голове начинают крутиться вопросы и дела, которые непременно надо продвинуть. Постепенно вся эта мысленная круговерть выстраивается в некую последовательную цепочку необходимых продуманных действий, ранжируется по приоритету. И, конечно, очень приятно по пути на работу встречаться взглядами с коллегами и студентами, приветствовать их, видеть ответную добрую улыбку. Это дает огромный заряд энергии! Так что когда я берусь за ручку университетской двери, у меня уже готов план действий на весь день. Остается только включить компьютер, принять свежую почту и свериться с ежедневником.

Интервью взяла Елена Голованова





**Петр Алексеевич
Козлов**

доктор технических наук, профессор, лауреат государственной премии, академик РАТ, президент научно-производственного холдинга «СТРАТЕГ», Москва



**Олег Викторович
Осокин**

кандидат технических наук, вице-президент научно-производственного холдинга «СТРАТЕГ», Москва



**Николай Андреевич
Тушин**

кандидат технических наук, старший вице-президент научно-производственного холдинга «СТРАТЕГ», Москва

Построение интеллектуальной информационной среды на железнодорожном транспорте

Для создания современных информационных технологий на транспорте нужно не расширять информационную среду, а повысить ее интеллектуальный уровень. Авторами статьи предложены принципы построения автоматизированных аналитических систем, приводятся программно реализованные модели для расчета инфраструктурных проектов, а также для управления потоками и процессами в транспортных системах.

1. Проблема

Информационные технологии на транспорте понимаются зачастую весьма упрощенно: как создание обширных баз данных, где есть информация обо всем. Огромные средства, потраченные в последние десятилетия на создание информационной среды, дают весьма слабую отдачу. По оценке пользователей, железнодорожный транспорт не стал работать лучше. По-видимому, огромные потоки информации мало способствуют совершенствованию технологии. А ведь новые информационные технологии – это более совершенные технологии, опирающиеся на новые возможности информационной среды.

Значит, нет смысла расширять эту среду, нужно поднимать ее интеллектуальный уровень. Нужно создавать и внедрять аналитические и управляющие системы, помогающие оперативным и административным руководителям принимать эффективные решения по управлению многоструйными потоками в динамичных рыночных условиях.

2. Автоматизированные аналитические системы

Автоматизированный анализ представляет собой закономерный этап в развитии информационных технологий. В настоящее время на желез-

нодорожном транспорте создана мощная информационная среда. В нее входят системы сбора данных, сеть их передачи, вычислительная инфраструктура, программные комплексы, базы данных, информационные хранилища и др. ГВЦ может выдать более тысячи видов справок, однако используется 15–20. Ежедневный отчет начальнику дороги представляет собой книгу объемом более 100 страниц. Пользы от такой слабо обработанной информации мало. В современных условиях людям, принимающим решения, необходима интеллектуальная надстройка, которая перерабатывала бы данные из информационных систем и выдавала бы адресный анализ – разный для различных рабочих мест в соответствии с перечнем возможных решений и полномочиями [1].

Автоматизированные аналитические системы должны выяв-

лять «узкие места» инфраструктуры, указывать на «болевые точки» современной технологии, плохую стыковку отдельных операций, причины возникновения межоперационных простоев. В аналитических системах должен проводиться и оперативный анализ эффективности принимаемых управляющих решений (рис. 1).

Анализ в значительной мере предопределяет процесс принятия решений. Он как бы меняет «поле принятия решения». Менеджеры говорят, что хороший анализ – это уже наполовину готовое решение.

Использование автоматизированных аналитических систем на железнодорожном транспорте позволит разгрузить руководящих работников от обработки огромных потоков информации и резко повысить качество принимаемых решений.

3. Автоматизированный расчет инфраструктурных проектов

Рыночная экономика требует развитой транспортной инфраструктуры для построения потоками. Инфраструктурные проекты весьма капиталоемки. Единственный способ системной оценки проекта – имитационная экспертиза.

Имитационная экспертиза – системное исследование с помощью экспериментов на модели, позволяющих получить полную характеристику объекта. Но подробное отображение структуры и управляемой технологии связано с такой трудоемкостью, что моделирование не нашло широкого применения в проектировании. Выход здесь в создании «умных»



Рис. 1. Взаимодействие автоматизированной аналитической системы с информационными системами

подсистем автоматизированного построения моделей, которые значительную часть работы берут на себя (рис. 2).

4. Расчет согласованного подвода грузов

Согласованный подвод составов в морские порты и крупным потребителям – это непростая задача. Пока она решается вручную и решается не очень эффективно. Нужны специальные модели. Лучшим в настоящее время является метод динамического согласования (МДС) [3].

В динамическую транспортную задачу [3] вводятся корректирующие переменные $\omega_i(t)$ в пунктах производства p_i , означающие корректировку ритмов отправления с соответствующими затратами в функционале (рис. 3). То есть при исчерпани адаптивных возможностей транспорта необходимо уменьшить рассогласование ритмов производства и потребления. Метод МДС позволяет рассчитать минимально необходимую корректировку.

5. Управление процессами в узле

В транспортном узле зачастую необходимо управлять процессами по конечным ритмам. Например, нужно обеспечить ритмичную погрузку судна в порту, а груз находится в трех местах: на причале, в составах на станции и в узле на станциях ожидания. Необходимо рассчитать согласованный подвод груза в соответствии с ритмами погрузки (рис. 4). Здесь можно рекомендовать имитационный аналог МДС – И-МДС [4]. Его можно встроить в АСУ узла как оптимизирующий блок, и он будет помогать принимать решения диспетчерам.

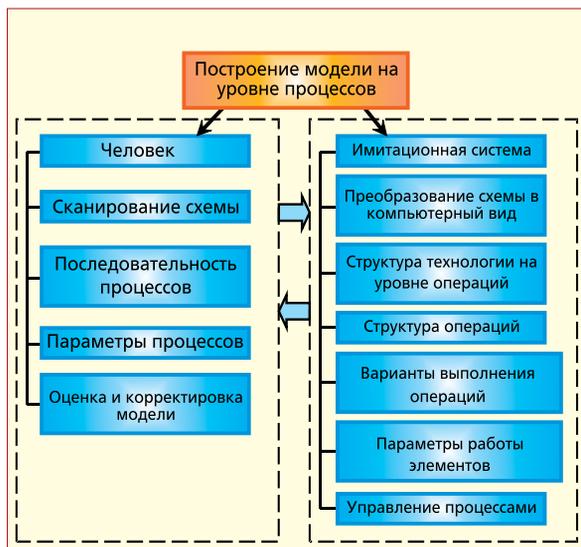


Рис. 2. Построение модели с помощью подсистемы САПР

6. Управление оборотом частных вагонов

Появление многих собственников резко усложнило процесс управления оборотом вагонов. Анализ показывает, что транспортное обслуживание предприятий в современных условиях ухудшилось. Выбрать эффективный режим работы частных вагонов с учетом целого ряда индивидуальных ограничений и требований без специальных моделей нельзя. Здесь предлагается специальная динамическая транспортная задача, адаптированная к этой проблеме [3].

Рассмотрим динамику груза, порожних и груженых вагонов в задаче (рис. 5).

Пусть на i -ю станцию погрузки прибывает поток порожних вагонов $y_{ki}(t)$. На станции существует производство груза $q_i^+(t)$. Процесс погрузки отображается дугой $p_i^+(t)$, при этом время погрузки равно τ_i . На схеме показана динамика груза на складе $u_{ij}(t)$, оставшихся непогруженных порожних $y_{ij}(t)$ и неотправленных груженых вагонов $x_{ij}(t)$. На станции выгрузки показан процесс выгрузки дугой $p_j^-(t - \tau_j)$, где τ_j – время выгрузки, $q_j^-(t)$ – процесс потребления груза, $x_{jj}(t)$ – динамика невыгруженных вагонов, $u_{jj}(t)$ – непотребленного груза, $y_{ij}(t)$ – неотправленных порожних вагонов, а также $y_{ji}(t)$ – поток отправленных груженых вагонов. При построении возможных маршрутов движения вагонов оставляются только те, которые удовлетворяют условию ограничения по времени оборота.

Интеллектуальная информационная среда, включающая не только современные АСУ, которые представляют собой по сути оперативные базы данных со справками, но и глубокий анализ на основе информационного хранилища, а также целый набор

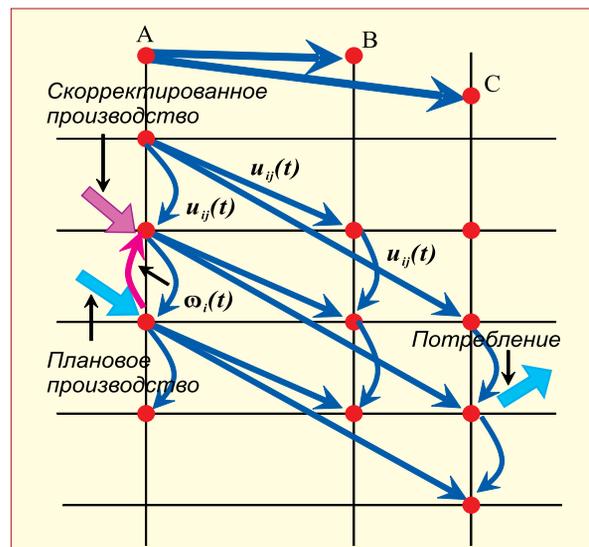


Рис. 3. Схема работы метода динамического согласования

моделей оптимизации для поддержки процесса принятия решений, позволит построить действительно современные информационные технологии.

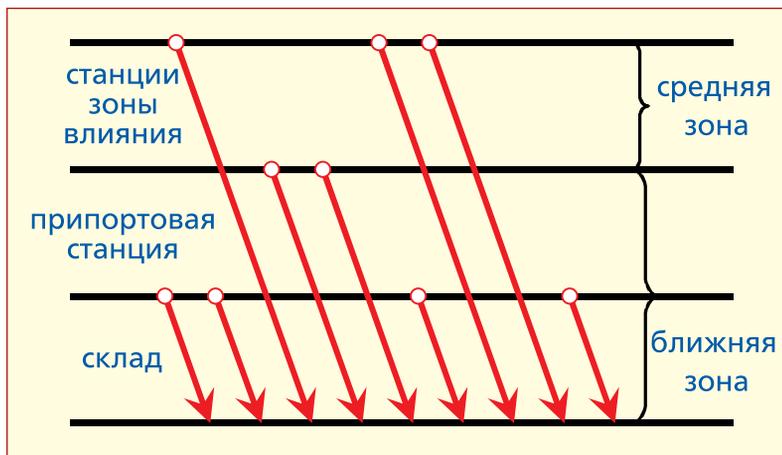


Рис. 4. Организация грузопотока из разных зон при погрузке судна

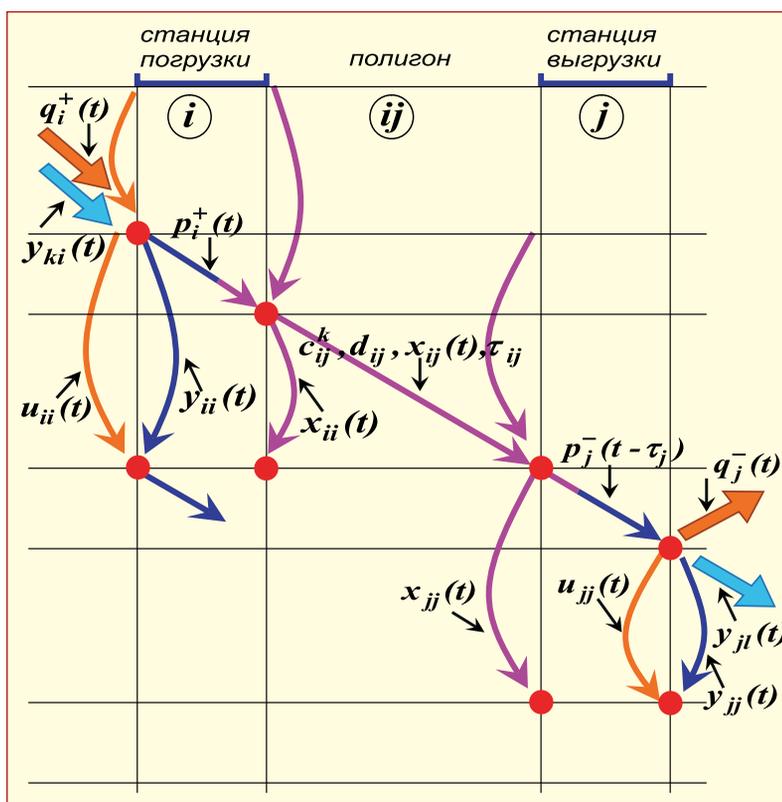


Рис. 5. Схема соединения и разъединения груза и подвижного состава

Список литературы

1. Козлов П. А. Информационные технологии на транспорте. Современный этап // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 10. – С. 38–41.
2. Козлов П. А., Александров А. Э. Автоматизированный программный комплекс расчета, регистрации и отображения работы сортировочной станции // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 9. – С. 65–67.
3. Козлов П. А., Козлова В. П. Расчет параметров проектируемых транспортных узлов // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 7. – С. 36–38.
4. Козлов П. А., Миловидов С. П. Оптимизация структуры транспортных потоков в динамике при приоритете потребителей. – М.: Экономика и математические методы. – 1982. – Т. XVIII, вып. 3. – С. 521–531.



**Д-р
Рольф Эпштайн**

ООО «Сименс», Москва



**Дмитрий
Шароватов**

*кандидат технических наук,
ООО «Сименс», Москва*

Высокоскоростное сообщение в России. Современная ситуация и перспективы

Создание высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ) является уже давно назревшей необходимостью для России – страны больших расстояний. Свои решения в области строительства ВСМ предлагает компания «Сименс», которая более 30 лет успешно работает в сфере высокоскоростного сообщения.

Высокоскоростное движение: определение, история, преимущества

Термин «высокоскоростное движение» не имеет единого определения – скоростные диапазоны складывались исторически и различаются от страны к стране. Применительно к данной статье мы будем ориентироваться на нормы, принятые в Европейском Союзе (ЕС), где под высокоскоростным движением понимается эксплуатация подвижного состава на скоростях ≥ 250 км/ч.

Первый проект высокоскоростного железнодорожного сообщения был реализован в Японии в середине 60-х годов прошлого века, где была построена магистраль «Токайдо» (Токио – Осака) протяженностью 515 км. В то время максимальная скорость движения поезда составляла 210 км/ч (сейчас она достигает 270 км/ч).

Вслед за Японией вопросом развития высокоскоростных магистралей (ВСМ) занялись европейские страны. В 1984 году заработала первая европейская линия TGV (Train à Grande Vitesse), а уже в 1985 году Комиссия по транспорту Европейского Союза приступила к разработке плана высокоскоростного движения на пространстве Западной Европы. Сегодня железными дорогами с эксплуатационной скоростью свыше 250 км/ч в ЕС обладают Германия, Франция, Бельгия, Нидерланды, Италия, Испания и Великобритания (ход Ла-Манш – Лондон).

Кроме Японии и стран ЕС высокоскоростные магистрали эксплуатируются в Китае, Южной Корее, на Тайване, в США, Турции. Строительство таких магистралей планируют Аргентина, Бразилия, Индия, Португалия, Польша и др. Дочерняя компания ОАО «РЖД» – ОАО «Скоростные магистрали» – в настоящее время прорабатывает проекты ВСМ в России. Планируется

построить высокоскоростные ветки Москва – Санкт-Петербург, а также Москва – Казань – Екатеринбург.

В чем причина высокой заинтересованности стран и железнодорожных компаний в развитии сети ВСМ? Ведь затраты на строительство высокоскоростных магистралей крайне высоки (например, 10–20 млн евро/км в Германии, 18 млн евро/км – в США, для России предварительно – 14–22 млн евро/км) и, как любые капиталовложения в инфраструктуру, не окупаются.

Основным стимулом развития ВСМ является тот опосредованный эффект, который эти магистрали оказывают на экономику в целом. Выделим наиболее важные аспекты.

- **Рост конкуренции между основными видами транспорта**

ВСМ на дистанции до ~700 км является более предпочтительным видом транспорта, так как обеспечивает более высокую скорость транспортировки «от двери до двери» по сравнению с самолетом, при меньшей вероятности задержки / опоздания в случае неблагоприятных климатических факторов. Один из ярчайших примеров – эффект от строительства ВСМ в Европе, обладающей высокоразвитым авиатранспортом. На линиях Париж – Брюссель и Мадрид – Севилья после строительства ВСМ доля железнодорожных перевозок увеличилась с 77 до 98 % и с 33 до 84 % соответственно.

- **Стимулирование развития технологии**

ВСМ как в части подвижного состава, так и в части железнодорожной инфраструктуры является авангардом железнодорожных технологий. Развитие ВСМ, прежде всего в сотрудничестве с международными партнерами, способно обеспечить качественный технологический скачок для национальных производителей железнодорожной техники и научных институтов.

- **Снижение количества несчастных случаев на переездах и на путях**

Полноценная инфраструктура для ВСМ предполагает создание выделенных линий, не имеющих пересечений с автомобильными дорогами. Кроме того, данные магистрали исключают возможность выхода на пути людей или животных за счет оградительных сооружений, вывода пути на эстакаду и в туннели.

- **Повышение энергоэффективности**

Необходимо учитывать, что высокоскоростной железнодорожный транспорт обеспечивает низкие затраты энергоресурсов. Так, высокоскоростной поезд «Сапсан», эксплуатирующийся РЖД, потребляет 0,33 л условного топлива на 100 км в расчете на одного пассажира. Это значительно меньше в сравнении

с самолетом (~2,7 л для А320) или автомобилем (средний расход топлива при движении по трассе составляет около 8–10 л на 100 км, то есть 2–2,5 л на человека при условии наличия 3 пассажиров).

- **Мобильность населения, развитие межрегиональной кооперации**

ВСМ существенно повышает мобильность населения, обеспечивает лучшую взаимосвязь регионов, способствуя региональному развитию и межрегиональному взаимодействию. Это особенно актуально для России в силу ее значительных расстояний и ограниченных связей между регионами. Преимущество ВСМ по сравнению с авиатранспортом в аспекте стимулирования регионального и межрегионального развития очевидно: железнодорожная ветка соединяет большое количество населенных пунктов, в то время как самолет соединяет только две точки – вылета и прилета.

- **Положительный экономический эффект инфраструктурных проектов**

Многочисленные примеры из истории экономики доказывают, что инфраструктурные проекты оказывают благоприятный эффект на развитие промышленности и приборостроения за счет создания большого количества рабочих мест, появления прибавочной стоимости в большом количестве отраслей народного хозяйства.

Решения «Сименс» для ВСМ

Компания «Сименс» в течение многих лет активно работает на рынке ВСМ. В 1981 году для нужд Deutsche Bahn (немецкие железные дороги) был создан поезд, получивший название ICE (Inter City Express). Состав имел два локомотива, несколько безмоторных вагонов и развивал эксплуатационную скорость в 250 км/ч. С тех пор компания «Сименс» постоянно совершенствовала свои технологии в области строительства высокоскоростных поездов. В 1991 году вышла модернизированная платформа ICE – ICE 2, где впервые был использован принцип двух самостоятельных единиц.

В 1995 году «Сименс» представила кардинально новое поколение поездов для ВСМ – ICE 3. Данная платформа отличается распределением электрического оборудования по всей протяженности поезда (преимущественно в подпольном пространстве немоторных вагонов), а также большим количеством моторных тележек. Эти решения обеспечивают большее полезное пространство внутри поезда, более эффективное распределение крутящего момента, возможность эксплуатации на путях со значительными подъемами и позволяют достигать эксплуатационных скоростей в 350 км/ч.

На базе ICE 3 были разработаны поезда для национальных ВСМ – Velaro Испания, Velaro Китай, Velaro Россия.

В 2011 году компания «Сименс» разработала новую платформу для высокоскоростных поездов – ICx (рис. 1). Решения, использованные в ней, являются ответом на вызовы рынка пассажирских перевозок, требующего максимальной гибкости платформ подвижного состава, и способны удовлетворить динамично меняющиеся потребности перевозчика и пассажиров. Платформа ICx предлагает широчайшие возможности по формированию состава и организации вагонного пространства в зависимости от пассажиропотока и профилей маршрутов. Она работает в большом диапазоне скоростей, может эксплуатироваться на международных маршрутах, так как отвечает стандартам и техническим требованиям различных стран. ICx отличается самой высокой в мире эффективностью использования полезной площади.

Помимо подвижного состава компания «Сименс» имеет полный спектр решений для ВСМ (рис. 2, 3) в аспекте инфраструктуры:

- **Электрификация:** 2 x 25 кВ 50/60 Гц, автотрансформаторная система (тяговая подстанция, контактная сеть);

- **ЖАТ:** концепция ALS 400, базирующаяся на функциях КЛУБ-У, САУТ, ГЛОНАСС, GSM-R, одометрии и обеспечивающая эффективное и безопасное движение поездов по выделенным ВСМ на скоростях до 400 км/ч.

Решения «Сименс» в области ВСМ успешно используются в Германии, Китае, странах Бенилюкс, Испании, России и т. д.

ВСМ-проекты в России

Остановимся более подробно на поезде Velaro Россия, или «Сапсан», который эксплуатируется ОАО «РЖД». Данный проект – первый опыт организации высокоскоростного сообщения в России. 8 составов курсируют по маршруту Санкт-Петербург – Москва с 17 декабря 2009 года, а с 30 июля 2010 года география направлений была расширена маршрутом на Нижний Новгород. 29 мая 2011 года на скоростном поезде № 163 «Сапсан» сообщением Санкт-Петербург – Москва совершил поездку трехмиллионный пассажир. Средняя населенность поезда составляет 80 %. По заявлениям президента ОАО «РЖД», рентабельность поездов «Сапсан» превышает 30 %, что позволит окупить вложения в данные поезда за 10 лет¹. Это делает поезд «Сапсан» самым коммерчески успешным поездом РЖД.

Эффект от реализации данного проекта не ограничивается фактом появления современного высокоскоростного подвижного состава в России. В рамках работы над проектом было получено 20 патентов, зарегистрировано 4 изобретения, успешно проведена интеграция российских систем (например, КЛУБ-У)

¹ Необходимо учитывать, что при подготовке эксплуатации поезда «Сапсан» инвестиции в инфраструктуру были минимальны.



Рис. 1. Эволюция платформы Velaro от компании «Сименс»

и техники зарубежного производителя. В России впервые была применена современная концепция сервисного обслуживания, обеспечивающая коэффициент технической готовности, равный 0,95. Кроме того, «Сапсан» – первый подвижной состав в России, проданный по принципу контракта жизненного цикла.

Необходимо отметить, что поезд Velaro Россия имеет потенциал использования вне высокоскоростных линий. Проведены расчеты, которые подтверждают возможность эффективного использования поезда на дальних расстояниях, в спальной комплектации, на скоростях до 200–220 км/ч (рис. 4).

Так, существует возможность организации движения поезда «Сапсан» по маршруту Москва – Рязань – Мичуринск – Россошь – Ростов – Краснодар – Адлер. Это позволит, по расчетам «Сименс», сократить время в пути с существующих 25–38 часов (при средней скорости 50–70 км/ч) до 18 часов (95 км/ч) на существующей инфраструктуре или до 14 часов (125 км/ч) при незначительной адаптации инфраструктуры. Для решения этой и подобных задач ICx дает идеальную базу.

Вместе с тем наиболее эффективным способом эксплуатации поезда «Сапсан» остается его эксплуатация на ВСМ. В настоящее время в России нет возможности использовать потенциал данной платформы полностью – участков, на которых поезд мог бы двигаться со скоростью 250–350 км/ч, не существует. Так, большую часть маршрута Москва – Санкт-Петербург поезд преодолевает с максимальной скоростью в 200 км/ч. Только на коротком участке он имеет возможность разогнаться до 250 км/ч. На маршруте Москва – Нижний Новгород максимальная скорость не превышает 160 км/ч.

Оптимальная эксплуатация высокоскоростного состава воз-

можно только на соответствующей инфраструктуре, которая включает в себя:

- выделенный путь;
- отсутствие пересечений с автомобильными дорогами и возможности доступа на путь людей и животных;
- особое строение верхнего и нижнего пути, мостов и путепроводов;
- особые системы тягового электроснабжения;
- специальные системы ЖАТ, обеспечивающие контроль за движением на высоких скоростях, и т. д.

ОАО «Российские железные дороги» понимает насущность создания в России сети ВСМ. Именно потому в преддверии чемпионата мира по футболу 2018 года РЖД и дочерняя компания РЖД – ОАО «Скоростные магистрали» активно разрабатывают проекты ВСМ по нескольким ключевым направлениям: Москва – Санкт-Петербург (скорости до 400 км/ч), Москва – Нижний Новгород – Казань – Самара (≤ 400 км/ч), Казань – Екатеринбург (≤ 400 км/ч). Очевидно, что потенциал этих линий выходит далеко за пределы эффективных перевозок футбольных болельщиков. По расчетам ОАО «Скоростные магистрали», совокупный социально-экономический эффект от проекта ВСМ Москва – Санкт-Петербург (рис. 5) составит 2,3 трлн руб. за счет:



Рис. 2. Решение компании «Сименс» для контактной сети ВСМ

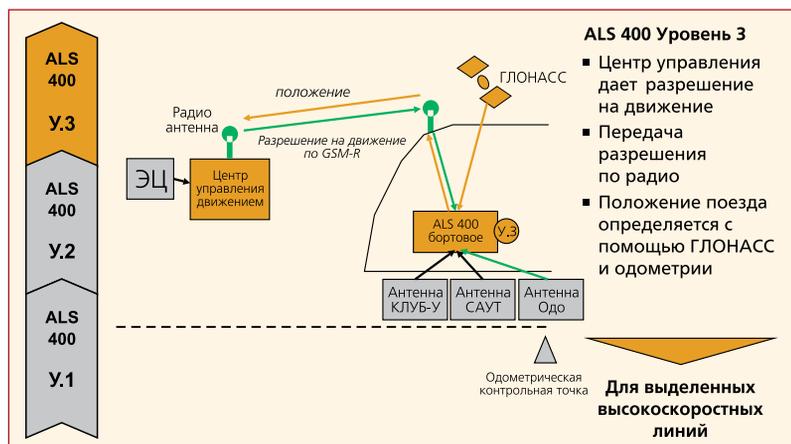


Рис. 3. Решение компании «Сименс» для ЖАТ ВСМ

Железнодорожный транспорт



Рис. 4. Анализ использования платформы Velaro с вагонами в спальном исполнении

- снижения времени в пути до 2,5 часов, что означает повышение мобильности населения (опосредованный эффект) и рост доли железнодорожного транспорта в общем объеме пассажирских перевозок между Москвой и Санкт-Петербургом до 80 % (прогнозное значение);
- повышения безопасности перевозок;
- создания новых рабочих мест.

Основная сложность проекта заключается в его чрезвычайно высокой стоимости (исходя из среднемировой стоимости километра ВСМ, можно прогнозировать общую потребность в инвестициях для ВСМ Москва – Санкт-Петербург в размере ~20 млрд евро) и технологической сложности. Эти аспекты делают необходимым привлечение большого количества международных участников, организацию синдицированного финансирования, а также реализацию проекта путем принципов государственно-частного партнерства / контракта жизненного цикла, схемы, пока еще новой для России. Планируется первый тендер на строительство ВСМ Москва – Санкт-Петербург.

В настоящее время компания «Сименс» ведет активный диалог с ОАО «РЖД» и ОАО «Скоростные магистрали», а также координирует подготовку совместной заявки представителей немецкого бизнеса строительных, инжиниринговых, финансовых и консалтинговых компаний.

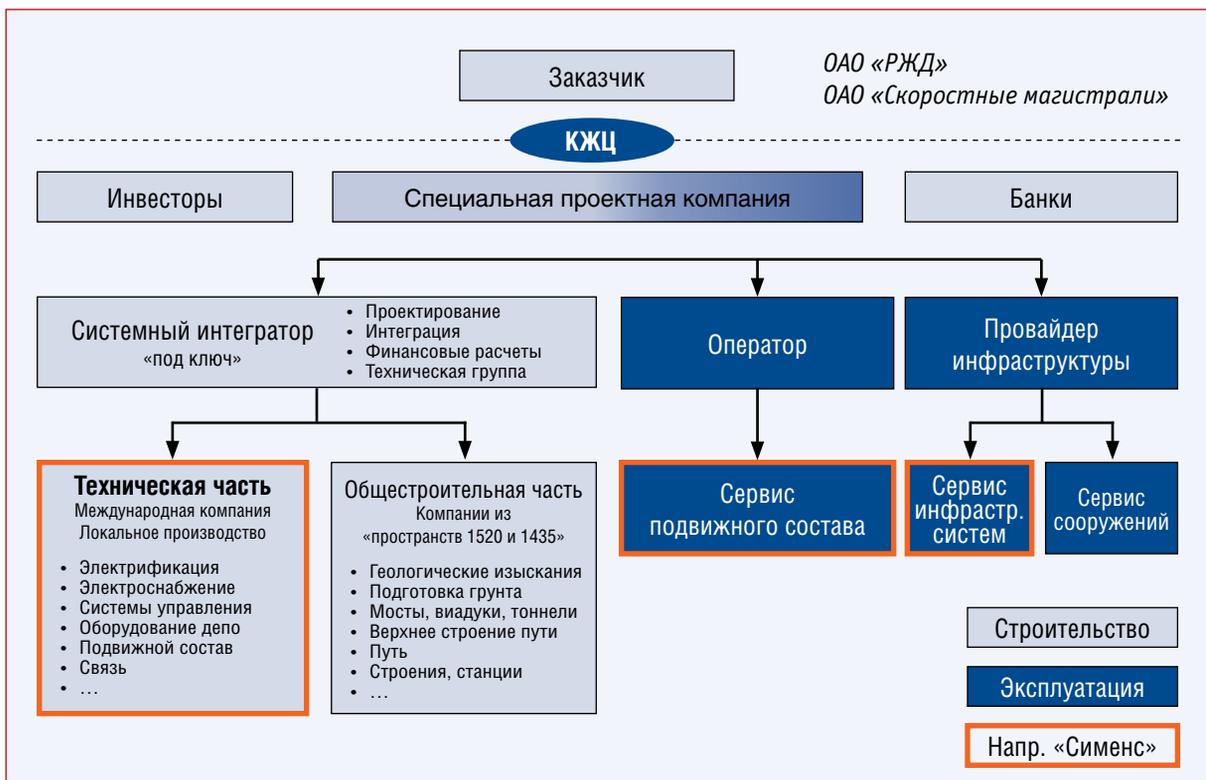


Рис. 5. Возможная схема реализации проекта ВСМ Москва – Санкт-Петербург

Подводя итог, следует отметить, что ВСМ, являясь относительно новым и динамично растущим направлением развития железнодорожного транспорта, активно завоевывает свои позиции в мире, благодаря большому количеству положительных эффектов. К ним можно отнести рост конкуренции между основными видами транспорта, повышение мобильности населения, интенсификацию межрегиональной кооперации и регионального развития, повышение безопасности перевозок и весомый эконо-

мический эффект за счет инвестиций в инфраструктуру, создания новых рабочих мест и прибавочной стоимости на промышленных предприятиях, развития технологий.

На протяжении более 30 лет компания «Сименс» активно работает в сфере высокоскоростного сообщения, выпуская инновационный подвижной состав, предлагая оптимальные решения для тягового электроснабжения и систем железнодорожной автоматизации.

Компания «Сименс» стала пионером отрасли ВСМ в России, совместно с ОАО «РЖД» реализовав на данный момент единственный проект высокоскоростного сообщения (маршрут Москва – Санкт-Петербург) на основе платформы Velaro. Поезд, получивший название «Сапсан», стал самым коммерчески успешным проектом РЖД, обеспечил значимый технологический рывок, послужил катализатором развития современных эффективных маркетинговых инструментов повышения привлекательности железнодорожного транспорта.

Платформа Velaro демонстрирует широкий потенциал использования, включая возможность организации скоростного дальнего сообщения с вагонами в спальном исполнении. Но наибольший эффект от использования поездов данного типа можно получить на полноценных ВСМ (скорость ≥ 250 км/ч), которые в России пока отсутствуют.

Понимая своевременность создания сети ВСМ в России, ОАО «РЖД» совместно с дочерней компанией ОАО «Скоростные магистрали» разрабатывает проект создания ВСМ на маршрутах Москва – Санкт-

Петербург (скорости до 400 км/ч), Москва – Нижний Новгород – Казань – Самара (≤ 400 км/ч), Казань – Екатеринбург (≤ 400 км/ч). Данные проекты подразумевают значительные инвестиции, международное партнерство и использование схемы ГЧП для реализации проекта и последующей эксплуатации ВСМ.

Компания «Сименс» готова поддерживать развитие высокотехнологичного транспорта в России и участвовать в осуществлении этих масштабных проектов.

SIEMENS

«Сименс АГ» (Берлин и Мюнхен) – мировой лидер в области производства электроники и электротехники, осуществляет проекты в промышленности, энергетике и в сфере здравоохранения. ООО «Сименс» является головной компанией «Сименс» в России, Беларуси и Центральной Азии. В настоящее время компания реализует производственные проекты

в Санкт-Петербурге, Перми, Дубне, Верхней Пышме, Воронеже. Локализация производства является одной из основных стратегий «Сименс» на российском рынке.

Работа на российском рынке входит в число приоритетов «Сименс». В частности, обладая большим опытом в разработке и применении энергоэффективных технологий, «Сименс» является партнером России в области модернизации экономики.



**Вячеслав
Александрович
Иванов**

доктор технических наук, академик РАТ, генеральный директор ЗАО «УКС», Санкт-Петербург



**Евгений
Владимирович
Кудряшов**

кандидат технических наук, заместитель генерального директора ЗАО «УКС», Санкт-Петербург



**Александр
Геннадьевич
Галкин**

доктор технических наук, профессор, академик РАТ, ректор УрГУПС, Екатеринбург



**Алексей
Анатольевич
Ковалев**

кандидат технических наук, доцент УрГУПС, Екатеринбург

Разработка контактной сети для ВСМ России

Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, утвержденная Правительством России в 2008 г., предусматривает строительство в нашей стране сети выделенных высокоскоростных магистралей (ВСМ), на которых планируется организация движения со скоростями свыше 300 км/ч. Создание ВСМ обеспечит улучшение транспортных связей, повысит комфортность и безопас-

ность пассажирских перевозок, сократит время в пути и привлечет на железнодорожный транспорт дополнительный пассажиропоток.

Повышение транспортной доступности регионов и рост мобильности населения послужит мощным фактором экономического роста России, а реализация проектов по созданию ВСМ – стимулом для развития высокотехнологичных отраслей промышленности.

В 2011 г. ОАО «РЖД» разработана концепция модернизации существующей железнодорожной инфраструктуры для организации транспортного обслуживания пассажиров на период проведения чемпионата мира по футболу 2018 г. В соответствии с этой концепцией, организация высокоскоростного движения по специализированным магистралям планируется в первую очередь на направлениях Москва – Санкт-Петербург (ВСМ-1) и Москва – Нижний Новгород – Казань – Екатеринбург (ВСМ-2). Максимальная скорость движения поездов на этих магистралях составит 350–400 км/ч.

Реализация проектов предполагается по принципу контракта жизненного цикла (КЖЦ), в соответствии с которым на основе концессионного конкурса будет выбрана специальная проектная компания (СПК), полностью отвечающая за создание ВСМ. СПК будет самостоятельно решать задачи привлечения заемного финансирования, проектирования и строительства, а также организации эксплуатации ВСМ. В конечном итоге СПК должна предоставить государству работающий сервис высокоскоростных перевозок. В качестве СПК может выступать консорциум компаний, обладающих опытом проектирования, строительства и эксплуатации ВСМ, а также опытом привлечения финансирования на принципах КЖЦ.

Требования по наличию опыта создания ВСМ означают, что управляющей компанией консорциума будет зарубежная фирма. При этом для решения отдельных задач проекта и реализации подсистем ВСМ управляющей компании потребуется привлечение целого ряда соисполнителей, в качестве которых могут выступать как зарубежные, так и российские фирмы. Выбор подрядчиков будет осуществляться в условиях жесткой конкуренции. Получение заказов российскими компаниями возможно только при условии соответствия их продукции мировому уровню. Для российских компаний, рассчитывающих на участие в строительстве ВСМ, становится как никогда актуальной задача создания продукции, способной конкурировать наравне с лучшими мировыми аналогами. Повышение конкурентоспособности возможно за счет коопераций ведущих российских производственных предприятий и научных центров.

Компания «Универсал – контактные сети» (УКС) и Уральский государственный университет пу-



Рис. 1. Контактная сеть КС-200-06 разработки УКС на участке Санкт-Петербург – Выборг

тей сообщения (УрГУПС) решили объединить усилия с целью разработки и освоения производства комплекса изделий контактной сети для ВСМ (далее – КС ВСМ).

УКС является разработчиком и производителем изделий контактных сетей КС-160, КС-200 и КС-250 (для скоростей движения 160, 200 и 250 км/ч соответственно), широко применяемых на российских железных дорогах в настоящее время (рис. 1). УКС принимал участие в разработке разделов по контактной сети, нормативов для проектирования, строительства и эксплуатации ВСМ-1 Москва – Санкт-Петербург, а также в разработке обоснований инвестиций в строительство [1].

УрГУПС является ведущим транспортным вузом России и имеет сильнейшую научную школу по теории и методам проектирования контактной сети. С начала 1990-х годов в УрГУПС работает специализированная научно-исследовательская лаборатория «Системы автоматизированного проектирования контактной сети».

Разработка КС ВСМ – сложный наукоемкий проект. При высоких скоростях движения су-

щественно ухудшаются условия динамического взаимодействия токоприемников и контактной подвески. Для обеспечения приемлемого качества токосъема необходима тщательная оптимизация параметров взаимодействующих систем с учетом механических, аэродинамических, электрических и тепловых процессов. Высокая надежность и безотказность работы должны быть обеспечены в широком диапазоне эксплуатационных условий.

Технические решения по контактной сети для ВСМ России нельзя напрямую перенести с зарубежных высокоскоростных линий. Это связано с существенно отличающимися климатическими условиями России, необходимостью сохранить возможность пропуска подвижного состава габарита «Т» с российскими токоприемниками, а также с требованиями по реализации эксплуатационной скорости до 400 км/ч (во всем мире максимальная эксплуатационная скорость на высокоскоростных магистралях составляет 300–350 км/ч).

Разработку КС ВСМ необходимо планировать как комплексный проект, результатами которого

являются не только технические решения по узлам контактной сети, конструкторская и технологическая документация для производства изделий, опытные образцы, но и технологии проектирования контактной сети, технологии выполнения строительно-монтажных работ, а также регламенты по эксплуатации и техническому обслуживанию. Только подобный комплексный подход, охватывающий все стадии жизненного цикла контактной сети, может обеспечить требуемый уровень конкурентоспособности.

УКС и УрГУПС приступили к реализации этого проекта, руководствуясь современными принципами управления жизненным циклом наукоемкой продукции [2]. На основе системы управления инженерными данными класса PDM (product data management) была создана единая информационная среда (ЕИС), в которой накапливается и поддерживается в актуальном состоянии полная информация по проекту, а также реализуются технологии управления проектами, процессами, ресурсами и качеством.

Проект предусматривает следующие основные этапы.

1. Подготовка нормативной базы для разработки

До последнего времени в России не имелось нормативной базы для проектирования элементов инфраструктуры высокоскоростных магистралей. С целью экономии времени и затрат Научно-техническим советом ОАО «РЖД» было принято решение об использовании международных норм и стандартов, в которых отражен опыт создания ВСМ передовыми европейскими странами. Однако европейские нормы требуют гармонизации со специфическими российскими требованиями.

К текущему моменту этап гармонизации нормативной базы для разработки инфраструктуры ВСМ в значительной степени пройден. В рамках предпроектных работ по созданию ВСМ-1 Москва – Санкт-Петербург рабочей группой, возглавляемой ОАО «Скоростные магистрали» и ОАО «Росжелдорпроект», при участии УКС разработаны технические требования (нормативы) и специальные технические условия (СТУ) для проектирования, строительства и эксплуатации ВСМ. Эти базовые документы содержат ссылки на положения международных норм, указания по особенностям их применения для России, а также специальные требования. В разделе по контактной сети предусматривается использование целого спектра европейских норм (EN), норм международного союза железных дорог (UIC) и др.

УКС и УрГУПС сформирована электронная база данных норма-

тивной документации, включающая все необходимые документы. Кроме того, собрана и систематизирована информация по зарубежным аналогам КС ВСМ.

2. Прикладные научно-исследовательские работы (НИР) по определению расчетных параметров узлов КС ВСМ

Как уже было отмечено, определение параметров узлов высокоскоростной контактной сети представляет собой сложную научно-техническую проблему, требующую рассмотрения механических, аэродинамических, электрических и тепловых процессов, связанных с передачей электрической энергии подвижному составу в различных режи-

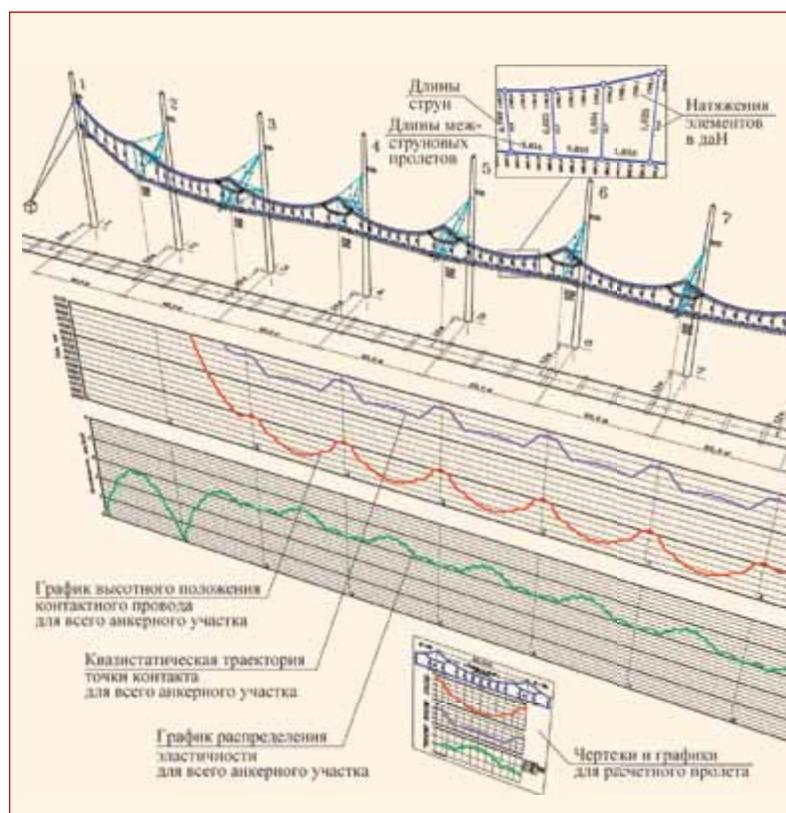


Рис. 2. Пространственная конечноэлементная модель контактной подвески (визуализация результатов)

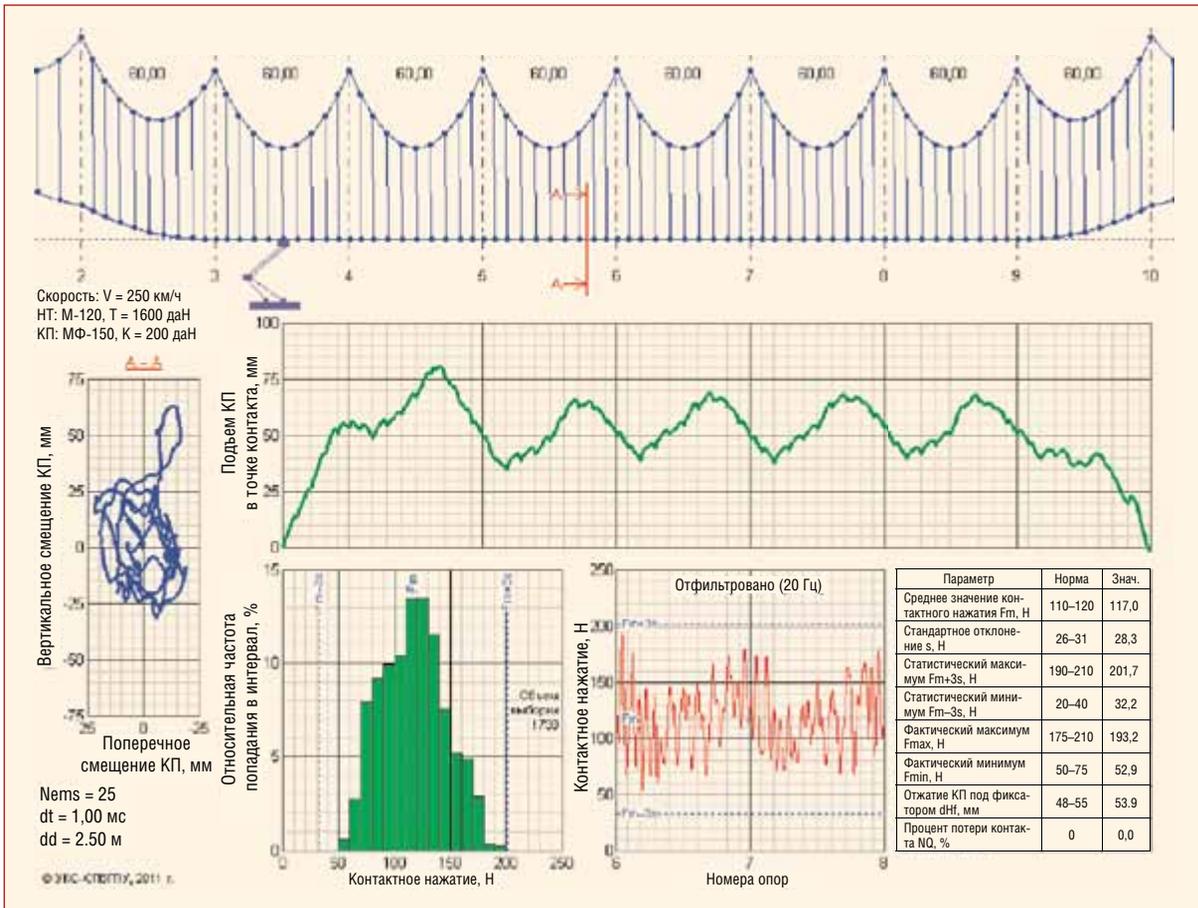


Рис. 3. Модель УКС динамического взаимодействия токоприемника и контактной подвески (пример расчета)

мах эксплуатации при заданных скоростях движения. Некоторые узлы КС ВСМ невозможно реализовать по традиционным схемам, принятым в России (например, воздушные стрелки). Для выбора оптимальных вариантов этих узлов требуются дополнительные исследования.

В соответствии с мировым опытом наиболее эффективным инструментом для выбора параметров узлов контактной сети является комплексное математическое моделирование с применением высокопроизводительных вычислительных средств.

Выбор сечений проводов контактной подвески и местоположения электрических соединителей осуществляется на основе моделирования токораспределения и нагрева элементов контактной сети при прохождении пакета

высокоскоростных поездов. Статистические конечноэлементные модели контактной подвески (рис. 2) позволяют оптимизировать параметры узлов по критерию выравнивания эластичности. Для подтверждения надежности работы контактной сети в любых условиях эксплуатации необходимо моделирование поведения контактной подвески при изменении внешних воздействий. Моделирование динамики контактной подвески как отдельной системы выполняется с целью определения спектра собственных частот и резонансных скоростей движения. Имитационное моделирование динамического взаимодействия токоприемников и контактной подвески позволяет изучать влияние параметров этих систем на качество токосъема, которое оценивается на основе анали-

за изменения контактного нажатия и траектории точек контакта (рис. 3, 4).

К настоящему времени УрГУПС и УКС разработано большинство математических моделей, требуемых для выполнения НИР [3, 4, 5, 6]. Механические модели контактной подвески и модели взаимодействия с токоприемниками построены в двух вариантах (УКС и УрГУПС) на основе различных математических подходов. Таким образом, имеется возможность независимой проверки результатов НИР различными методами.

Для уточнения моделей токоприемников УКС и УрГУПС сотрудничают с Омским государственным университетом путей сообщения (ОмГУПС), имеющим обширный опыт в области разработки токоприемников.

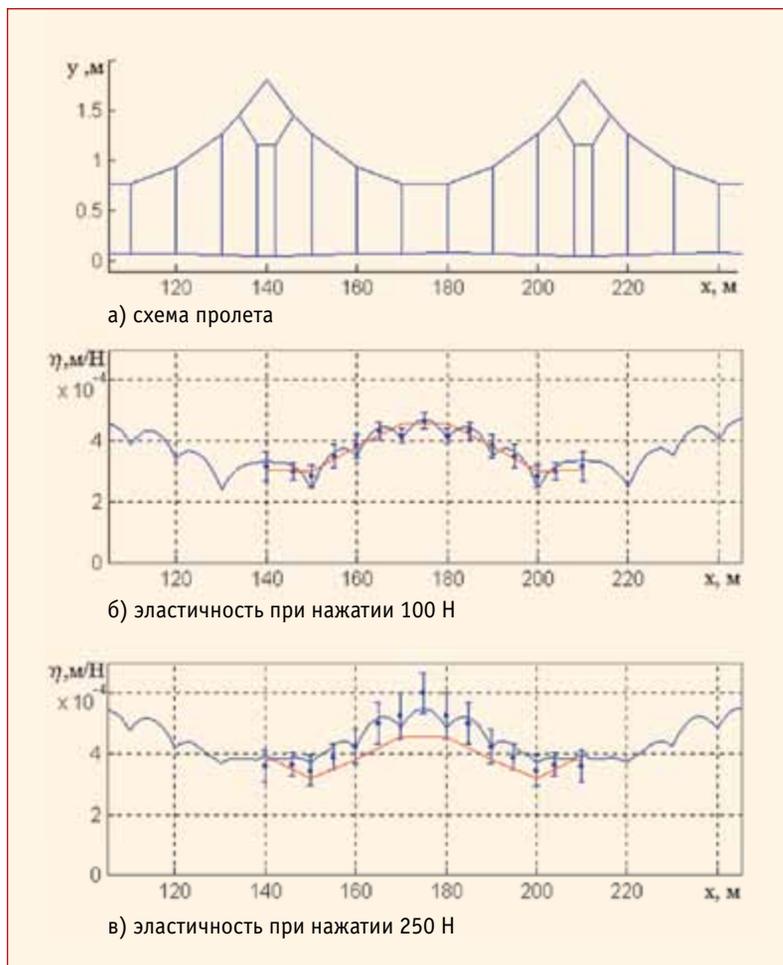


Рис. 4. Сравнение натуральных измерений с результатами расчета с помощью гибридной модели

3. Опытно-конструкторские работы (ОКР) по разработке комплекса изделий КС ВСМ

К изделиям (компонентам) КС ВСМ предъявляются жесткие требования по массогабаритным, механическим, электрическим, стоимостным и другим показателям. Для удовлетворения этих требований необходимо проведение опытно-конструкторских работ, включающих конечноэлементное моделирование изделий, изготовление и испытания макетов и опытных образцов, выпуск рабочей документации. УКС и УрГУПС имеют все необходимые условия и ресурсы

для выполнения таких ОКР, включая программные средства автоматизированного проектирования и инженерного анализа, лабораторное оборудование. Проведение ОКР планируется с учетом накопленного отечественного и зарубежного опыта эксплуатации изделий контактной сети, а также возможностей применения новых конструкционных материалов и современных технологий производства, ставших доступными благодаря развитию российской промышленности в последние годы.

Результатами ОКР являются конструкторская документация и опытные образцы изделий контактной сети, а также технологическая документация для их серийного производства.

4. Разработка технологий проектирования контактной сети

На данном этапе необходимо разработать ряд так называемых типовых материалов для проектирования (ТМП) КС ВСМ, включающих схемы типовых узлов контактной сети, таблицы применения, указания и рекомендации по проектированию.

В последние годы УрГУПС активно совершенствует разработанную ранее систему автоматизированного проектирования контактной сети (САПР КС) [8]. В рамках проекта планируется адаптация САПР КС для применения при проектировании КС ВСМ на конкретных перегонах и станциях.

5. Разработка технологии выполнения строительного-монтажных работ

Реализация высоких скоростей движения накладывает жесткие требования к качеству монтажа и точности регулировки контактной подвески. Выполнение этих требований возможно только при строгом соблюдении специализированной технологии строительного-монтажных работ [9]. В соответствии с мировым опытом, современная технология подразумевает применение монтажных комплексов с раскаткой проводов под заданным натяжением, использование специальных монтажных приспособлений и измерительных средств, а также информационное сопровождение процесса монтажа контактной сети.

УКС имеет значительные наработки в области информационной поддержки монтажа контактной сети, включая программные средства для расчета параметров консолей и фиксаторов, длин мерных струн, выпуска монтажных чертежей армировок опор и параметров продольной подвески. Разработана

ны математические модели, описывающие влияние точности установки монтажных параметров на качество регулировки контактной подвески. В рамках проекта планируется создание экспертной системы информационного сопровождения монтажа и регулировки КС ВСМ на основе измерений геометрических параметров.

6. Разработка эксплуатационной документации

На данном этапе планируется разработка специальных требова-

ний и регламентов по обслуживанию КС ВСМ с учетом внедрения автоматизированных средств комплексной диагностики узлов с контролем предотказного состояния.

7. Испытания

В соответствии с мировым опытом, перед серийной реализацией технических решений должны быть проведены комплексные натурные испытания контактной сети и других подсистем ВСМ на экспериментальном участке. По результатам испытаний могут быть уточнены некоторые технические решения.

Заключение

УКС и УрГУПС объединили усилия с целью реализации проекта по разработке контактной сети для скоростей движения до 400 км/ч. На основе проведения комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с учетом уже имеющегося опыта и научно-технического потенциала планируется создать конкурентоспособный продукт, который будет востребован при реализации сети высокоскоростных магистралей России.

Список литературы

1. Журкин В. В., Кудряшов Е. В., Мунькин В. В. Контактная сеть высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург: технические требования и основные технические решения // Материалы пятого международного симпозиума «Элтранс-2009»: Электрификация, инновационные технологии, скоростное и высокоскоростное движение на железнодорожном транспорте. – СПб. : ПГУПС, 2010. – С. 99–103.
2. Иванов В. А., Кудряшов Е. В., Ковалев А. Н. Создание контактной сети для высокоскоростного движения на базе современных принципов управления жизненным циклом наукоемкой продукции // Материалы пятого международного симпозиума «Элтранс-2009»: Электрификация, инновационные технологии, скоростное и высокоскоростное движение на железнодорожном транспорте. – СПб. : ПГУПС, 2010. – С. 73–82.
3. Кудряшов Е. В. Проектирование контактных подвесок на основе статических конечноразмерных моделей // Актуальные проблемы проектирования и эксплуатации контактных подвесок и токоприемников электрического транспорта : сб. науч. статей с международным участием. – Омск : ОмГУПС, 2011. – С. 196–206.
4. Галкин А. Г. Разработка моделей ветровых нагрузок на контактную сеть ; Уральский государственный университет путей сообщения. – Екатеринбург, 2002. – 10 с. – Деп. в ВИНТИ 07.06.02, № 1042-В2002.
5. Галкин А. Г. Разработка модели износа фиксаторов ; Уральский государственный университет путей сообщения. – Екатеринбург, 2002. – 12 с. – Деп. в ВИНТИ 07.06.02, № 1048-В2002.
6. Галкин А. Г. Разработка модели износа зажимов контактной сети ; Уральский государственный университет путей сообщения. – Екатеринбург, 2002. – 16 с. – Деп. во ВНИИАС МПС (ЦНИИТЭИ) 20.05.02, № 6386-жд02.
7. Галкин А. Г. Разработка моделей регулирования зигзагов и уклонов контактных проводов ; Уральский государственный университет путей сообщения. – Екатеринбург, 2002. – 22 с. – Деп. во ВНИИАС МПС (ЦНИИТЭИ) 20.05.02, № 6382-жд02.
8. Пат. 2172978 РФ, МПК6 G 06 F 17/50, В 60 М 1/28. Способ автоматизированного проектирования контактной сети / А. В. Ефимов, А. Г. Галкин и др. – № 99121914 ; заявл. 18.10.99; опубл. 27.08.01, Бюл. № 24.
9. Кудряшов Е. В. Требования к регулированию контактной подвески для скоростей движения 200–250 км/ч // Материалы пятого международного симпозиума «Элтранс-2009»: Электрификация, инновационные технологии, скоростное и высокоскоростное движение на железнодорожном транспорте. – СПб. : ПГУПС, 2010. – С. 290–299.

ИНТЕРВЬЮ



Наш сегодняшний собеседник

**Антон Владимирович
Зубихин**

*генеральный директор компании
«Центр инновационного развития
«Синара – Транспортные машины»*

Инновации в области тепловозостроения: вектор развития компании «Центр инновационного развития «Синара – Транспортные машины»

— Антон Владимирович, прежде всего хотелось бы услышать несколько слов о вашей компании.

— ООО «Центр инновационного развития СТМ» (ЦИР СТМ) – это российская инжиниринговая компания, работающая в сфере транспортного машиностроения. Нашим учредителем является холдинговая компания ОАО «Синара – Транспортные машины», входящая в финансово-промышленную Группу Синара. Основная задача центра – реализация передовых, в том числе прорывных, инновационных технологий в области транспортного машиностроения по разработке новых моделей энергоэффективных локомотивов и силовых установок.

Для обеспечения высокого качества разработок и реализации инновационных технологий центр активно сотрудничает с профильными научно-исследовательскими институтами, а также с ведущими российскими и мировыми учеными, которых мы привлекаем для совместной работы в качестве научных консультантов. Сейчас нас консультируют не только ведущие представители отечественной отраслевой науки, мы устанавливаем контакты с мировыми учеными в области асинхронных приводов и накопителей энергии из США (Massachusetts Institute of Technology), Поль-

ши (Cracow University of Technology), Германии (Ruhr-University Bochum) и других стран.

Большая часть наших разработчиков и конструкторов занимаются реализацией проектов по созданию локомотивов, другие специалисты – вопросы разработок двигателей внутреннего сгорания, статических преобразователей, электрических схем и электрической аппаратуры, микропроцессорных систем управления и программного обеспечения, систем безопасности.

Кроме того, особое внимание в центре уделяется вопросам участия в национальной и межгосударственной стандартизации по профилю реализации разработок в рамках технических комитетов по стандартизации ТК 45 «Железнодорожный транспорт» и аналогичного межгосударственного технического комитета.

— Кто является основными заказчиками центра, и какие задачи они ставят перед вами инженерами?

— Основным заказчиком центра выступает материнская компания «Синара – Транспортные машины», а также производственные предприятия, входящие в структуру холдинга. ОАО «СТМ» в свою очередь

работает с крупнейшими операторами железнодорожных перевозок пространства «1520» – ОАО «Российские железные дороги», Белорусской железной дорогой, Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины и другими железнодорожными администрациями. Также ключевыми заказчиками холдинга СТМ являются ведущие предприятия нефтегазового и химического комплекса, горно-металлургической промышленности и других отраслей экономики. Наш центр занимается реализацией разработок для столь требовательных заказчиков.

Одной из основных задач, которые ставятся заказчиками перед центром, является снижение стоимости жизненного цикла новой техники. Как известно, новые локомотивы и сложные технические системы железнодорожного транспорта, хотя и могут на протяжении срока службы иметь более высокую

первоначальную стоимость, должны обеспечивать значительно сниженные эксплуатационные расходы по сравнению с существующей техникой. Решение этой задачи осуществляется центром по нескольким направлениям, главным из которых является повышение энергоэффективности и энергосбережения новой продукции. В декабре 2010 г. Центр инновационного развития СТМ получил свидетельство участника проекта кластера «Энергоэффективность и энергосбережение» Инновационного центра «Сколково».

— Антон Владимирович, хотел бы задать вопрос относительно центра «Сколково». Скажите, Вы как его участник что-то приобрели для себя?

— Нельзя не отметить те преференции, которые предоставляет фонд «Сколково» для своих проектов. Это и налоговые льготы,

и финансовая поддержка проектов на начальных стадиях разработки, и содействие в процессе вывода на рынок инновационной продукции, популяризация наших разработок в России и за рубежом. Благодаря фонду нам удается эффективно реализовывать в 2011 году инвестиционную программу по приобретению самых совершенных систем автоматизированного проектирования сложных технических систем, а также по созданию единой PDM-системы. Это крайне важно, поскольку наш центр территориально расположен в трех городах России: Москве, Екатеринбурге и Людиново.

Помимо этого, одно из достоинств проекта «Сколково» – возможность ежедневно общаться с командой лучших в стране инновационных менеджеров. Мы работаем в постоянном контакте с руководителями различных кластеров фонда «Сколково» и прежде всего с менеджерами

СТМ — комплексные решения для потребителя



кластера «Энергоэффективность и энергосбережение». С их помощью мы получаем оперативный доступ к инновационным технологиям в смежных для наших проектов областях. Если раньше нам приходилось тратить уйму времени и сил на самостоятельные поиски необходимых технологий, искать выходы на ученых, чья помощь необходима для реализации проекта, то сегодня, благодаря той работе, которую проделывает команда менеджеров «Сколково», мы можем непосредственно сконцентрироваться на научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах.

— Какие базовые платформы локомотивов вы используете при конструировании локомотивов следующего поколения?

На базе этих двух платформ центр разрабатывает тепловозы нового поколения, целевые показатели которых обеспечивают выполнение требований «Стратегии развития транспортного машиностроения РФ до 2015 года» и предполагают снижение среднего расхода топлива на 20 %, снижение стоимости жизненного цикла до 25 %, снижение выбросов в окру-

жающую среду от эмиссии отработавших газов до 30 %.

Примером такого тепловоза является совместная разработка нашего центра и Людиновского тепловозостроительного завода – двухдизельный маневровый локомотив ТЭМ14. Этот проект был реализован при финансовой поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. Новый тепловоз представляет собой восьмиосный локомотив с двумя дизельными установками суммарной мощностью 2400 л. с., который способен разогнаться до 100 км в час. Каждая силовая установка выполнена завершенным блоком, то есть имеет собственную независимую систему охлаждения теплоносителей дизеля, независимую систему охлаждения ТЭД и ВУ, вырабатывает все необходимые для работы тепловоза напряжения. Тепловоз может работать либо от любой одной силовой установки, либо сразу от двух.

Особое внимание занимает вновь осваиваемое СТМ перспективное направление – разработка магистральных восьмиосных односекционных локомотивов. Центру инновационного развития уже поступил заказ на разработку тепловоза ТЭ8 для одной из очень

известных в России промышленных компаний.

Мы надеемся, что тепловоз ТЭ8 в дальнейшем будет востребован коммерческим рынком: горнодобывающей, нефтегазовой, химической отраслями, заинтересованными в мощной вывозной технике для освоения крупных месторождений. Один тепловоз ТЭ8 с асинхронными тяговыми электродвигателями способен заменить двухсекционный 12-осный тепловоз с коллекторными тяговыми электродвигателями.

Благодаря этому возможно сокращение парка магистральных тепловозов до обоснованного минимума при сохранении заданных объемов грузовых перевозок и, как следствие, существенное снижение эксплуатационных расходов. В конструкцию этих локомотивов закладываются перспективные технические решения и целевые параметры, обеспечивающие:

- сокращение удельного расхода топлива на тягу поездов на 15 %;
- повышение тяговых свойств на 12 %;
- возможность применения на локомотиве нескольких источников энергии.

В настоящее время центром разрабатывается третья базовая платформа четырехосного маневрово-вывозного локомотива с гибридной силовой установкой, имеющего повышенную эксплуатационную энергоэффективность.

— Не могли бы Вы подробнее рассказать об этом проекте?

— Как Вы знаете, гибридная является одним из самых актуальных трендов в машиностроении за последние годы. Крупнейшие мировые производители автомобильной техники в той или иной степени занимаются разработкой гибридов. Мы решили впервые в нашей стране адаптировать технологии гибридна-



Двухсекционный тепловоз ТЭМ14



Тепловоз ТЭМ9Н «SinaraHybrid»

ции для нужд железнодорожного транспорта.

Основным недостатком традиционных маневровых локомотивов является неоправданно высокий расход топлива за счет неэффективной работы дизеля, сопровождающейся выбросом продуктов горения в окружающую среду. Маневровый тепловоз с интеллектуальным гибридным асинхронным приводом ТЭМ9Н «SinaraHybrid» призван решить эту проблему.

Мы посчитали, что самым экономически и экологически эффективным вариантом усовершенствования маневровых локомотивов является их перевод на гибридную силовую установку, совмещающую в себе мощный комбинированный накопитель энергии и дизель-генераторную установку при индивидуальном асинхронном приводе колесных пар.

Такое конструктивное решение позволяет достичь экономии энергоресурсов до 40 %, сократить выброс вредных продуктов горения в атмосферу более чем на 50 %, а также существенно уменьшить затраты на сервисное обслуживание локомотива.

На сегодняшний день на производственной площадке Людиновского тепловозостроительного завода начата сборка первого опытного образца гибридного ло-

комотива, разрабатываемого нашим центром. Презентация первого российского гибридного локомотива, по нашим оценкам, состоится в конце этого – начале следующего года.

Разработка гибридного локомотива является приоритетной для центра СТМ, так как благодаря этому наша компания стала участником проекта «Сколково». Кроме того, 24 апреля текущего года разработка была представлена Президенту России Дмитрию Медведеву. С уверенностью могу сказать, что все взятые на нас

обязательства мы выполним и реализуем задуманное.

Хочу отметить, что в работе над созданием гибридного локомотива мы активно сотрудничаем с командой разработчиков российского гибридного автомобиля «Ё-мобиль». Координация со столь высококвалифицированными учеными позволяет избегать ошибок. Также необходимо подчеркнуть, что ОАО «РЖД» очень заинтересованно участвует в разработке как перспективный заказчик гибридного локомотива. На данный момент на финальной стадии находится процедура согласования технического задания.

Также отмечу, что по результатам многочисленных научно-технических совещаний экспертами ОАО «РЖД» признана инновационность самой концепции локомотива, его принципиальной электрической схемы.

В настоящее время мы ведем работу по защите интеллектуальной собственности и получению патентов в России и за рубежом.

— Не могли бы Вы рассказать о других проектах центра СТМ?



Презентация проекта гибридного локомотива в рамках совместного заседания Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики РФ и Попечительного совета фонда «Сколково»

— Помимо базовых платформ, сегодня центр ведет разработки магистральных и маневровых локомотивов с гидравлической передачей мощности. В качестве примера отмечу новый проект для Сахалинской железной дороги – магистральный тепловоз ТГ16М. Тепловоз оборудован современной гидропередачей с микропроцессорной системой управления и диагностики, обеспечивает высокие тяговые свойства за счет эффективной противобоксовочной и противоюзной систем. В конструкции тепловоза установлены унифицированные рамы тележки, что делает возможным эксплуатацию тепловоза на двух разных типах железных дорог, шириной колеи 1067 мм и 1520 мм. Необходимо отметить, что это будет принципиально другой магистральный тепловоз, нежели используемый сейчас. Локомотив будет иметь повышенные показатели по энергоэффективности и ресурсосбережению за счет применяемых систем управления, новой системы ремонта и сервисного обслуживания.

Хотел бы обратить Ваше внимание на проект создания прицепной энергетической установки переменного тока ЭУ-500. С внедрением этой установки в производство мы надеемся решить существующую проблему питания электровозов на неэлектрифицированных участках железнодорожных путей. С радостью могу отметить, что данную разработку мы закончили и на сегодняшний момент ведем конструкторско-технологическое сопровождение продукции. Это часть нашей стратегии: мы не бросаем наши разработки, а сопровождаем их в течение всего жизненного цикла, это некая форма сервисного обслуживания разработок.

На данный момент в разработке центра находятся одновременно более восьми тем НИОКР.



Магистральный тепловоз ТГ16М

Среди них – проектирование микропроцессорных систем управления и диагностики (МПСУиД) для тепловозов, разработка преобразователя собственных нужд (ПСН) для грузовых электровозов постоянного тока и другие проекты.

Несмотря на сравнительно молодой возраст Центра инновационного развития «Синара – Транспортные машины», уже можно говорить

о первых положительных результатах его эффективной деятельности – новых энергоэффективных разработках в области железнодорожного транспорта. Мы уверены, что наши исследования внесут свою лепту в работу по повышению энергоэффективности железнодорожного транспорта России и экономики страны в целом.



Прицепная энергетическая установка переменного тока ЭУ-500



**Валерий
Евгеньевич
Митрохин**

*доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Системы передачи информации» Омского государственного
университета путей
сообщения (ОмГУПС), Омск*



**Артем
Владимирович
Ряполов**

*инженер кафедры «Системы
передачи информации»
Омского государственного
университета путей
сообщения (ОмГУПС), Омск*

Моделирование помех в шинах питания КМОП-устройств

Цель данной работы – поиск возможности оценить корректность работы КМОП-устройств в условиях нестабильности питающего напряжения. Шинами питания обычной КМОП-микросхемы являются линии Vdd и Vss. В нормальном режиме работы потенциал Vdd находится на стабильном уровне +1,2 – +5 В, а потенциал линии Vss поддерживается 0 В. Вследствие внешних импульсных электромагнитных полей появляются наведенные напряжения, которые могут кратковременно изменить потенциал на линиях питания. И если кратковременное повышение напряжения Vdd не создаст угрозы информационного сбоя, то возросший потенциал на линии Vss вследствие положительной помехи и понижение напряжения в шине Vdd вследствие отрицательной помехи могут привести к ложным срабатываниям и к сбою функционирования.

Методика проведения моделирования осуществлялась с использованием языка описания аппаратуры VHDL, являющегося промышленным стандартом для проектиро-

вания и моделирования цифровых устройств, и программного обеспечения ModelSim компании Mentor Graphics Corp. Цель работы состояла в том, чтобы создать модели основных КМОП-вентилей и логических устройств, которые можно было бы применять в более крупных моделях.

Прежде всего, за основу были взяты логические модели р- и n-канальных полевых транзисторов в ключевом режиме, применяемых в производстве элементарных устройств. Напряжение на затворе может открыть канал в том случае, если напряжение между истоком и стоком больше порогового значения. В составленной логической модели n-канальный транзистор переходит в проводящее состояние при высоком уровне (лог. 1) на затворе и низком уровне на истоке (лог. 0). Таким образом, потенциал истока оказывается на стоке. В случае, когда на затворе оказывается низкий уровень, транзистор находится в непроводящем состоянии и на стоке нет потенциала, то есть высокоимпедансное состояние (Z).

Развитие технологического процесса производства кремниевых кристаллов электронных устройств неизбежно ведет к снижению напряжения питания и тем самым уменьшает помехозащищенность цифровых систем. Электронные компоненты становятся все более чувствительны к сбоям вследствие наведенных напряжений и помех в цепях питания. Риск материального ущерба или угрозы жизни людей заставляет разработчиков постоянно искать способы повышения помехоустойчивости.

Фрагменты VHDL-описаний моделей полевых транзисторов

n-канальный транзистор	p-канальный транзистор
<pre> LIBRARY IEEE; USE IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL; ENTITY nFET IS PORT (gate: IN STD_LOGIC; source, drain: INOUT STD_LOGIC); END nFET; ARCHITECTURE nFET OF nFET IS BEGIN PROCESS (gate,source) BEGIN IF (gate='1' AND source='0') THEN drain<=source; ELSE drain<='Z'; END IF; END PROCESS; END nFET; </pre>	<pre> LIBRARY IEEE; USE IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL; ENTITY pFET IS PORT (gate: IN STD_LOGIC; source, drain: INOUT STD_LOGIC); END pFET; ARCHITECTURE pFET OF pFET IS BEGIN PROCESS (gate,source) BEGIN IF (gate='0' AND source='1') THEN drain<=source; ELSE drain<='Z'; END IF; END PROCESS; END pFET; </pre>

Для p-канального транзистора проводящее состояние наступает при низком логическом уровне на затворе и высоком на истоке. В табл. 1 представлены фрагменты VHDL-описаний логических моделей полевых транзисторов.

Для построения моделей использовалась библиотека IEEE.std_logic_1164, отражающая прохождение сигналов в реальных схемах. Библиотека содержит разрешающие функции – функции определения значения сигнала по его значениям из различных источников. В std_logic содержится девять значений сигналов, но на практике достаточно использования шести значений {U, X, 0, 1, Z, -}, где U – неинициализированное состояние, X – неизвестное значение сигнала,

Z – высокий импеданс, «-» – безразличное значение.

Модели устройств строились таким образом, что помимо информационных входов оценивались логические уровни на выводах питания, которые подключаются к соответствующим истокам p- и n-канальных транзисторов. Из трех возможных способов составления моделей – поведенческого, на основе потока данных и структурного – применялся последний, когда более сложные устройства составляются из моделей уровнем ниже, а те в свою очередь из VHDL-описаний транзисторов.

Адекватность моделей КМОП-устройств проверялась в нормальном режиме работы на всех возможных комбинациях входных сиг-

налов, таким образом подтверждая правильность составленных алгоритмических описаний полевых транзисторов.

Источником появления ошибок были ситуации, когда на линии Vss появлялся положительный потенциал (логический переход 0→1), а на линии Vdd происходило проседание напряжения (логический переход 1→0).

Имитация наведенных импульсных помех проводилась согласно рис. 1. Возрастание потенциала на линии Vss заменялось кратковременным появлением логической единицы, а снижение значения напряжения Vdd принималось как кратковременное появление логического нуля.

Пример моделирования КМОП-элемента, составленного из описа-

В. Е. Митрохин, А. В. Ряполов | Моделирование помех в шинах питания КМОП-устройств

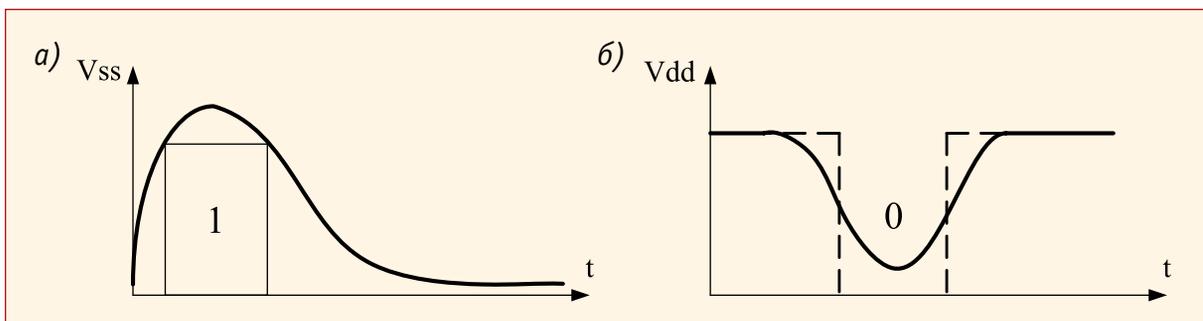


Рис. 1. Имитация помех в шинах питания

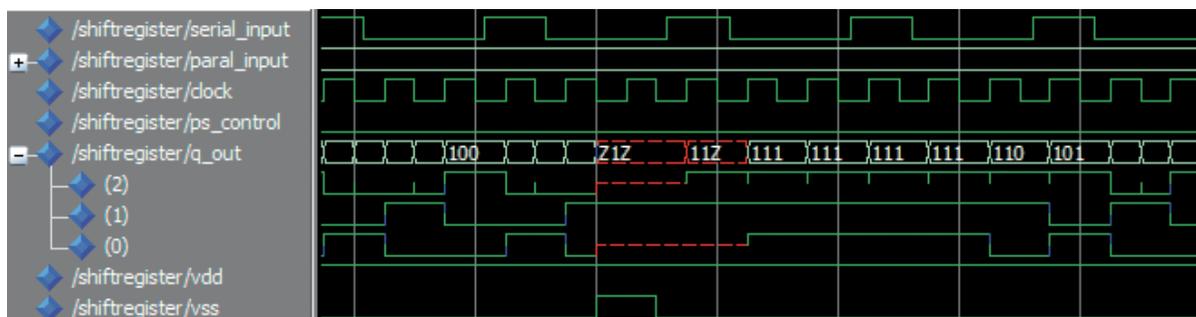


Рис. 2. Wave-диаграмма: импульс в шине Vss сдвигового регистра

ний инверторов и триггеров, представлен на рис. 2. В данном случае у 8-разрядного статического регистра сдвига на каждом периоде тактового сигнала логическая единица присутствует только на одном из трех выходов. Короткий импульс (помеха) на линии Vss приводит к сбою устройства и формированию неверных выходных сигналов.

Сначала выходы регистра переходят в высокоимпедансное состояние, затем на них устанавливается высокий уровень. Правильный режим работы наступает лишь через семь периодов тактового сигнала. Как можно предположить, в реальности такая ситуация способна привести к распространению ошибок по всей системе.

Чем больше разрядность моделируемого устройства, тем сложнее оценивать воздействие помехи при каждом наборе входных данных. Чтобы упростить процесс моделирования, использовалась тестовая среда (test bench), изображенная на рис. 3. Входные сигналы подаются на две одинаковые модели устройства, за одним лишь исключением, что у эталонной модели сигналы на линиях Vdd и Vss постоянны, а у испытуемой модели изменяются, согласно сценарию, описанному в Tcl-скрипте. Выходные наборы с обеих моделей поступают в блок сравнения, осуществляющий логическую операцию XOR (исключающее ИЛИ), и на основе его работы строится Wave-

диаграмма, на которой визуально можно определить моменты появления ошибок.

В ходе выполнения данной работы была составлена библиотека моделей базовых КМОП-элементов и вентилях, позволяющая проводить моделирование более сложных компонентов, в том числе микропроцессорных устройств и систем на кристалле в условиях воздействия помех по шинам питания. Единственным недостатком такого подхода являются достаточно большие временные затраты на создание комплексных устройств. Поэтому в дальнейшем требуется большая автоматизация этапов моделирования.

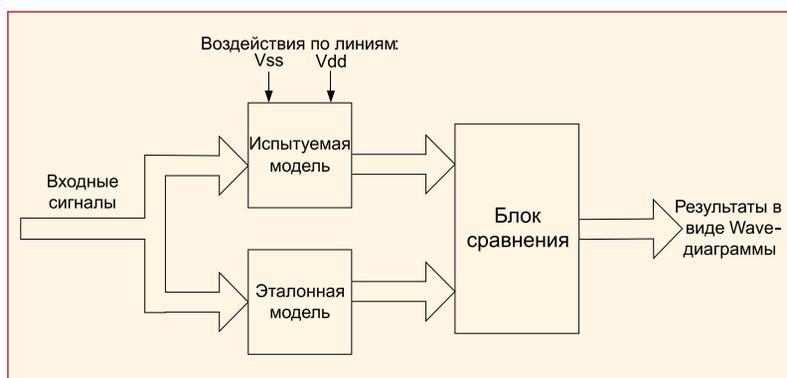


Рис. 3. Структурная схема тестовой среды моделирования

Список литературы

1. Бибило П. Н. Основы языка VHDL. – 3-е изд., доп. – М. : Издательство ЛКИ, 2007. – 328 с.
2. Партала О. Н. Цифровые КМОП-микросхемы : справочник. – СПб. : Наука и техника, 2001. – 400 с.
3. Уэйкерли Дж. Ф. Проектирование цифровых устройств. – М. : Постмаркет, 2002. – 544 с.



**Александр
Иосифович
Филимонов**

*кандидат технических наук,
генеральный директор
ОАО «Тюменьэкотранс», Тюмень*

Новый транспорт для восточных регионов России

Задачу освоения регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока может решить воздушный транспорт, но со свойствами, конкурентоспособными наземному.

Именно такими свойствами обладает «гибридный дирижабль», он же «азростатический комбинированный летательный аппарат» – большой безаэродромный самолет с азростатической разгрузкой и вертолетным несущим винтом.

В ближайшее десятилетие в России остро встанет задача освоения регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока, обладающих огромными запасами энергетических, рудных и лесных ресурсов страны. Кроме того, возлагаются большие надежды на нефтяные и газовые месторождения шельфов Ледовитого океана.

В связи с этим транспортное обеспечение по доставке технологической добычи, переработки, а также продуктов переработки потребителю выступает на первое место.

Существующий водный транспорт в виде водных артерий рек Сибири (Енисей, Лена, Индигирка, Колыма, Амур и др.), Северного морского пути (СМП), а также южная железнодорожная нитка КВЖД не могут по понятным причинам обеспечить освоение вышеуказанных регионов России.

Строительство автомобильных и железных дорог в этих регионах потребует огромных денежных и людских ресурсов на многие десятилетия, что также неприемлемо. Связано это и со сложными географическими и климатическими ус-

ловиями (горная поверхность, вечная мерзлота, низкие температуры, достигающие $-50...-60^{\circ}\text{C}$).

Задачу освоения регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока может решить воздушный транспорт, но со свойствами, конкурентоспособными наземному транспорту.

Наиболее распространенные современные типы воздушных транспортных средств – самолеты и вертолеты – не могут быть конкурентоспособными. Самолет требует аэродрома для взлета и посадки, вертолет обладает ограниченной грузоподъемностью (не более 20 т) и малой дальностью. Кроме того, самолеты и вертолеты требуют обширной наземной инфраструктуры в виде подъездных автомобильных или железных дорог и остаются самым дорогостоящим видом транспорта.

Для указанных регионов предполагается использовать дирижабли, обладающие достаточной грузоподъемностью, дальностью. Однако, как показал опыт эксплуатации дирижаблей большой грузоподъемности типа Цепелин в 30-х годах прошлого столетия, они ока-



Рис. 1. Летящий пилотируемый аналог «гибридного дирижабля»

зались небезопасными, ненадежными и все погибли.

Возможно ли создание альтернативного вида транспорта для указанных регионов России, и какими свойствами он должен обладать?

Первое и необходимое требование – себестоимость перевозки грузов и людей не должна превышать себестоимость перевозки железнодорожным транспортом, в лучшем случае – автомобильным; второе требование – независимое, автономное базирование при отсутствии каких-либо дорог; третье – возможность перевозить тяжелые и крупногабаритные единицы груза технологического назначения на большую дальность; четвертое – независимость от погодных и климатических условий; пятое – высокая надежность и безопасность эксплуатации.

Транспортным средством с такими свойствами является «гибридный дирижабль», он же «аэростатический комбинированный летательный аппарат», он же большой безаэродромный самолет с аэростатической разгрузкой и вертолетным несущим винтом (подробнее см. веб-сайт www.tumenecotrans.ru).

Идея создания такого воздушного транспортного средства была сформирована автором данной статьи более двадцати лет назад, а жизнеспособность подтверж-

дена при испытаниях на моделях. Сначала в аэродинамических трубах Московского авиационного института в 1989–1993 гг., а затем на летающей (пилотируемой) модели в 1995–1996 гг. (рис. 1) в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ фирмы «Тюменьэкотранс» с привлечением ученых и инженеров институтов МАИ, СибНИА, авиационных ОКБ, заводов и фирм.

Что представляет собой это воздушное транспортное средство? Это комбинация трех известных ле-

тательных аппаратов: дирижабля, самолета, вертолета, а также судна на воздушной подушке (СВП).

Исследователям удалось создать рационально комбинированный летательный аппарат (ЛА), исключив недостатки дирижабля, самолета, вертолета и СВП, но сохранив их положительные качества. Например, были исключены такие недостатки: у дирижабля – парусность, сложная система обслуживания; у самолета – потребность в аэродроме; у вертолета – небольшая дальность полета и высокая стоимость перевозок.

Применение же элементов СВП и несущего винта вертолета позволило обеспечить безаэродромность базирования ЛА и эксплуатацию с любой ровной поверхности (воды, болота, снега, грунта и т. д.), исключить сложную инфраструктуру аэро- и дирижаблепортов (ЛА имеет бортовую систему самообслуживания). Сохранение элементов самолета (несущие поверхности) и дирижабля (подъемный газ) позволило получить большую грузоподъемность, дальность и высокую экономичность перевозок (рис. 2).

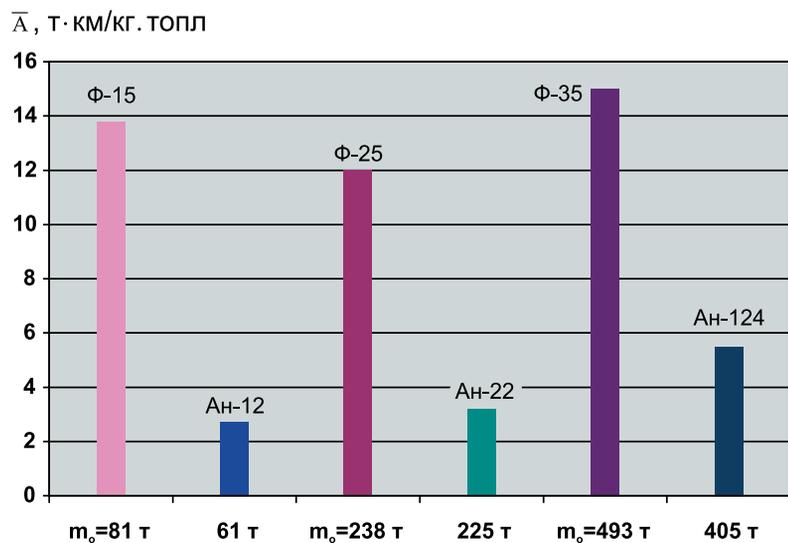


Рис. 2. Удельная производительность \bar{A} в сравнении с самолетами-аналогами типа Ан (обозначения Ф-15, Ф-25 и Ф-35 даны для ЛА грузоподъемностью 50, 150 и 350 т соответственно на дальность 3000 км при полной взлетной массе m_0 , указанной на диаграмме)

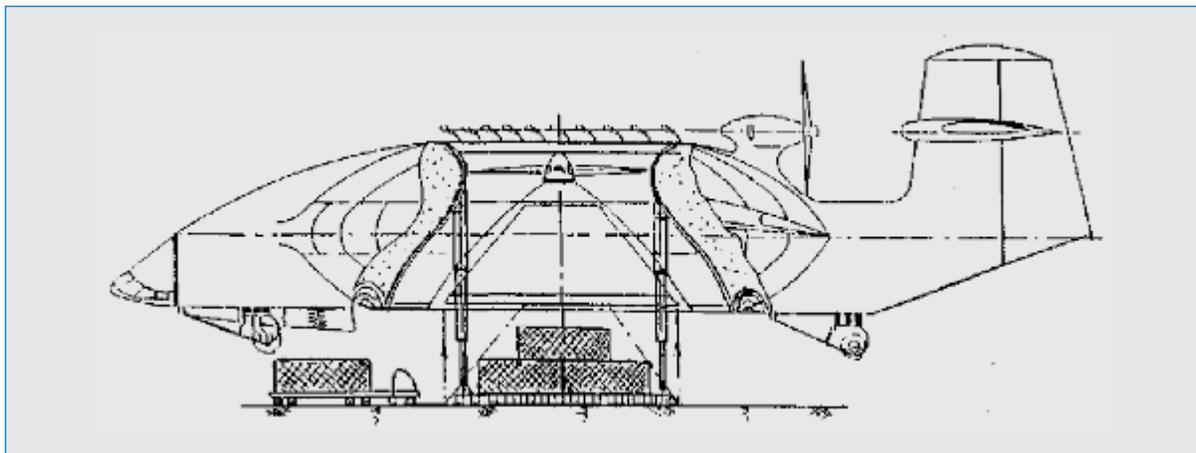


Рис. 3. Воздушный транспортно-технологический комплекс «BARC – мобильная грузовая платформа»

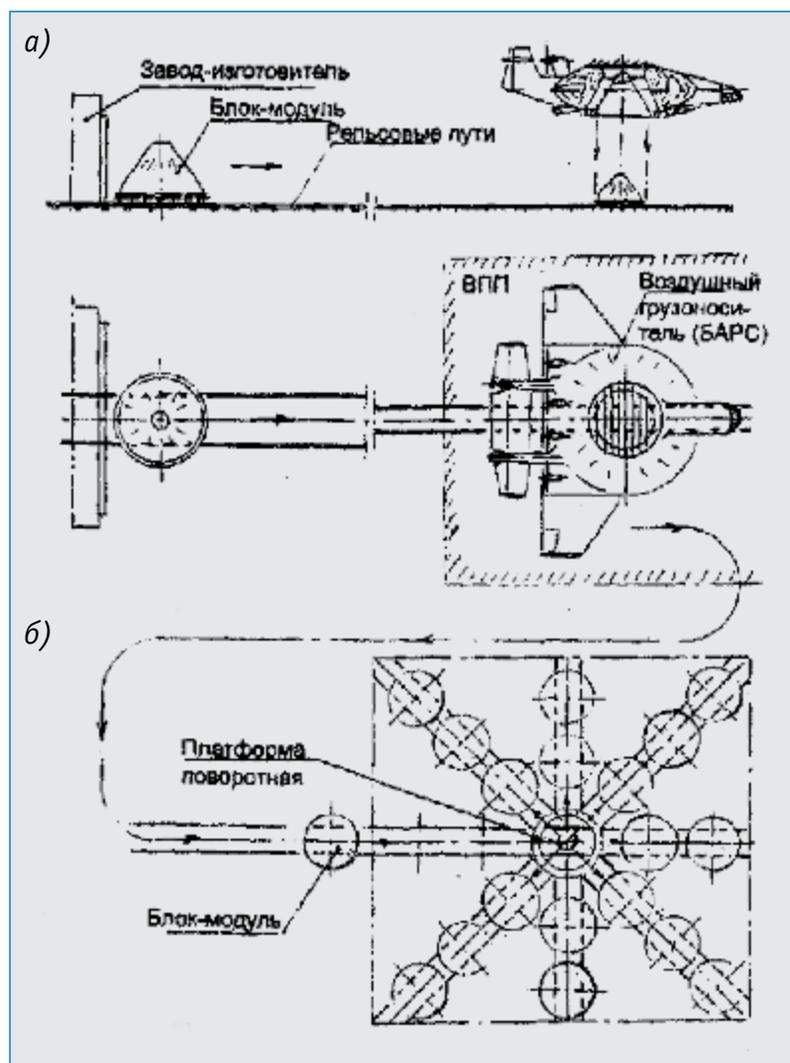


Рис. 4. Схема обустройства нефтегазового месторождения:
 а – доставка платформы с грузом от завода-изготовителя;
 б – обустройство нефтегазового месторождения технологическими блоками

Неограниченные возможности ЛА открываются, если его использовать в качестве носителя технологического оборудования с доставкой в труднодоступные регионы России, то есть использовать в составе так называемого воздушного транспортно-технологического комплекса (ВТТК).

Таким образом, ВТТК будет представлять собой комбинированный ЛА, или так называемый безаэродромный с аэростатической разгрузкой самолет (БАРС), и навесное технологическое оборудование (НТО), которое размещается на съемных (или несъемных) платформах БАРСа (рис. 3).

К НТО, в частности, можно отнести:

- блок-модули по обустройству нефтяных, газовых и других месторождений (одна из возможных схем обустройства нефтегазового месторождения показана на рис. 4);
- мини-заводы по переработке природного сырья и сельскохозяйственной продукции на месте их добычи и произрастания;
- технологические блоки, предназначенные для предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного



**Юрий
Иванович
Лель**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений открытым способом Уральского государственного горного университета, Екатеринбург



**Ольга
Владимировна
Мусихина**

кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом Уральского государственного горного университета, Екатеринбург

Энергетика карьерного транспорта

Изложены основные положения методики энергетической оценки транспортных систем карьеров, базирующейся на установленных зависимостях удельных энергозатрат на подъем горной массы различными видами транспорта от параметров внутрикарьерных трасс.

Энергосбережение является основным направлением развития мировой экономики. Особое значение имеет энергетический анализ в горной промышленности, характеризующейся значительной удельной энергоемкостью по сравнению с другими отраслями.

Энергоемкость открытого способа добычи полезных ископаемых в значительной степени (50–90 %) определяется энергозатратами на транспортирование горной массы, имеющими тенденцию к увеличению с ростом глубины разработки. Исходя из основных функций транспорта глубоких карьеров, в качестве критерия оценки энер-

гетической эффективности может быть принята величина удельных затрат энергии на подъем 1 т горной массы из карьера, приведенной к первичным энергоресурсам – условному топливу (у. т.). Тогда коэффициент полезного использования энергии (η , %) определится из выражения

$$\eta = (P_T / P_\Phi) 100\% \quad (1)$$

где P_T – теоретически необходимая величина расхода энергии на подъем 1 т горной массы на высоту 1 м ($P_T = 9,81 \text{ кДж/тм} = 0,335 \text{ г у.т./тм}$); P_Φ – фактические затраты энергии данным видом транспорта, г у. т./тм.

Таблица 1

Энергоемкость различных видов транспорта при работе на подъем горной массы из карьеров

Вид транспорта	Удельная энергоемкость			η , %
	натуральные показатели		условное топливо г у.т. / тм	
	г/тм	кВт·ч/тм		
Автомобильный	2,4–2,8	–	4,5–5,2	6,5–7,5
Железнодорожный	–	0,009–0,012	3,4–4,4	8,0–10,0
Конвейерный	–	$\frac{0,0047-0,0064^*}{0,0043-0,0060}$	$\frac{1,7-2,3}{1,6-2,2}$	$\frac{14,6-19,5}{15,4-21,5}$

* В числителе – с учетом крупного дробления; в знаменателе – собственно конвейерный транспорт.

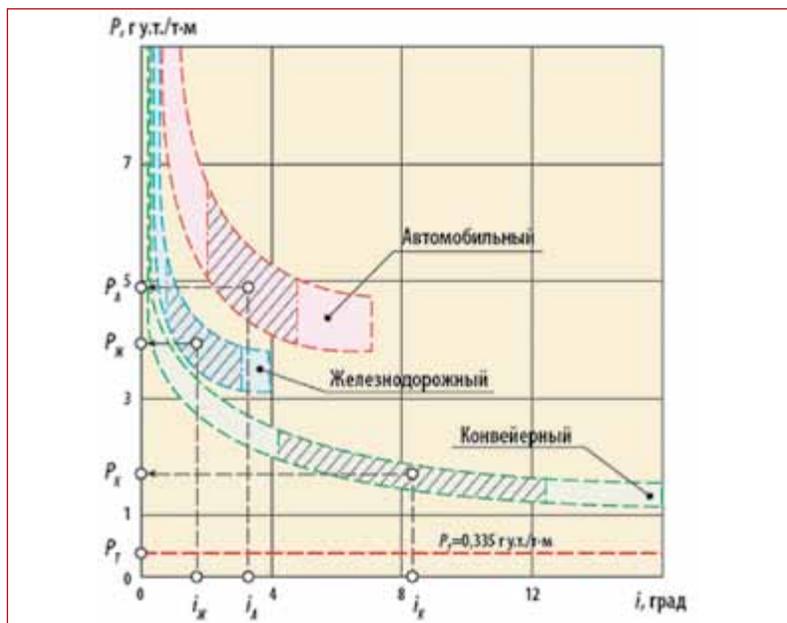


Рис. 1. Зависимость удельной энергоёмкости (P) различных видов карьерного транспорта от уклона трассы (i):

– области фактических значений удельной энергоёмкости;

$P_A, P_{Ж}, P_K$ – средние значения энергоёмкости различных видов транспорта;

P_T – теоретически необходимая (минимальная) величина расхода энергии на подъем 1 т горной массы на 1 м;

$i_A, i_{Ж}, i_K$ – средневзвешенные уклоны трасс различных видов транспорта

С использованием предложенной методики и фактических данных глубоких железорудных карьеров установлены показатели энергоёмкости различных видов транспорта при работе на подъем горной массы (табл. 1, рис. 1). Энергетическая эффективность конвейерного транспорта ($\eta_k = 15,4 \div 21,5 \%$) в 1,9–2,2 раза выше, чем электрифицированного железнодорожного транспорта ($\eta_{ж} = 8,0 \div 10,0 \%$), и в 2,4–3,0 раза выше, чем автомобильного ($\eta_a = 6,5 \div 7,5 \%$).

Поэтому при формировании комбинированных транспортных систем особое внимание должно уделяться глубокому вводу конвейерного и железнодорожного транспорта и поддержанию сборочных автоперевозок на минимальном технологически необходимом уровне. Это обеспечивается внедрением мобильных комплексов циклично-поточной технологии (ЦПТ), крутонаклонных кон-

вейеров, повышенных уклонов (до 60 %) и тоннельного вскрытия при железнодорожном транспорте.

При эксплуатации автотранспорта в рабочей зоне карьеров

важным направлением снижения энергопотребления является оптимизация схем вскрытия временными съездами. Метод оптимизации основан на разделении грузооборота на две составляющие: минимально необходимую вертикальную часть грузооборота по подъему горной массы до перегрузочных пунктов и технологически необходимую горизонтальную часть, которая минимизируется за счет выбора количества, месторасположения вскрывающих выработок и порядка отработки карьерного поля. Этот вопрос особенно актуален для сборочного автотранспорта железорудных карьеров, где горизонтальная составляющая достигает 35–50 % от общей величины грузооборота.

За последние двадцать лет в карьерном автотранспорте достигнут значительный прогресс. ПО «БелАЗ» за сравнительно короткий период разработаны новые модели автосамосвалов БелАЗ-7547, БелАЗ-7522 (рис. 2), БелАЗ-7528, БелАЗ-7555, БелАЗ-75131, БелАЗ-75306 и их модификации грузоподъемностью соответственно 36, 45, 55–65, 130 и 220 т, а также опытные образцы с шарнирно-сочлененной рамой грузоподъемностью



Рис. 2. БелАЗ-7522 на карьере ОАО «Ураласбест»

36 и 280 т. На заводе разработан план модернизации и внедрения новой техники на перспективу до 2020 г.

При этом осваиваемые производством модели соответствуют мировым тенденциям развития средств карьерного транспорта, в их конструкции используются достижения российских и зарубежных фирм, поставляющих надежные агрегаты, узлы и материалы [1].

Высокая энергетическая эффективность конвейерного транспорта (рис. 3) объясняется большими углами подъема трасс (сокращением пути перемещения груза) и отсутствием энергозатрат на подъем верхней ветви ленты ввиду равной ее массы с опускающейся нижней ветвью. При движении автосамосвалов и железнодорожных составов по уклону вверх затраты энергии необходимы как на подъем груза, так и собственно подвижного состава. В то же время коэффициент сопротивления движению ленты по роликам на порядок выше, чем коэффициент сопротивления движению грузового поезда, и сравним с аналогичным показателем автомобильного транспорта.

Эффективность применения конвейерного транспорта доказана многочисленными научными и проектными разработками и опытом эксплуатации на карьерах России, Украины и Узбекистана. Вместе с тем доля конвейерного транспорта не превышает 10 % в общих объемах перевозки



Рис. 3. Конвейер на карьере Мурунтау Навоийского горно-металлургического комбината (Узбекистан)

скальной горной массы на карьерах стран СНГ.

Энергетические преимущества железнодорожного транспорта перед автомобильным объясняются меньшими значениями коэффициента сопротивления движению грузового поезда (в 8–10 раз) и коэффициента тары. Коэффициент тары современных думпкаров составляет 0,41–0,50, а отечественных автосамосвалов 0,70–0,84. Однако реализация этих преимуществ при работе на подъем горной массы ограничивается сравнительно небольшим уклоном железнодорожных трасс (40–60 %) и значительным коэффициентом их развития (до 1,5–1,8).

Энергетические показатели различных видов карьерного транспорта при работе на горизонтальных трассах значительно

отличаются от установленных параметров при движении на подъем. К сожалению, обоснование общего показателя энергетической эффективности различных видов карьерного транспорта в указанных условиях, аналогичного работе на подъем (η), проблематично. Поэтому воспользуемся сравнительными показателями энергоемкости, полученными в типичных условиях железорудных карьеров (табл. 2).

Очевидно, что при работе на горизонтальных трассах в полной степени реализуются преимущества железнодорожного транспорта. Энергетическая эффективность железнодорожного транспорта в сопоставимых горнотехнических условиях в 2,8–3,0 раза выше, чем автомобильного, и в 1,5–1,6 раза, чем конвейерного. Вследствие этого железнодорожный транспорт на зарубежных предприятиях получил преимущественное распространение не как внутрикарьерный, а как магистральный вид транспорта для перевозок руды и вскрыши от борта карьера до обогатительных фабрик и отвалов. По данным зарубежных исследований, энергетическая эффективность железнодорожных перевозок промышленных

Таблица 2

Энергоемкость различных видов карьерного транспорта при работе на горизонтальных трассах

Вид транспорта	Удельная энергоемкость		
	натуральные показатели		условное топливо г у.т. / тм
	г/тм	кВт·ч/тм	
Автомобильный	50–70	–	95–130
Железнодорожный	–	0,09–0,12	34–45
Конвейерный	–	0,15–0,20	57–70

грузов в 4,2 раза выше, чем автомобильных.

Важным направлением энергосбережения для всех видов транспорта глубоких карьеров является увеличение уклонов транспортных коммуникаций. В технологическом аспекте применение повышенных уклонов позволяет сократить дополнительный разнос бортов карьеров от размещения транспортных коммуникаций, в энергетическом – увеличение уклонов в определенном диапазоне позволяет повысить энергетическую эффективность транспорта при работе на подъем горной массы. Для всех видов транспорта зависимости удельной энергоемкости на подъем горной массы от уклона трассы имеют экстремальный характер. Так, для автомобильного транспорта (автосамосвалы с колесной формулой 4×2) оптимальный уклон по энергетическому критерию в зависимости от типа покрытия и модели автосамосвала находится в пределах 0,08–0,012 (рис. 4).

Установленные закономерности смещения $i_{\text{опт}}$ от качества дорожного покрытия подтверждаются экспериментально и полностью согласуются с одним из важнейших принципов физики – принципом Ле Шателье – Брауна, описывающим поведение термодинамических систем, находящихся в устойчивом равновесии.

Для электрифицированного железнодорожного транспорта при моторвагонной тяге оптимальный уклон составляет 0,045–0,051, при электровозной тяге – 0,027–0,031. При эксплуатации ленточных конвейеров большой производительности оптимальный угол их наклона составляет 17–19°. При моторвагонной тяге (рис. 5) увеличение уклона железнодорожных путей с 40 до 60 ‰ приводит к повышению, хотя и незначительному, удельных энергозатрат на подъем горной массы. Это происходит вследствие увеличения ко-

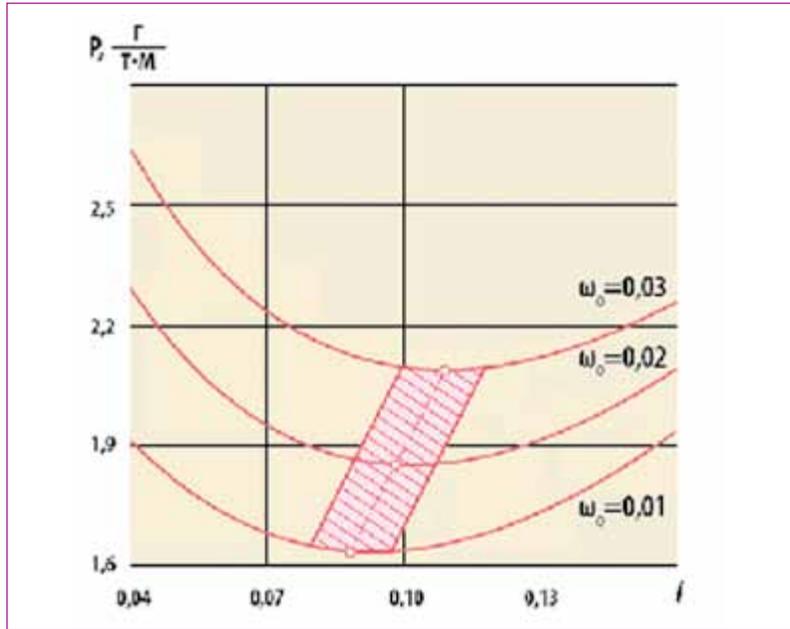


Рис. 4. Зависимость удельного расхода дизтоплива БелАЗ-7519 (110 т) при движении на подъем (P) от уклона (i) и сопротивления качению (ω_0); – область оптимальных значений уклонов

эффициента тары поезда, которое во многих случаях не может быть полностью компенсировано сокращением протяженности трассы и упрощением схемы путевого развития.

Оптимальный продольный уклон трасс по энергетическому критерию для отдельных видов

транспорта и конкретных моделей транспортных средств следует рассматривать как частный оптимум и нижний предел уклона, который рекомендуется принимать при проектировании транспортных систем. Окончательное решение по руководящим уклонам следует принимать на основе глобального оптимума –

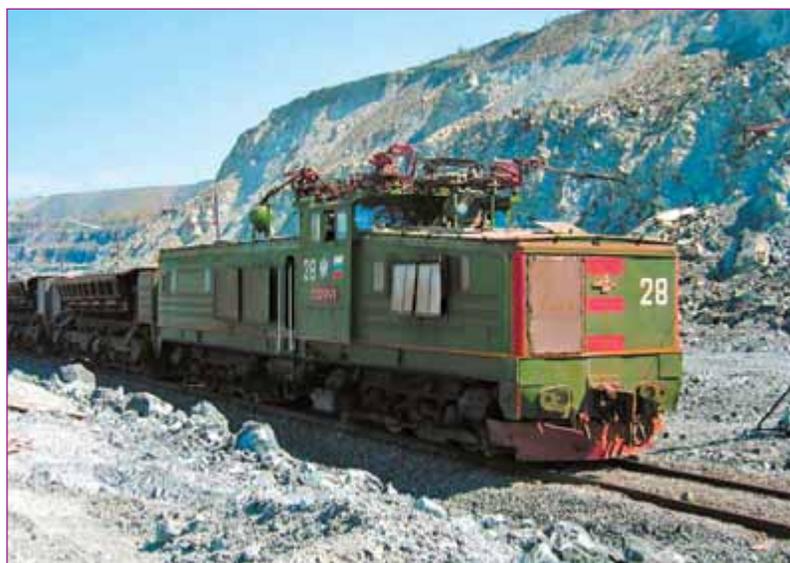


Рис. 5. Тяговый агрегат (моторвагонная тяга) ПЗ2-249 на карьере ОАО «Ураласбест»

удельной энергоемкости всей транспортной системы.

Остановимся на энергетических характеристиках других видов транспорта глубоких карьеров. Среди них наибольший практический интерес представляют дизель-троллейбусы, наклонные скиповые и автомобильно-клетьевые подъемники.

Коэффициент полезного использования энергии дизель-троллейбусного транспорта (опытные образцы на базе автосамосвалов БелАЗ-7519) изменяется в пределах 6,2–7,6 % при среднем значении 6,7 %. Вместе с тем при создании отечественных дизель-троллейбусов нового поколения, не уступающих лучшим зарубежным образцам, и увеличении руководящего уклона автодорог до 10–12 % коэффициент полезного использования энергии может возрасти до 7,6–7,8 %, то есть приблизиться к показателям электрифицированного железнодорожного транспорта. Это свидетельствует об определенных перспективах дизель-троллейбусного транспорта на отечественных глубоких карьерах.

Средний удельный расход электроэнергии скиповым подъемником СНК-40, эксплуатировавшимся на Сибайском карьере, составил 0,0077 кВт·ч/тм. Энергетическая эффективность характеризовалась следующими показателями: $P_{ф.ск} = 2,8$ г у. т. тм; $\eta = 12$ %. Расчетные показатели энергетической эффективности проектируемых скиповых (СНК-75) и автомобильно-клетьевых подъемников (АНК-75) составляют: $P_{ф.ск} = 2,1 \times 2,2$ г у. т. тм; $\eta = 15,2 \times 15,9$ %. Энергоемкость различных типов шахтных вертикальных скиповых подъемников ($P_{ф.ск} = 1,4 \times 1,9$ г у. т. тм; $\eta = 17,4 \times 23,4$ %) находится на уровне показателей карьерного конвейерного транспорта.

В исследованиях по оценке эффективности применения на карьерах аэростатно-канатных

транспортных систем (АКТС), выполняемых в последние годы, доказывается возможность снижения энергозатрат на подъем горной массы в 1,5–1,6 раза по сравнению с конвейерным транспортом. Исследования носят чисто теоретический характер. Возможность и технологическая целесообразность внедрения подобных систем на карьерах большой глубины и производительности вызывают сомнения. Таким образом, реальной альтернативы рассмотренным видам транспорта для доставки горной массы из глубоких карьеров в настоящее время нет, и надежды на резкое снижение энергозатрат на транспортирование не имеют достаточных оснований.

Энергетическая оценка транспортных систем карьеров в условиях рыночной экономики имеет ряд специфических особенностей, до настоящего времени не нашедших отражения в исследованиях.

электроэнергетики. Большинство авторов рекомендуют принимать значение этого показателя в пределах 310–330 г/кВт·ч. Однако эти цифры отражают реальное состояние отечественной электроэнергетики в 1975–1990 гг., то есть в советский период [2].

Высокая технологическая эффективность отечественной электроэнергетики в указанный период была достигнута за счет централизации производства, создания Единой энергетической сети и переброски энергии вслед за перемещением пиковых нагрузок в часовых поясах. Даже самая эффективная из зарубежных – японская энергетика уступала советской.

В настоящее время эффективность отечественной электроэнергетики в 1,23 раза ниже японской и в 1,11 раза ниже французской и американской. За 20 лет, с 1990 по 2010 г., расход условного топлива

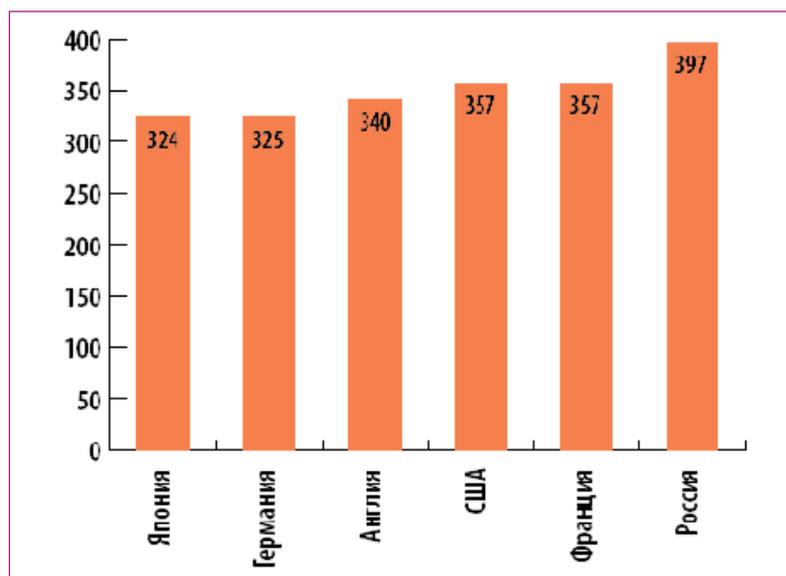


Рис. 6. Показатели технологической эффективности электроэнергии наиболее развитых стран

В первую очередь, к таким особенностям следует отнести методику расчета показателя k_3 , учитывающего затраты условного топлива на получение 1 кВт·ч электроэнергии и отражающего технологическую и экономическую эффективность

на производство 1 кВт·ч электроэнергии в России увеличился с 306 до 397 г/кВт·ч, то есть в 1,3 раза. В соответствующей пропорции снизилась энергетическая эффективность электрифицированных видов транспорта. Энергоемкость

карьерного железнодорожного транспорта практически сравнялась с энергоемкостью автомобильного.

Переход к рыночной экономике отечественных горных предприятий сопровождался резким увеличением энергоемкости основных процессов открытой разработки и, в первую очередь, карьерного транспорта. Основными причинами увеличения энергоемкости явилось снижение объемов производства по горной массе и старение парка оборудования.

Выявилась лучшая адаптивность энергетических показателей автотранспорта к изменению экономических и горнотехнических условий разработки, в част-

ности, к сокращению объемов перевозок по сравнению с железнодорожным транспортом, что объясняется меньшей долей постоянной составляющей в энергозатратах автомобильного транспорта. Это привело к расширению области применения автотранспорта на глубоких карьерах. На рудных карьерах расширение области применения автотранспорта наблюдается при расконсервации уступов и бортов в зоне работы железнодорожного транспорта, отработке карьеров зонами концентрации, отработке нагорной части месторождений.

Для рыночной экономики развитых стран характерно постепенное сближение энергетических и экономических оценок промышленных технологий. Россия пока далека от этого в связи с неправильным соотношением цен «уголь – газ – мазут», рассчитанным по паритету покупательной способности валют. В России это соотношение составляет 1 : 0,8 : 1,3; в США – 1 : 2,3 : 2,1; в Великобритании – 1 : 1,8 : 1,6; в Германии – 1 : 2,4 : 1,7.

Во всех странах, кроме России, газ дороже угля. С вступлением в ВТО Россия будет вынуждена изменить указанное соотношение. Согласно прогнозным оценкам, в период с 2010 г. по 2020 г. цены на уголь (руб/т у. т.) увеличатся в 2,5 раза, на газ в 9 раз, на мазут в 2,5 раза и на электроэнергию (коп/кВт.ч) в 4,8 раза. Таким образом, оптимизм по поводу высокой экономической эффективности перевода карьерного автотранспорта на газ может не оправдаться, хотя экологическая эффективность такого перехода неоспорима.

Удельная энергоемкость может успешно использоваться при технико-экономической оценке транспортных систем карьеров в качестве основного или дополнительного критерия.

По аналогии с экономической оценкой при сравнении вариантов транспортных систем затраты энергии прошлых и будущих периодов можно приводить к текущему моменту с помощью коэффициента приведения, рассчитываемого по выражению

$$B = (1 + s)^{t_n - t_j}, \quad (2)$$

где B – коэффициент приведения; s – норматив для приведения разновременных затрат энергии (норма дисконта); t_n – год, к которому приводятся энергозатраты; t_j – год осуществления энергозатрат.

В этом случае норма дисконта (s) отражает технический прогресс, то есть среднегодовой процент снижения удельной энергоемкости различных видов и средств горнотранспортной техники. По данным зарубежных исследований, $s = 0,005 \div 0,015$. Такой подход имеет определенные преимущества перед денежной оценкой. В отличие от денежной, энергетическая оценка имеет прямое, объективное, «физическое» основание, является более стабильной, не подверженной инфляции и волюнтаристскому вмешательству. В целом энергетическая оценка не подменяет, а дополняет денежную оценку. Денежная оценка дает основание для выработки производственной тактики, энергетический анализ – для выработки стратегии формирования транспортных систем на весь период отработки карьера.

Список литературы

1. Бахтурин Ю. А. Современное состояние карьерного транспорта // Горная техника : каталог-справочник. – СПб. : Изд-во ООО «Славутич», 2005. – С. 6–22.

2. Валентинов Б. Триединый передел // Советская Россия. – 2003. – 13 февраля (№ 27) [12360].



**Дмитрий
Германович
Неволин**

*доктор технических
наук, профессор УрГУПС,
Екатеринбург*

«ИННОПРОМ-2011»: итоги и перспективы

***Инновации в сфере
транспорта
и итоги круглого
стола «Развитие
кластера
транспортного
машиностроения.
Инновационные
направления
в транспортном
машиностроении»
в рамках проведения
Уральской
международной
выставки и форума
промышленности и
инноваций
«ИННОПРОМ-2011».***

14–17 июля 2011 года в Екатеринбурге проходил ежегодный Уральский международный форум промышленности и инноваций «ИННОПРОМ-2011».

Целью форума стало объединение науки, власти и бизнеса – создателей и потребителей инноваций. В выставке-форуме приняли участие более 400 российских и иностранных компаний, среди них «Роснано», «Сколково», Агентство социальных инициатив и другие. Значительную часть стендов заняли экспозиции малых инновационных предприятий.

Основной задачей форума, по утверждению губернатора Свердловской области Александра Мишарина, стало формирование конкретного перечня запросов на инновационные решения, актуальные технологии,



Рис. 1. Стенд компании «Сименс»

которые можно будет немедленно использовать для повышения эффективности российской экономики в целом и отдельных предприятий в частности.

В течение четырех дней работы форума было заключено 39 соглашений на сумму 180 миллиардов рублей, 10 из них подписал лично губернатор Александр Мишарин. Среди них очень важные: соглашения в области авиастроения, малой энергетики, соглашение по реализации в регионе инвестиционных проектов в сферах инфраструктурного строительства, развития энергоэффективных и энергосберегающих технологий.

В первый день на форуме прошла конференция Агентства стратегических инициатив, с участниками которой в режиме видеоконференцсвязи пообщался Председатель Правительства России Владимир Путин. Участие в деловой программе форума также приняли заместитель министра экономического развития Российской Федерации Андрей Клепач, заместитель министра промышленности и торговли РФ Георгий Каламанов, директор департамента экономики Правительства России Андрей Белоусов, президент фонда «Сколково» Виктор Вексельберг, вице-президент фонда по внешним коммуникациям и взаимодействию с властными структурами Станислав Наумов, руководитель представительства компании «Дойче Мессе» в СНГ Ирина Вайсхаар, президент Siemens AG в России и странах Центральной Азии Дитрих Меллер, Чрезвычайный и Полномочный Посол Канады в РФ Джон Слоан и многие другие.

Гостями и участниками выставки и форума стали представители более чем тридцати стран мира.

Компания «Сименс» принимает участие в форуме второй год подряд.

В рамках выставки были проведены круглые столы, презент



Рис. 2. Подписание соглашения о стратегическом сотрудничестве «Сименс» с правительством Свердловской области

тации и семинары, посвященные комплексным решениям «Сименс».

В рамках международной выставки «ИННОПРОМ-2011» президент «Сименс» в России и Центральной Азии Дитрих Мёллер и губернатор Свердловской области Александр Мишарин подписали соглашение о стратегическом сотрудничестве «Сименс» с прави

тельством Свердловской области сроком на один год.

Соглашение определяет основные области стратегического партнерства «Сименс» с предприятиями и организациями Свердловской области. К ним отнесены такие сферы сотрудничества, как транспорт, системы автоматизации и безопасности зданий и объектов,



Рис. 3. Заседание круглого стола «Развитие кластера транспортного машиностроения. Инновационные направления в транспортном машиностроении»

Рис. 4. Выступление академика РАН, доктора технических наук, профессора Сая Василия Михайловича (УрГУПС) с докладом на тему: «Перспективы создания испытательного полигона транспортных средств»



массовых мероприятий, комплексные решения для промышленности, информационные технологии, медицинские технологии.

Сотрудничество в области инновационных технологий — одно из самых перспективных направлений развития отношений России и Германии.

Кроме того, сегодня мы говорим о крупномасштабной локализации машиностроительного производства «Сименс» в сфере железнодорожного транспорта на территории области.

В работе круглого стола «Развитие кластера транспортного машиностроения. Инновационные направления в транспортном машиностроении», который проходил под руководством министра транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области Геннадия Маренкова, приняли участие ведущие специалисты и ученые в сфере промышленного транспорта Уральского региона.

С докладами выступили представители ООО «Уральские локомотивы», ОАО «Синара – Транспортные машины», ОАО «НПК «Уралвагонзавод», ОАО «Тюменьэкотранс», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС).

По итогам круглого стола были приняты решения:

- создать в регионе на базе УрГУПС центр компетенции в области силовой электроники и систем управления силовыми преобразователями, испытательный центр технических средств железнодорожного транспорта;
- рекомендовать УрГУПС продолжить работу по технико-экономическому обоснованию Уральского транспортного полигона высокоскоростных испытаний, а Министерству транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области – на расширенной коллегии рассмотреть вопрос создания данного полигона с целью его финансирования;
- создать рабочую группу по реализации проекта «Барс» (развитие новых видов транспорта – малой авиации, проект ОАО «Тюменьэкотранс»).

В целом с уверенностью можно сказать, что выставка и форум позитивно повлияли на развитие инноваций, а многие проекты получили свое дальнейшее развитие.



**Марина
Аркадьевна
Журавская**

*кандидат технических наук,
доцент, директор Департамента
международных связей УрГУПС,
Екатеринбург*

IV Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии

(по материалам симпозиума и собственным впечатлениям)

С 30 мая по 2 июня 2011 года в Нанкинском институте железнодорожных технологий (Китай) состоялся IV Международный симпозиум Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии по вопросам инновационного развития железных дорог Европы и Азии.

Ассоциация играет роль форума, представляющего руководителям транспортных организаций, и в особенности ректорам транспортных университетов, возможность координировать работу своих вузов. В рамках такой ассоциации ректора могут свободно обсуждать текущие проблемы и согласовывать общие подходы в образовании, направленные на совершенствование и дальнейшее развитие транспортных систем Европейского и Азиатско-Тихоокеанского регионов.

В настоящее время в Евро-Азиатскую ассоциацию железнодорожных вузов и организаций в качестве полноправных членов входят ректора вузов пяти государств: России, Казахстана, Монголии, Китая и Южной Кореи, а также руководители транспортных организаций и представители научной общественности этих стран и Австралии. Россия была представлена тремя университетами путей сообщения: Хабаровска (ДвГУПС), Иркутска (ИрГУПС) и Екатеринбурга (УрГУПС).

Ассоциация выполняет две основные функции. Во-первых, она помогает движению в сторону создания единой интегрированной научно-образовательной платформы для транспортных систем Европы и Азии, а во-вторых, она занимается анализом долгосрочных тенденций, проявляющихся в сфере транспорта. И, в частности, отслеживает влияние глобализации на процессы, происходящие в этой сфере.

Представлена информация о деятельности Ассоциации железнодорожных университетов и организаций Европы и Азии. Подведены итоги проходившего с 30 мая по 2 июня 2011 года IV Международного симпозиума ассоциации в Нанкинском институте железнодорожных технологий (Китай), целью которого было развитие взаимовыгодных отношений между железнодорожными университетами и организациями Европы и Азии в условиях инновационного развития транспорта.

Цель симпозиума – развитие взаимовыгодных отношений между железнодорожными университетами и организациями Европы и Азии в условиях инновационного развития транспорта. Отмечу, что тематика форума была выбрана неслучайно, исходя из реалий экономических, международных отношений и изменений, происходящих в транспортной отрасли.

Открыла симпозиум ректор Нанкинского института железнодорожных технологий госпожа Ван Хонг, обозначив два глобальных направления инновационного пути развития железнодорожного транспорта в Китае: развитие сети высокоскоростных магистралей (ВСМ) и подготовку талантливой молодежи для работы в железнодорожной отрасли.

Эти же направления легли в основу доклада ректора Корейского национального железнодорожного колледжа-университета Хуосика Хонга. Тема их выступления: «Подготовка специалистов-железнодорожников с глобальным мировоззрением».

Было отмечено, что эра высокоскоростного железнодорожного движения в Корее началась в апреле 2004 г. Скорости достигали 300 км/ч. Путь от Сеула до Пуссана был пройден за 2 часа 40 минут. Новые разработки ROTEM появились в 2008 году, и полная замена была осуществлена с марта 2010 г. Важным является то, что 87 % всех высокоскоростных технологий в Корее составляет собственное производство. Сейчас транспорт Кореи развивается согласно второму плану национальной сети железных дорог (рис. 1), действующему с 2011 по 2020 г. (опубликовано в апреле 2011 г. Министерством транспорта Кореи).

Планируемые инвестиции составят 80 миллиардов долларов, намечается расширение сети железных дорог в 1,5 раза, в том числе увеличение протяженности ВСМ до 5 000 км, включая линии со скоростями до 700 км/ч.

Глобальная цель железных дорог Кореи – соединить любые две точки страны не более чем за 1,5 часа. Развитие по такому сценарию позволит увеличить объемы перевозок на железнодорожном транспорте с 15,9 % (2008 г.) до 27,3 % (2020 г.).

Что касается стратегии развития Корейского национального железнодорожного колледжа-университета, то она тоже достаточно амбициозна. Планируется серьезное увеличение кадровых ресурсов для железнодорожной индустрии (рис. 2).



- Новые линии
- Улучшение существующих линий
- Высокоскоростные линии
- Новые линии общего пользования
- Междугороднее подземное сообщение (40–50 м под землей)

Рис. 1. Второй план национальной сети железных дорог

Необходимо отметить, что университет обладает всеми необходимыми технологиями для подготовки специалистов с глобальным мировоззрением. На рис. 3 представлен внешний вид симулятора управления поездом на ВСМ.

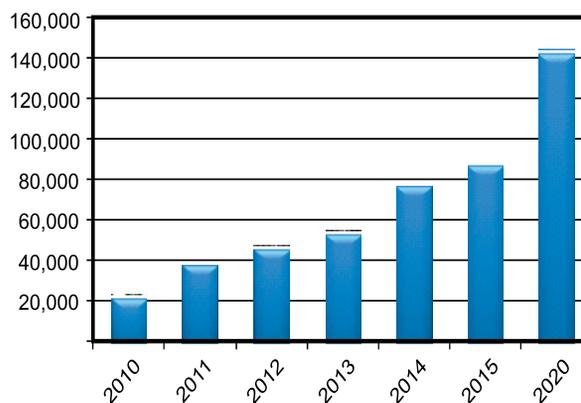


Рис. 2. Увеличение человеческих ресурсов для железнодорожной отрасли в Южной Корее



Рис. 3. Симулятор управления высокоскоростным поездом

План развития Корейского национального железнодорожного колледжа-университета состоит из трех частей:

1. Рассмотрение возможности создания новых рабочих мест.
2. Повышение конкурентоспособности на глобальном рынке железнодорожных перевозок.
3. Появление экспертов в области железнодорожного транспорта – специалистов с глобальным мировоззрением.

Своим проектом высокоскоростных магистралей Корея доказала, что она достойно справилась с экономическим кризисом, укрепив и стабилизировав свое положение, а такие страны – пионеры ВСМ, как Япония, Франция, Германия, теперь вынуждены смотреть на Корею не как на ученика, а как на достойного и равного соперника (газета «Фигаро», Франция).

Система высокоскоростных железнодорожных магистралей Китая тоже вызвала живой интерес. Масштабы строительства ВСМ превысили отметку в 10 тыс. км. КНР уже занимает первое место в мире по этому показателю, она стала страной с быстроразвивающимися высокоскоростными железными дорогами.

В докладе Кияна Джикуя, проректора Нанкинского института, было отмечено, что экономика разных районов Китая развивается неравномерно, поэтому необходимо развивать транспорт. Восточная часть – 75

млн чел., протяженность железнодорожных линий – 150 тыс. км, в том числе 1590 км – ВСМ. Комплексное развитие железнодорожной сети Китая – это решетка, состоящая из трех вертикальных и четырех поперечных железнодорожных линий (рис. 4).

В Китае разработана стратегия развития высокоскоростных магистралей, треть мировых ВСМ проходит по территории этой страны. Уже сегодня в систему ВСМ входят 30 крупнейших городов Китая, в которых концентрируется экономика всего государства. Высокоскоростной транспорт становится залогом успеха бурного развития экономики.

Необходимо отметить, что Китай стал страной с самой целостной технологической системой, с самой сильной способностью интеграции, с самой длинной протяженностью введенных в эксплуатацию



Рис. 4. Стратегическая «решетка» железнодорожной сети Китая



Рис. 5. Обучение в течение всей профессиональной жизни



Рис. 6. От Нанкина до Шанхая

магистралей, с самой быстрой скоростью. Китай сегодня – страна с наибольшими масштабами железнодорожного строительства.

Особый интерес вызвал доклад представителя Шанхайского управления железных дорог, в котором отмечалось, что обучение персонала носит сквозной характер и является важной составляющей производственного процесса (рис. 5). Работник является учеником и каждую неделю сдает экзамен, результаты которого напрямую влияют на заработную плату.

Важная роль в этом процессе уделяется преподавателям. Шанхайское управление железных дорог ставит перед собой задачу поменять существующую команду преподавателей на специалистов более высокого уровня.

От Нанкина до Шанхая сегодня можно добраться за 1 час 10 минут, а ведь между городами 300 км (рис. 6)! Поездка в скоростном поезде меня сильно впечатлила, ведь цифры на табло очень быстро достигли отметки 333 км/ч, при этом никак не повлияв на комфортность перемещения и качество обслуживания пассажиров! И дело не только в качестве, но и в количестве.

Представьте себе: из Шанхая в сутки отправляется 150 высокоскоростных поездов, не говоря уже о прочих категориях. Мы, екатеринбуржцы, очень гордимся своим аэропортом Кольцово, но когда я оказалась на железнодорожном вокзале Шанхая, то была поражена: он во много раз превышает территорию нашего Кольцово, а был построен всего за два года!

Китай действительно делает очень многое для развития высоких технологий в транспортной сфере, и роль высшей школы здесь огромна.

Проректор Нанкинского института железнодорожных технологий выступил с докладом «Развивать сервис железнодорожного транспорта Китая и способствовать техническим талантам с высокими амбициями!». Важно отметить, что руководство института уже многое сделало для достижения этой цели: завер-

шено строительство новых учебных корпусов, сданы в эксплуатацию здания общежитий, столовая, подходит к завершению строительство собственного подъездного пути (рис. 7), где студенты смогут не только в теории, но и на практике познавать современные железнодорожные технологии.

Быт китайских студентов продуман до мелочей: живут они в, казалось бы, обычном общежитии коридорного типа. В комнате – четыре человека, все как



Рис. 7. Студенческий городок Нанкинского института железнодорожных технологий

а – общий вид; б – строящийся подъездной путь



Рис. 8. Китайские студенты на занятиях

у нас. Но спальное место расположено на втором ярусе, а внизу, на первом ярусе – рабочее место с письменным столом, персональным шкафом. У окна зона умывальника, в каждой комнате есть небольшой душ и туалет. Ничего лишнего, но зато у каждого студента есть свое личное пространство.

Поразило, как Нанкинский институт железнодорожных технологий серьезно развивает свою инфраструктуру, кредитуясь, кстати, у государства под 2–5 % годовых на пять лет. Погашение кредита институт планирует производить из средств, полученных за обучение. Надо сказать, что все обучение в Китае платное, в переводе на наши деньги порядка 20 тыс. руб. – сумма вполне «подъемная» для среднестатистической китайской семьи.

В Китае многое поражает: транспортные технологии, система образования, государственное мышление. От стереотипов Таганского рынка не осталось и следа.

Возвращаясь к конференции, стоит отметить и доклады других участников. Кале Колин из Австралии выступил по теме: «Развитие и увеличение тяжеловесных поездов». В Австралии высокоскоростное движение не так актуально, свое внимание их железнодорожники сосредоточили на тяжеловесных поездах – до 4000 т (для нас, в общем-то, не очень большая цифра).

Ректор Казахской академии транспорта и коммуникаций Ботабеков Адилбек Кожобекович обратился ко всем гостям симпозиума с приглашением зарубежных преподавателей читать курсы лекций в вузе. Дорога, командировка, часы

лекций оплачиваются полностью, главное, чтобы курс был интересным и уникальным. Вообще казахи стремятся к увеличению уникальности курсов. Они хотят, чтобы у бакалавров обучение было уникальным для любого вуза на 70 %, у магистрантов – на 80 %, а у докторантов – на 95 %. То есть только пять процентов информации докторант может получить в каком-то другом вузе, а остальную часть он сможет освоить только в данном конкретном учебном заведении.

На IV симпозиуме было достигнуто согласие в том, что Евро-азиатская ассоциация железнодорожных вузов и организаций должна принять более глобальный характер и распространяться на другие виды транспорта. Тем самым она станет еще более влиятельным форумом, который будет привлекать внимание общественности к ключевым проблемам, существующим в транспортной сфере.

Наиболее важные мероприятия с участием ректоров планируется проводить не чаще одного раза в год. Каждое из таких мероприятий будет носить тематический характер и будет посвящено одной из тем, имеющих стратегическое значение для научно-образовательного потенциала в сфере транспорта. Предполагается, что пятый симпозиум пройдет в Казахстане, в Казахской академии транспорта и коммуникаций, а шестой – у нас в Екатеринбурге (2013 год). Будет ли нам что показать своим коллегам, чем их удивить?

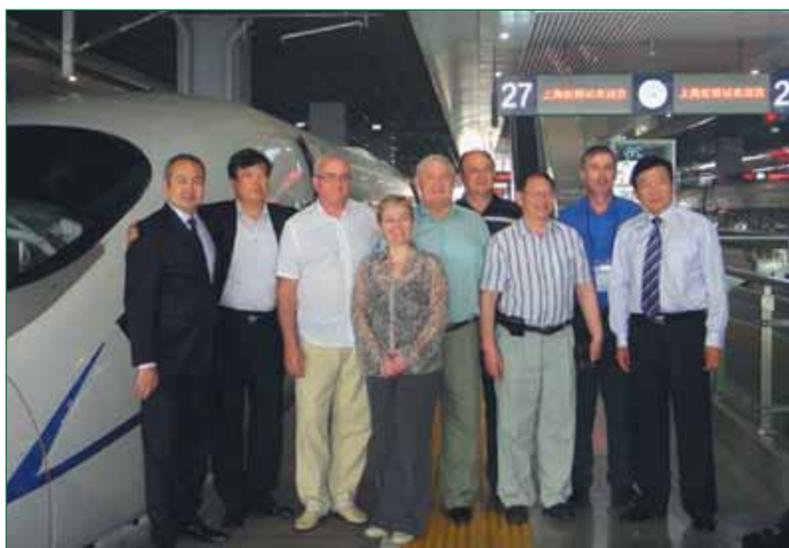


Рис. 9. Участники симпозиума после поездки на высокоскоростном поезде



**Александр
Геннадьевич
Галкин**

доктор технических наук, профессор, академик РАТ, ректор УРГУПС, Екатеринбург



**Семен
Александрович
Митрофанов**

ревизор по безопасности движения поездов службы электрификации и электроснабжения Куйбышевской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», Самара

Статистический анализ адекватности оценки состояния контактной сети в филиалах ОАО «РЖД»

В статье приведены результаты статистической оценки соответствия регламентированной диагностической оценке состояния контактной сети – балльная оценка контактной сети фактическому качеству содержания контактной сети. Приведены количественные оценки адекватности показателей. Сделаны выводы о целесообразности использования выявленных значимых показателей нарушений, последствий нарушений и показателей финансово-хозяйственной деятельности при построении модели комплексного показателя качества содержания контактной сети.

Основные цели и задачи развития электрифицированного железнодорожного транспорта, определенные в «Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 г.», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 17.06.2008 г. № 878-р, требуют от хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» («Э») гарантированного электрообеспечения тяги поездов и обоснованного снижения расходов по содержанию инфраструктуры. Одним из приоритетных направлений в деятельности хозяйства «Э», позволяющим перейти на качественно новый уровень экономической эффективности, является обслуживание и ремонт устройств по результатам диагностики их состояния. Для решения данной задачи в ОАО «РЖД» разработана и 7 апреля 2009 г. утверждена «Программа диагностики наиболее от-

ветственных и дорогостоящих элементов системы тягового электроснабжения» (Программа).

Традиционно устройства электроснабжения подразделяются на несколько классов (отраслей), реализующих более узкие функциональные направленности: контактная сеть (КС), тяговые подстанции (ТП), энергетика систем железнодорожной автоматики и телемеханики (АБ) и специальный самоходный подвижной состав (ССПС) хозяйства «Э». В рамках данных отраслей оцениваются нарушения нормальной работы различной степени тяжести: события (браки); отказы I и II категории, а также последствия нарушений, влияющие на показатели удовлетворенности потребителей: количество задержанных грузовых поездов, количество задержанных пассажирских и пригородных поездов, количество поломок токоприемников и ряд других.

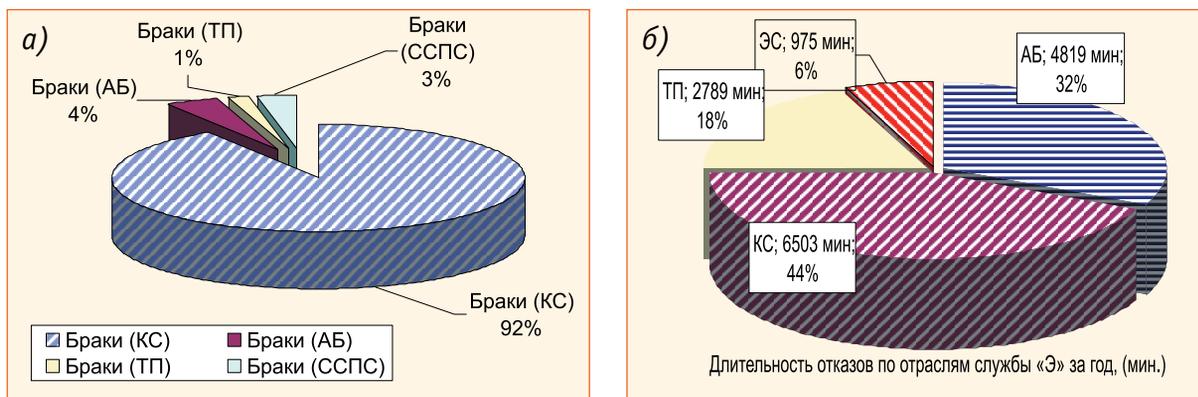


Рис. 1. Диаграмма соотношения процентов событий (браков) по отраслям хозяйства «Э»

Статистические исследования, проведенные авторами статьи по 15 филиалам ОАО «РЖД» за период с 2003 по 2010 г., показали, что с 2008 г. количество нарушений на КС и количество задержек поездов увеличилось до 40 %. За период с 2008 по 2010 г. отрасль КС явилась причиной 92 % всех событий (браков) (рис. 1, а).

Такая же ситуация складывается и на отдельных филиалах ОАО «РЖД». Так, по отрасли КС на Дороге 1 доля событий составляет 83 % от всех событий по хозяйству «Э». Доля отрасли КС по показателю «длительность отказов на КС» составляет 44 % (рис. 1, б), а по показателям последствий нарушений – «время задержки поездов» (всего) – значимость отрасли КС возрастает уже до 75 %.

В Программе наибольшее внимание уделено диагностике КС как наиболее ответственной и нере-

зервируемой части системы электроснабжения тяги поездов. Как известно, диагностика геометрии контактного провода КС производится посредством вагонов-лабораторий ВИКС ЦЭ. Для диагностической оценки качества содержания КС по результатам поездок ВИКС ЦЭ используется показатель «балльная оценка КС». В качестве методики используется «Методика балльной оценки контактной сети», утвержденная указанием МПС от 31.01.2002 г. № М-73у.

Однако практика работы на железных дорогах показывает, что диагностические оценки КС часто не соответствуют фактическому качеству содержания КС. На рис. 3 представлены графики показателя «балльная оценка» по 15 филиалам ОАО «РЖД».

В каждом из диапазонов рисунка для каждого из филиалов представлено по семь значений

показателей «балльная оценка КС» и «количество нарушений КС» за период с 2003 по 2009 г. Например, обозначение СВР3 соответствует данным по Дороге 2 за 2003 г., а последующие данные в диапазоне – показателям за 2004, 2005... 2009 гг. Из графиков видно, что при «отличных» (≤ 50 баллов) значениях показателя «балльная оценка КС» на филиалах дорог могут наблюдаться высокие значения показателя «количество нарушений КС» (Дороги 1–4 и другие), и наоборот, при «удовлетворительных» показателях «балльная оценка КС» может наблюдаться низкое количество нарушений (Дороги 5–7 и ряд других).

Одной из причин данного несоответствия диагностических и эксплуатационных показателей качества содержания КС может являться несовершенство системы

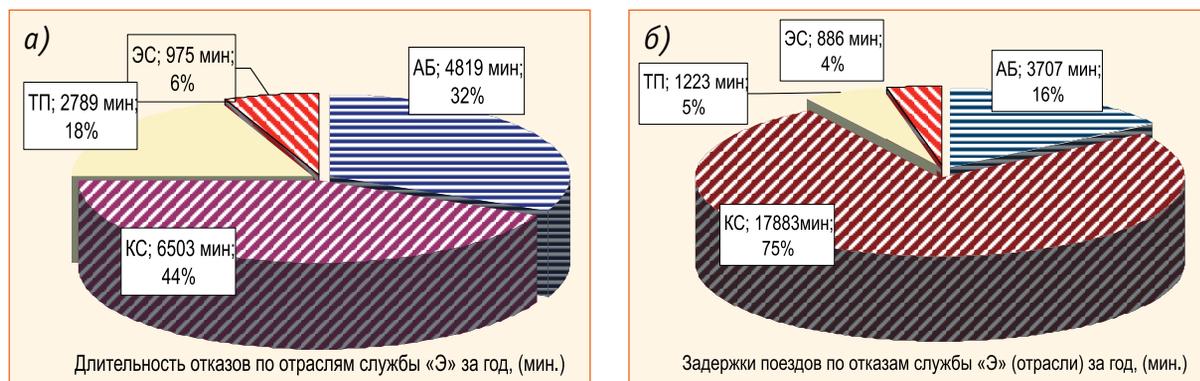


Рис. 2. Диаграмма соотношения процентов нарушений и их последствий по отраслям хозяйства «Э» по филиалу ОАО «РЖД» (Дорога 1), доля ЦЭ ОАО «РЖД»



Рис. 3. Графики показателей «балльная оценка КС» и «количество нарушений КС» по 15 филиалам ОАО «РЖД» за период с 2003 по 2009 гг.

начисления штрафных баллов по замечаниям, формируемым ВИКС ЦЭ. Так, анализ по оценке соответствия замечаний ВИКС ЦЭ, проведенный на филиале ОАО «РЖД» (Дорога 1), показал, что до 68 % из всего количества замечаний не фигурируют в отчетах по регистрации фактических нарушений, но по ним начисляются штрафные

баллы. К данному виду замечаний относятся, например, регистрируемые показатели: «перепады по высоте» (249), «стрела провеса контактного провода» (241) и ряд других (рис. 4). Только 32 % всех замечаний ВИКС ЦЭ по зигзагу, выносу, нажатию фиксаторов могут представлять собой причину потенциальных нарушений на КС. Так, по

результатам отчетности хозяйства «Э» в 2010 г., данные показатели на уровне 15,5 % явились причиной поломок токоприемников.

В то же время фактические поломки токоприемников на воздушных стрелках составляют 26,7 % (табл. рис. 4), хотя замечания по данному типу устройства в явном виде ВИКС ЦЭ не фиксируются.

С целью решения задачи по совершенствованию качества диагностической оценки состояния КС авторами статьи проведен статистический анализ взаимосвязи диагностического показателя «балльная оценка КС» с показателями нарушений, последствий нарушений на контактной сети и с показателями финансово-хозяйственной деятельности, определяющими и регулирующими процесс содержания КС.

Фактическое качество содержания КС формализовано как вектор динамических показателей эксплуатационной работы хозяйства «Э»:



Рис. 4. Обобщенные замечания ВИКС по результатам поездок по одному из филиалов ОАО «РЖД»

$$Y(t) = [\text{Гкс } j(t), \text{Ксоб}(t), \text{Котк } i(t), \text{Tt отк } i(t), \text{Nзад } n(t), \text{Tзад } n(t), \text{Tп пит}(t), \text{Ктпр}(t)], \quad (1)$$

$$X(t) = [\text{Аткм}(t), \text{Vуч}(t), \text{Mп}(t), \text{Nп } n(t), \text{Wэпс}(t), \text{Tатм}(t), \text{Uрег}(t)], \quad (2)$$

где составляющие выражения представляют собой три класса показателей:

- *диагностические оценки*: Гкс $j(t)$ – состояние j -видов геометрических параметров КС, оцениваемое балльной оценкой $B(t)$;
- *показатели нарушений технологических процессов*: Ксоб (t) – количество событий (браков); Котк $i(t)$, Tt отк $i(t)$ – соответственно количество и длительность отказов КС по видам i технических устройств (опоры, провода, воздушные стрелки и т. д.);
- *показатели удовлетворенности перевозок*: Nзад $n(t)$, Tзад $n(t)$ – соответственно количество и время задержанных поездов по n -видам – грузовых, пассажирских, пригородных; Tп пит (t) – время перерывов питания КС; Ктпр (t) – количество поломок токоприемников по вине службы «Э».

Интегрированным и наиболее значимым показателем удовлетворенности перевозок может служить показатель ущерба в поездной работе от задержки грузовых поездов A_y (млн ткм брутто), который может быть определен на основании выражения: $A_y \text{ ткм}(t) = (T_{\text{зад}} \text{ гр}(t) * V_{\text{уч}}(t) * N_{\text{зад}} \text{ гр}(t) * M_{\text{п}}(t))$, где $M_{\text{п}}$ – средний вес грузового поезда, т брутто; $V_{\text{уч}}$ – средняя участковая скорость, км/час.

Фактическое качество содержания (состояния) КС – $Y(t)$ зависит от условий ее эксплуатации $X(t)$ на диагностируемом участке, которые характеризуются вектором динамических показателей:

где Аткм (t) – перевозочная тонно-километровая работа в грузовом движении на участке, млн ткм брутто; $V_{\text{уч}}(t)$ – участковая скорость, км/час; $M_{\text{п}}(t)$ – средняя масса грузового поезда, тонны; $N_{\text{п}}(t)$ – количество обращающихся на участке поездов по n -видам – грузовых, пассажирских, пригородных; $W_{\text{эпс}}(t)$ – тяговое электропотребление поездов; $T_{\text{атм}}(t)$ – атмосферная температура; $U_{\text{рег}}(t)$ – регулирующие факторы, определяющие процесс содержания КС.

Статистический анализ показателей состояния КС, вошедших в выражения (1) и (2), производился с позиции оценки адекватности показателя «балльная оценка КС» фактическому качеству содержания контактной сети, которая в конечном итоге характеризуется показателями удовлетворенности перевозок.

При проведении статистического анализа в качестве методического обеспечения использовались разработки авторов [1, 2, 3, 4] и средства пакета Microsoft Office Excel, пакета STATISTICA 6.0. Выявлено, что законы распределений большинства показателей существенно отличаются от нормального, как правило, подчиняются логарифмически-нормальному закону и имеют левостороннее (до 30 %) смещение модального значения относительно среднего значения (рис. 5). Полученные результаты имеют важное последствие при проведении анализа, при определении вероятности возникновения отказов и их последствий, а также при анализе рисков отказов и их последствий. В расчетах необходимо применять не традиционно используемое среднее значение показателя, а модальное, наиболее вероятное его значение.

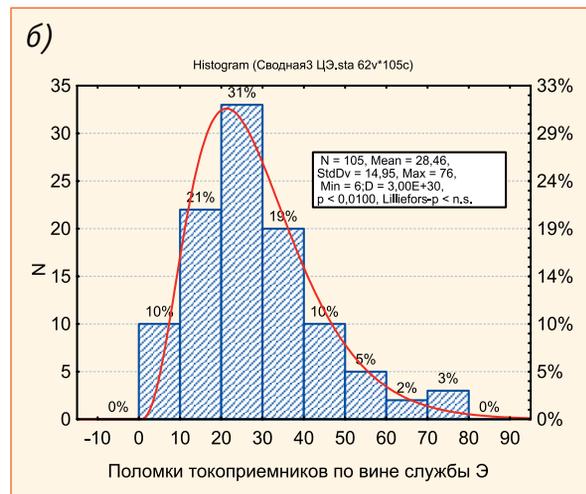
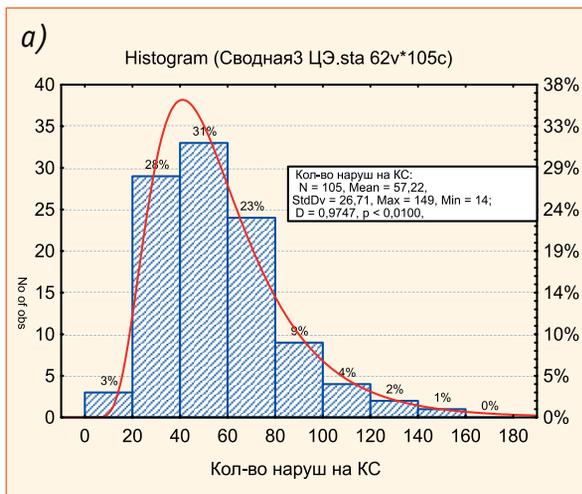


Рис. 5. Гистограммы и теоретические плотности вероятности распределений показателей по 15 хозяйствам «Э» ОАО «РЖД»: а – количество нарушений КС; б – количество поломок токоприемников

Проведенный корреляционный и регрессионный анализ 35 абсолютных и удельных эксплуатационных показателей нарушений и их последствий с показателем «балльная оценка КС» позволил получить количественную оценку степени адекватности последнего. На рис. 6 приведена графическая интерпретация результатов выполненного анализа в виде гистограммы значений коэффициента регрессии, а в табл. 1 приведен сопоставительный анализ числовых значений коэффициента корреляции анализируемого показателя «балльная оценка КС» и показателя «количество нарушений КС».

На рис. 7, а отдельно представлена линейная регрессионная зависимость между показателем «количество нарушений КС» и показателем «балльная оценка КС», а на рис. 7, б – показателем «количество поломок токоприемников» для 15 филиалов ОАО «РЖД».

Из приведенных графических и числовых результатов видно, что действующий диагностический показатель «балльная оценка КС» слабо коррелирован с показателями нарушений и показателями удовлетворенности перевозок. Регрессионная зависимость показателей «количество нарушений КС» и «балльная оценка КС» практически горизонтальна (рис. 7, а), то есть зависимость отсутствует, коэффициент корреляции близок к нулю (-0,05).

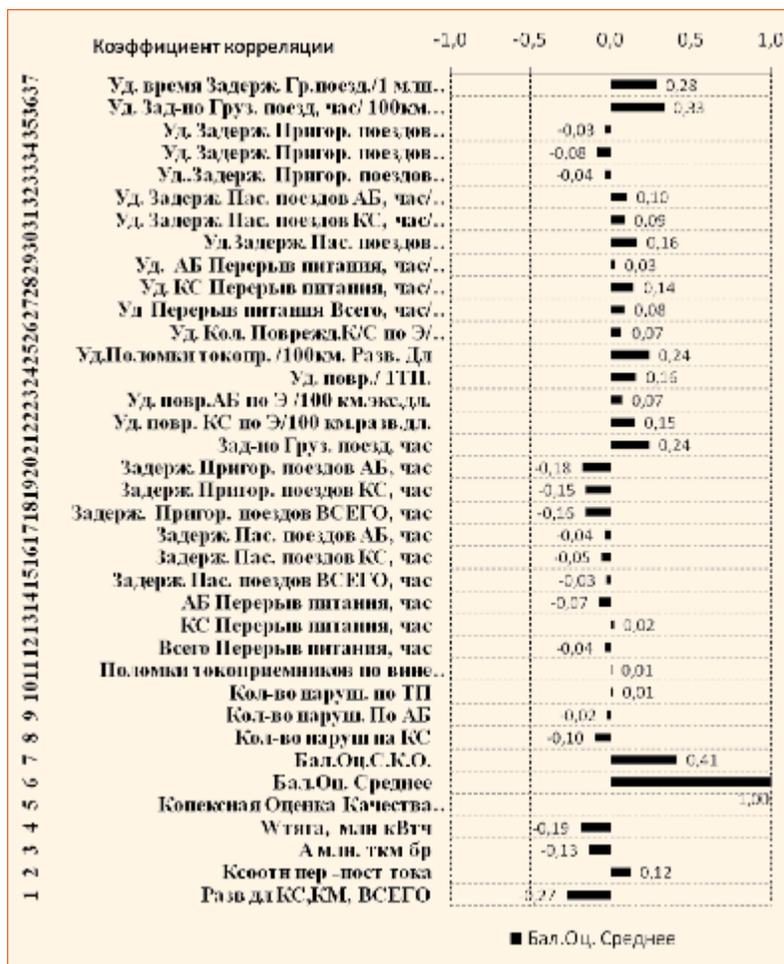


Рис. 6. Гистограмма значений коэффициентов корреляции диагностического показателя «балльная оценка КС» с эксплуатационными показателями, абсолютными и удельными показателями нарушений и их последствий

Несколько выше коэффициент корреляции «балльная оценка КС» с показателем «удельное количество нарушений КС на 100 км развернутой длины КС» – (0,15), но также является незначимым.

Проведенный анализ показал, что рост значений коэффициентов корреляции наблюдается при переходе к удельным показателям, то есть приведенным к 100 км развернутой длины КС (рис. 6).

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции диагностических оценок КС, показателей нарушений и удовлетворенности перевозок

	Кол-во нарушений на КС	Поломки токоприемников	Перерыв питания КС, час	Задержки пассажирских поездов КС, час	Задержки пригородных поездов КС, час	Задержки грузовых поездов, час
Балльная оценка КС	- 0,05	0,01	0,02	- 0,03	- 0,15	0,24
Количество нарушений КС	1,00	0,75	0,46	0,46	0,48	0,18

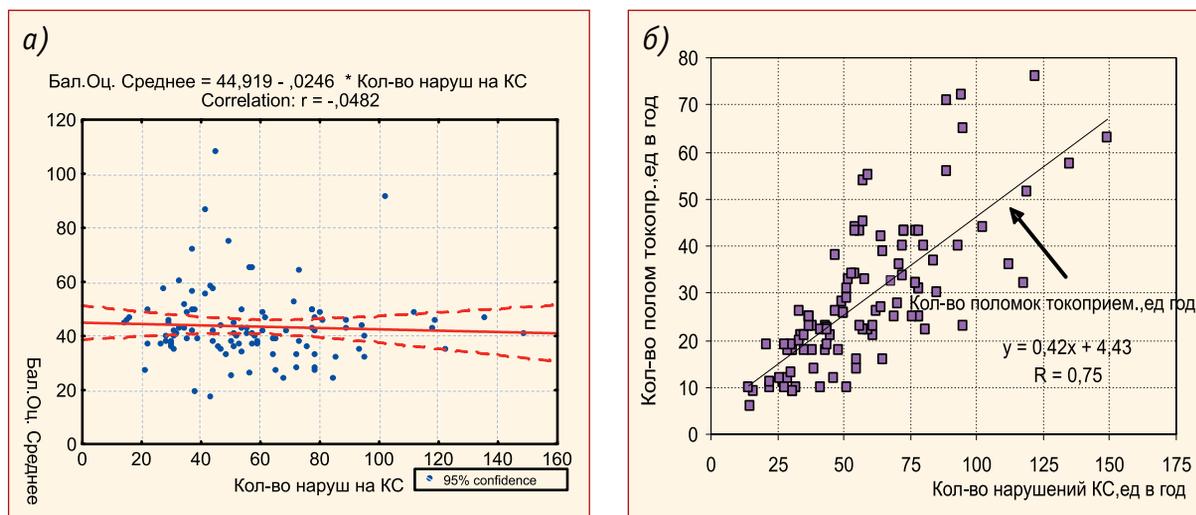


Рис. 7. Оценка степени взаимосвязи между показателем «количество нарушений КС» и показателями: а – «балльная оценка КС»; б – «количество поломок токоприемников»

Проведен статистический анализ диагностического показателя «балльная оценка КС» с факторами, регулирующими процесс содержания КС – $U_{рег}(t)$ (табл. 2).

Выявлена значимая взаимосвязь между показателем «балльная оценка КС» и группой данных факторов (рис. 8). Коэффициент корреляции достигает (-0,42). Характерно наличие отрицательной взаимосвязи данных факторов. Это означает, что чем выше значение финансирования, например по статье «удельные эксплуатационные расходы на 100 км развернутой длины», тем лучше показатель «балльная оценка».

То же относится к показателям «удельное количество обработанных «окон» и «производительность труда». Наблюдающийся положительный коэффициент корреляции показателя «балльная оценка КС» с показателем «затраты рабочей силы на техническое обслуживание и ремонт устройств Э тяги»

(0,29), по-видимому, связан с изменением штатного расписания в хозяйствах «Э» в период с 2003 по 2009 г. и требует дополнительного анализа. Высокий и отрицательный коэффициент корреляции с показателем «% износа основных фондов» объясняется ежегодно увеличивающимися значениями износа по хозяйствам «Э», носит детерминированный характер и при формировании обобщенной оценки может не учитываться.

Формирование КОС КС целесообразно осуществлять в виде многомерного уравнения регрессии вида:

$$Y_t^* = a_{0,t} + a_{1,t}X_{1,t} + a_{2,t}X_{2,t} + \dots + a_{m,t}X_{m,t} + \xi_t$$

где Y_t^* – оценка дискретных значений показателя в дискретные моменты времени t ;

$X_{1,t} \div X_{m,t}$ – дискретные значения эксплуатационных и управляемых показателей;

m – количество используемых факторов в модели;

$a_{0,t} \div a_{m,t}$ – параметры модели.

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции диагностических оценок КС, показателей нарушений и удовлетворенности перевозок с регулирующими факторами

	Удельные затраты на капремонт 1 т. р. КС	Удельные эксплуатационные расходы содержания КС / 100 км разв. дл.	Удельное кол-во обработ. «окон»	Производительность труда по Э	Износ основных фондов Э	Затраты рабочей силы на ТО и ремонт устройств Э тяги
Балльная оценка	-0,05	-0,35	-0,11	-0,07	-0,42	0,29

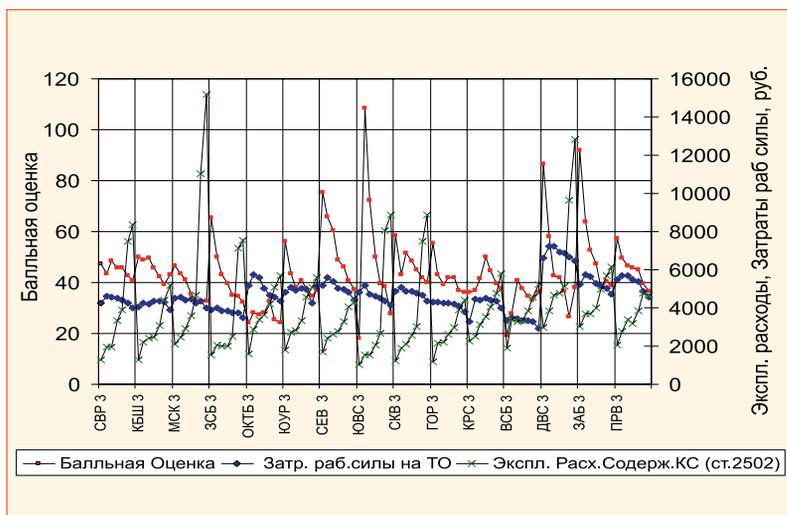


Рис. 8. Графики по 15 филиалам ОАО «РЖД» показателя «балльная оценка» с рядом удельных показателей, регулирующих процесс содержания КС

ВЫВОДЫ

1. Решение задачи по совершенствованию диагностики КС лежит в области выработки улучшенного комплексного показателя качества содержания КС (КОС КС), основанного на корректи-

ровке действующего показателя «балльная оценка КС» путем учета в оценке КОС КС вектора наиболее значимых удельных показателей нарушений, показателей удовлетворенности перевозок, показателей факторов, регулирующих процесс содержания КС.

2. Выявленный стохастический характер диагностических показателей контактной сети, показателей нарушений, показателей последствий нарушений, показателей факторов, регулирующих процесс содержания КС, позволил предположить, что при построении модели комплексного показателя качества содержания КС целесообразно использовать аппарат, основанный на построении и решении многомерных линейных уравнений регрессии.

3. Построение модели комплексного показателя качества содержания КС с использованием факторов, регулирующих процесс содержания КС удельных значений $U_{рег}(t)$, позволит нормировать и прогнозировать оптимальные финансовые и трудовые затраты при установке и достижении целевых показателей качества содержания контактной сети.

Список литературы

1. Ефимов А. В., Галкин А. Г. Надежность и диагностика систем электроснабжения железных дорог : учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М. : УМК МПС, 2000. – 510 с.
2. Галкин А. Г. Теоретические принципы построения модели риск-анализа процессов содержания объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» / А. Г. Галкин, С. А. Митрофанов // Известия Академии управления: теория, стратегия, инновации : теоретический и научно-методический журнал. – Самара : Изд-во «Самарский муниципальный институт управления», 2011. – № 3 (15). – С. 65–76.
3. Галкин А. Г. Методика проведения риск-анализа и прогнозирования показателей качества состояния контактной сети / А. Г. Галкин, С. А. Митрофанов и др. // Вестник Самарского муниципального института управления : теоретический и научно-методический журнал. – Самара : Изд-во «Самарский муниципальный институт управления», 2011. – № 6 (17). – С. 28–37.
4. Митрофанов С. А. Прогнозирование отказов и браков контактной сети на участках железных дорог по оценке ее балльного состояния / М. А. Гаранин, С. А. Митрофанов // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса. Материалы IV Международной научно-практ. конференции, СамГУПС. – Самара, 2008. – С. 160–163.
5. Митрофанов С. А. Анализ и проблемы использования методики возникновения и предупреждения происшествий и событий на контактной сети / А. Н. Митрофанов, С. А. Митрофанов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы проектирования и эксплуатации контактных подвесок и токоприемников электрического транспорта», ОМГУПС, 25–26 мая 2011 г. – Омск, 2011. – С. 101–109.



**Валерий
Васильевич
Харин**

кандидат технических наук, академик РАТ, заместитель директора по научной работе и инновационному развитию Курганского института железнодорожного транспорта (КИЖТ УрГУПС), Курган



**Александр
Константинович
Остапчук**

кандидат технических наук, заведующий кафедрой общепрофессиональных дисциплин Курганского института железнодорожного транспорта (КИЖТ УрГУПС), Курган

Обеспечение качества поверхностей деталей транспортных машин на основе теории детерминированного хаоса

Изменения в обрабатывающей технологической системе происходят настолько интенсивно, а их качественные проявления бывают столь неожиданными, что для анализа и прогнозирования выходных параметров, то есть качества обработки, требуется разработка новых аналитических и вычислительных подходов, берущих свое начало в различных областях человеческих знаний, и это стало насущной практической необходимостью. Стало необходимо изучение динамических процессов, происходящих в необратимых многокомпонентных адаптивных системах, исследование причин и механизмов возникновения новых режимов и структур, прогнозирование вероятных изменений системы с целью обеспечения возможности управления неожиданными динамическими режимами, возникающими в сложных системах. Правила, управляющие сложными адаптивными системами, коренным образом отличаются от тех, по которым функционируют равновесные системы и которые являются основой традиционных классических методов анализа.

В теории сложных систем исследуются главным образом нелинейные системы с обратной связью, когда информация с выхода системы подается на вход и становится следующим набором входных данных. Технологическую обрабатывающую систему можно отнести к таким системам. Последние годы ознаменовались повышенным интересом к поиску нелинейных моделей, которые могли бы адекватно воспроизводить сложные паттерны динамических процессов, поскольку уже стало ясно, что линейный подход к анализу выходных параметров не позволяет смоделировать сильно нерегулярное поведение, характерное для большинства технологических обрабатывающих систем. Существует несколько конкурирующих подходов, использующих идею нелинейности. Традиционные модели являются стохастическими. Однако те ограничения, которые используются при построении модели с целью сделать ее пригодной для практического

Традиционные модели управления обрабатывающей системой и аналитические методы анализа точностных показателей и прогнозирования все чаще наталкиваются на проблемы, не имеющие эффективного решения в рамках устоявшихся вариантов. Традиционные, классические подходы были разработаны для описания относительно устойчивых процессов, которые не сильно отклоняются от состояния равновесия. В результате проведенных исследований установлено, что поведение технологической системы подчиняется законам теории динамического хаоса. Полученные в процессе экспериментальных исследований показатели Херста и Ляпунова свидетельствуют о невозможности долгосрочного прогноза временного ряда на длительный период (10–15 деталей).

использования, по сути дела, уничтожают внутреннюю «сложность», которая присуща рассматриваемому динамическому процессу.

В связи с этим в последнее время интенсивно развивается альтернативный подход к анализу нелинейностей, а именно подход, базирующийся на теории детерминистического хаоса. Детерминированный хаос предлагает поразительное объяснение нерегулярного поведения и аномалий в системах, которые не являются стохастическими. Теория хаоса предлагает совершенно новые концепции и алгоритмы для анализа временных рядов, анализа, который может привести к более полному пониманию природы сигналов. Эта теория представляет широкий выбор мощных методов, включая восстановление аттрактора в фазовом пространстве, вычисление показателей Ляпунова, обобщенных размерностей и энтропий, нелинейное предсказание и редукцию шумов, а также статистические тесты на нелинейность [1–6].

Последние годы ознаменовались растущим интересом к поиску моделей нелинейного поведения временных рядов. Это объясняется тем, что нелинейные модели могут улавливать очень сложные паттерны во временных рядах.

Временным рядом обычно называется последовательность событий, наблюдаемых через некоторые, как правило, равные интервалы времени. Применительно к обработке на станках с ЧПУ это может быть текущее значение контролируемого параметра (параметры качества поверхностного слоя). Далее, говоря о временном ряде, будем подразумевать последовательность значений контролируемого параметра [7].

Главная идея применения методов хаотической динамики к анализу временных рядов состоит в том, что основная структура хаотической системы, содержащая в себе всю информацию о системе, а именно аттрактор динамической системы (подмножество фазового пространства, притягивающее траектории в пределе бесконечного времени), может быть восстановлена через измерение только одной наблюдаемой характеристики этой динамической системы, фиксированной как временной ряд. Согласно методу Грасбергера и Прокачки, процедура реконструкции фазового пространства и восстановления хаотического аттрактора системы при динамическом анализе временного ряда сводится к построению так называемого фазового пространства. Предположим, что данный временной ряд порожден некоторой хаотической динамической системой и m – наименьшая размерность фазового пространства, в которое можно погрузить реальный аттрактор динамической системы. Тогда посредством временного ряда $x_n, n = 1, 2, \dots, N$ «восстановленный» аттрактор формируется из векторов $Y_n = (X_n, X_{n-1}, \dots, X_{n-(m-1)})$ в m -мерном пространстве, называемом фазовым пространством изучаемого

временного ряда. Если временной ряд действительно является наблюдаемой «проекцией» стоящей за ним хаотической динамической системы, то согласно теореме Такенса, реальный аттрактор динамической системы и «аттрактор», восстановленный в фазовом пространстве по временному ряду, согласно указанному выше правилу, при адекватном подборе размерности вложения m , являются топологически эквивалентными и обладают одинаковыми обобщенными фрактальными размерностями, показателями Ляпунова и другими численными характеристиками. Если же анализируемый временной ряд является реализацией случайного процесса, то восстановленный «псевдоаттрактор» представляет собой бесструктурное облако точек, которое при последовательном бесконечном увеличении размерности вложения фазового пространства m , подобно газу, заполняет весь предоставленный ему объем (рис. 1).

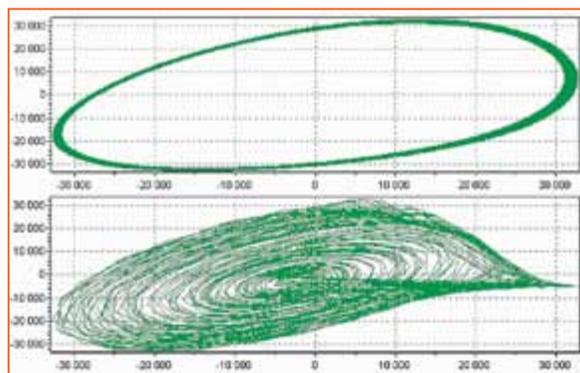


Рис. 1. Фазовые портреты системы в 2D-пространстве

Один из тестов, применяемых на практике для выяснения наличия хаотической детерминированности в изучаемом ряде экспериментальных данных, состоит в изучении свойств корреляционной суммы $C_m(R)$ и поведения корреляционной размерности $D(m)$ в зависимости от размерности вложения m . Корреляционная сумма $C_m(R)$ – это вероятность того, что пара точек на восстановленном аттракторе в m -мерном фазовом пространстве находится в пределах расстояния R друг от друга. Если график функции $\log C_m(R)$ относительно $\log R$ имеет отчетливо выраженный линейный участок, это указывает на самоподобную геометрию аттрактора, что в свою очередь говорит о хаотической детерминированности. Корреляционная размерность вычисляется как средний наклон указанного выше графика, а ошибка вычисления берется как половина разницы максимального и минимального наклона. При увеличении размерности вложения корреляционная размерность увеличивается. Однако для хаотических данных корреляционная размерность будет в конечном счете насыщаться при ее истинном значении. Для случайных

данных такого насыщения не наблюдается, и корреляционная размерность растет монотонно. Чтобы объяснить такое поведение корреляционной размерности, заметим, что в рамках метода Грасбергера и Прокаччи корреляционная размерность для реальных хаотических систем является хорошим приближением для фрактальной размерности странного аттрактора. Фрактал, вложенный в пространство с более высокой размерностью, сохраняет свою истинную размерность из-за нелинейных корреляций между точками. Поэтому для детерминированного хаотического временного ряда корреляционная размерность сходится к ее истинному значению. В то же самое время для случайной последовательности, как уже отмечалось выше, точки восстановленного «псевдоаттрактора» образуют бесструктурное облако в фазовом пространстве вне зависимости от его размерности.

Эта величина корреляционной размерности, отражая степень взаимного влияния соседних точек графика друг на друга, играет важную роль в теории информации и в других областях современной науки. Рассмотрим, например, две временные последовательности, представляющие собой точечные диаграммы тестовых партий деталей при различных режимах обработки.

Для вычисления корреляционной размерности аттрактора динамической системы, которая, возможно, «управляет» ее динамикой, следует строить фазовое пространство по детрендированным логарифмам размеров. Результаты вычисления корреляционных размерностей в зависимости от размерности фазового пространства представлены на рис. 2.

Для исследования хаотического поведения и фрактальной структуры проводилось вычисление показателя Херста H (метод нормированного размаха). Показатель Херста $H = H(m)$, характеризующий

фрактальную размерность рассматриваемого временного ряда, получаем из соотношения $R/S = (a \cdot m)^H$, $H = H(m)$. Логарифмируя обе части этого равенства и полагая значение $a = 1/2$, получаем последовательность декартовых координат (x_i, y_i) точек H -траектории, ординаты которых $y_m = H(m) = \log(R(m)/S(m))/\log(m/2)$ и абсциссы $x_m = m$, $m = 3, 4, \dots, n$. Требуемая для фрактального анализа ряда R/S -траектория представляется в логарифмических координатах последовательностью точек, абсциссы которых $x_m = \log(m/2)$, а ординаты $y_m = \log(R(m)/S(m))$. Соединяя отрезком соседние точки (x_m, y_m) и (x_{m+1}, y_{m+1}) , $m = 3, 4, \dots, n-1$, получаем графическое представление R/S -траектории (H -траектории) в логарифмических координатах (в обычных декартовых координатах).

Временные последовательности, для которых H больше 0,5, относятся к классу персистентных – сохраняющих имеющуюся тенденцию. Для процесса с $H > 0,5$ тенденция к увеличению в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем и наоборот. Чем больше H , тем сильнее тенденция.

Значения H в окрестности $0,4 < H < 0,6$ определяют собой область, которая соответствует «хаотичному поведению» временного ряда и, следовательно, наименьшей надежности прогноза. При $H = 0,5$ никакой выраженной тенденции процесса не выявлено, и нет оснований считать, что она появится в будущем. Случай $H < 0,5$ характеризуется антиперсистентностью: рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а тенденция к уменьшению в прошлом делает вероятным увеличение в будущем.

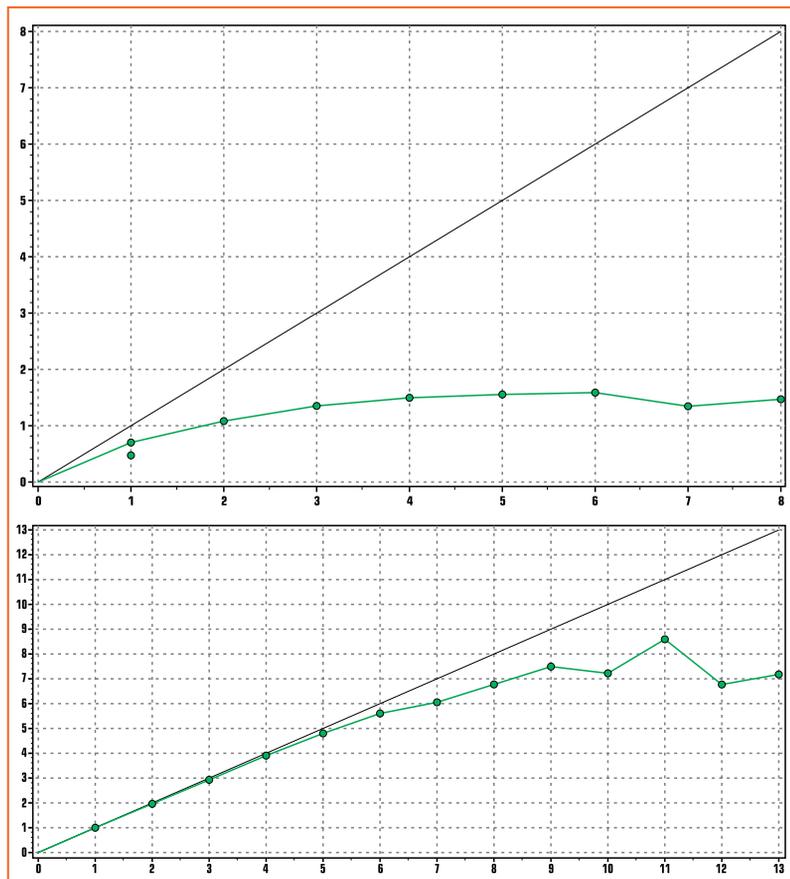


Рис. 2. Зависимость корреляционной размерности от размерности вложения для деталей, обработанных на токарном станке с ЧПУ ($V = 153$ м/мин)

И чем меньше H , тем больше эта вероятность. В таких процессах после возрастания переменной обычно происходит ее уменьшение, а после уменьшения – возрастание.

Пребывание значения H в окрестности $0,3 \pm 0,1$ соответствующего отрезка временного ряда говорит о присутствии рассматриваемому отрезку временного ряда свойстве антиперсистентности, которое означает, что временной ряд реверсирует чаще, чем ряд случайный (частый возврат к среднему).

Утверждение о том, что временной ряд обладает долговременной памятью, можно обосновать также с помощью процедуры перемешивания элементов этого временного ряда. Если в данном временном ряду случайным образом перемешать его элементы и полученный ряд представить на вход алгоритма R/S -анализа, то на выходе этого алгоритма максимальное значение показателя Херста и H -траектории окажется явно меньше по сравнению со значениями H для исходного временного ряда в случае, если этот временной ряд обладает долговременной памятью (рис. 3).

В настоящем исследовании также вычислялось значение показателя Ляпунова. Как хорошо известно, наличие положительного показателя Ляпунова отражает чувствительную зависимость динамической системы от начальных данных, что является одним из главных

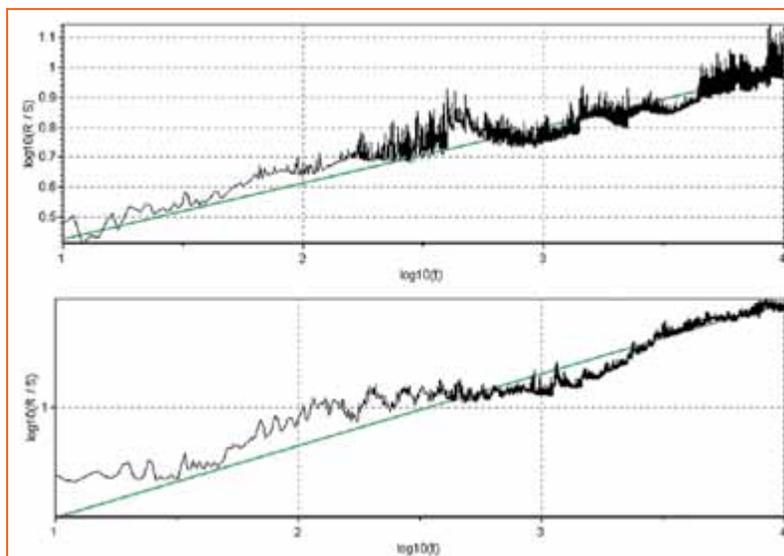


Рис. 3. Показатели Херста для тестового примера

признаков детерминированного хаоса. Именно это свойство ответственно за нерегулярное поведение детерминированных хаотических систем, которое часто по «внешним» проявлениям интерпретируется как случайное, на самом деле отнюдь не являясь таковым. С показателем Ляпунова непосредственно связан горизонт предсказуемости хаотической системы: за время, обратно пропорциональное показателю Ляпунова, система полностью теряет информацию о своем начальном состоянии. Таким образом, прогноз динамики хаотической системы на временах, больших горизонта предсказуемости, в принципе невозможен.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что поведение технологической системы подчиняется законам теории динамического хаоса. Полученные в процессе экспериментальных исследований показатели Херста и Ляпунова позволяют сделать заключение о невозможности долгосрочного прогноза временного ряда на длительный период (10–15 деталей). Повышение глубины прогноза может быть достигнуто посредством изменения начальных условий, то есть переводом технологической системы к классу персистентных – сохраняющих имеющуюся тенденцию.

Список литературы

1. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение. – М. : Мир, 1988. – 240 с.
2. Мун Ф. Хаотические колебания. – М. : Мир, 1990. – 312 с.
3. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности / П. Берже, И. Помо, К. Видаль. – М. : Мир, 1991. – 368 с.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М. : Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
5. Characterization of strange attractors / P. Grassberger, I. Procaccia // Phys. Rev. Lett. – 1983. – 48.
6. Остапчук А. К., Овсянников В. Е. Применение теории фракталов в математическом моделировании и технике : учебное пособие для аспирантов. – Курган : Изд-во КГУ, 2009. – 76 с.
7. Остапчук А. К. Метод оценки погрешности формы деталей гидравлических систем транспортных машин / А. К. Остапчук, В. Е. Овсянников, Е. Ю. Рогов // Транспорт Урала. – 2011. – № 2 (29) – С. 38–40.



**Дмитрий
Германович
Неволин**

доктор технических наук, профессор УрГУПС, Екатеринбург



**Алексей
Александрович
Демин**

аспирант кафедры «Информационные технологии и защита информации» УрГУПС, Екатеринбург

Организация информационного обеспечения светофорного хозяйства крупных городов

Мы проходим тот же путь автомобилизации, который прошли многие города мира 20–30 лет назад, и те решения по снижению вредного воздействия миром давно отработаны. Действующие в настоящее время в России автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУД) устарели и не позволяют работать в адаптивном режиме управления, гибко реагировать на изменение дорожно-транс-

портной ситуации. Отсутствует глубокая диагностика периферийных технических средств регулирования, не реализована в полном объеме организация приоритетного пропуска транспорта. Применяемые протоколы обмена не позволяют использовать стандартные решения для организации линий связи, а также использовать разнородное оборудование различных производителей.

Переход от одного уровня автомобилизации к другому подразумевает не только количественные, но и качественные изменения в сообществе. Показатель насыщенности легковым транспортом в России, особенно в крупных городах, стремительно приближается к показателю развитых стран. Одновременно с ростом количества легковых автомобилей происходит увеличение интенсивности их использования, особенно для трудовых и деловых поездок. Улично-дорожная сеть (УДС) города не в состоянии обеспечить пропуск возросших транспортных потоков.

С учетом достигнутого уровня автомобилизации УДС перегружена более чем в два раза. Показателем этого является снижение скорости сообщения как на автомобильном, так и на общественном транспорте.

Рассмотрим дорожную сеть Екатеринбурга. Каждый уважающий себя город стремится ор-

ганизовать центр управления дорожным движением. Дорожная сеть Екатеринбурга состоит из 440 светофорных объектов, 170 перекрестков в единой расчетной системе, организованной на жесткой календарной автоматике (вне зависимости от дорожной ситуации система работает запланированно). В Екатеринбурге общая длина дорог с асфальтовым

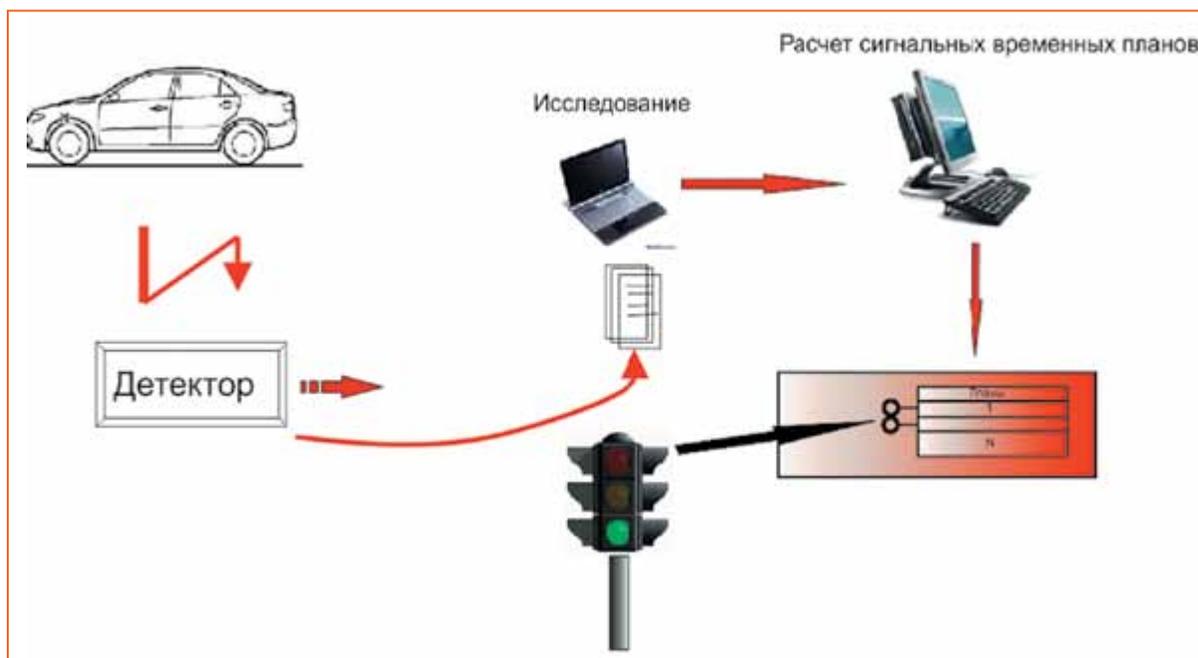


Рис. 1. Вариант расчета планов координации

покрытием составляет 800 км. Общая длина пробок, по данным веб-сайта www.yandex.ru, в час пик на 16 марта 2011 г. составила 72 км (порядка 9 % от общей длины дорог).

Для решения данной проблемы необходимо:

- 1) повысить эффект пропуска транспорта в существующей улично-дорожной сети за счет правильных расчетов планов координации и дать рекомендации по правильному проектированию УДС, если возможно ее изменить;
- 2) оптимизировать движение транспорта на смежных улицах для снижения их загруженности и повышения пропускной способности;
- 3) дать рекомендации по улучшению информативности транспортных служб и водителей о дорожном состоянии, по модернизации или замене действующих в настоящее время средств автоматизации и аварийной сигнализации для обеспечения их работы в рамках современной системы на потенциально важных участках городских дорог.

Для начала необходимо оптимизировать существующую систему с минимальными затратами, не переходя на системы более высоких поколений. Определим возможные перспективы развития комплексной системы управления дорожным движением. Технические решения, принимаемые при разработке комплексной системы, должны отвечать принципу открытости и дальнейшего развития, исходя из перспективы увеличения количества объектов автоматизации и включения в состав общегородской си-

стемы. При проектировании должны использоваться решения, позволяющие за счет наращивания вычислительной мощности входящих в состав средств сбора данных, средств передачи данных и информации, вычислительного и управляющего комплекса, перехода на использование сетевого оборудования с большой пропускной способностью, увеличения числа каналов и других подобных мер обеспечить дальнейшее развитие системы без ее кардинальной переработки.

Светофор – исполнительный элемент управления движения транспортным потоком. Ничто так не управляет транспортными потоками, как светофор. Для сбора входной статистики требуется человек или используются технические средства сбора информации. Затем собранная входная информация о транспортных потоках переводится в формат, удобный для использования в расчете алгоритма оптимизации планов переключения сигналов светофора (рис. 1).

Фиксированные планы времени – это predetermined signal plans, зависящие от соответствующих транспортных условий. Для оценки эффективности проведения натурного исследования необходимо зафиксировать состояние УДС до изменения планов переключения. Далее следует построить зависимости, определить степень насыщения, пропускную способность, показатели исследуемого участка или УДС.

Основные факторы, оказывающие влияние на установку фиксированных временных планов:

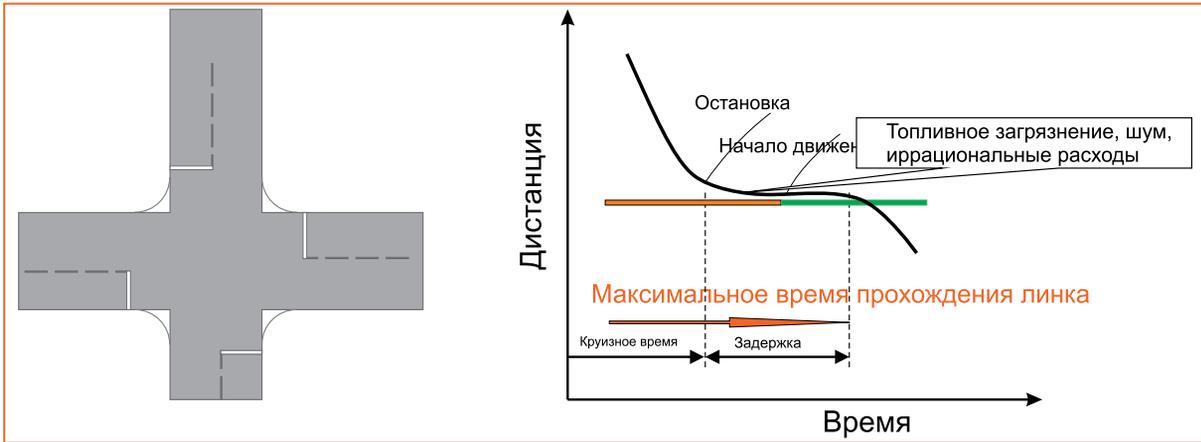


Рис. 2. Временной график прохождения «линка»

- методы исследования транспортных потоков;
- скорость или время прохождения участка;
- слияния потоков;
- поток насыщения.

Недостатки данной системы в том, что она не может адаптироваться и менять фиксированные временные планы согласно изменениям транспортной ситуации (дорожной аварии, программного сбоя или различных нестандартных ситуаций). Однако можно сохранить план переключения в исто-

рии с привязкой ко времени, дню недели, событию и т. д.

Любая дорожная сеть представлена узлами, входными потоками и «линками». Общепринятый термин «дорожная сеть» (ДС) – это совокупность участков дорог, объединенных по административному или географическому признаку. Узел дорожной сети – это и есть перекресток, «линк» – участок между перекрестками. Главная мера оптимизации – это время прохождения перекрестка, которое состоит из круизного времени и задержки (рис. 2).

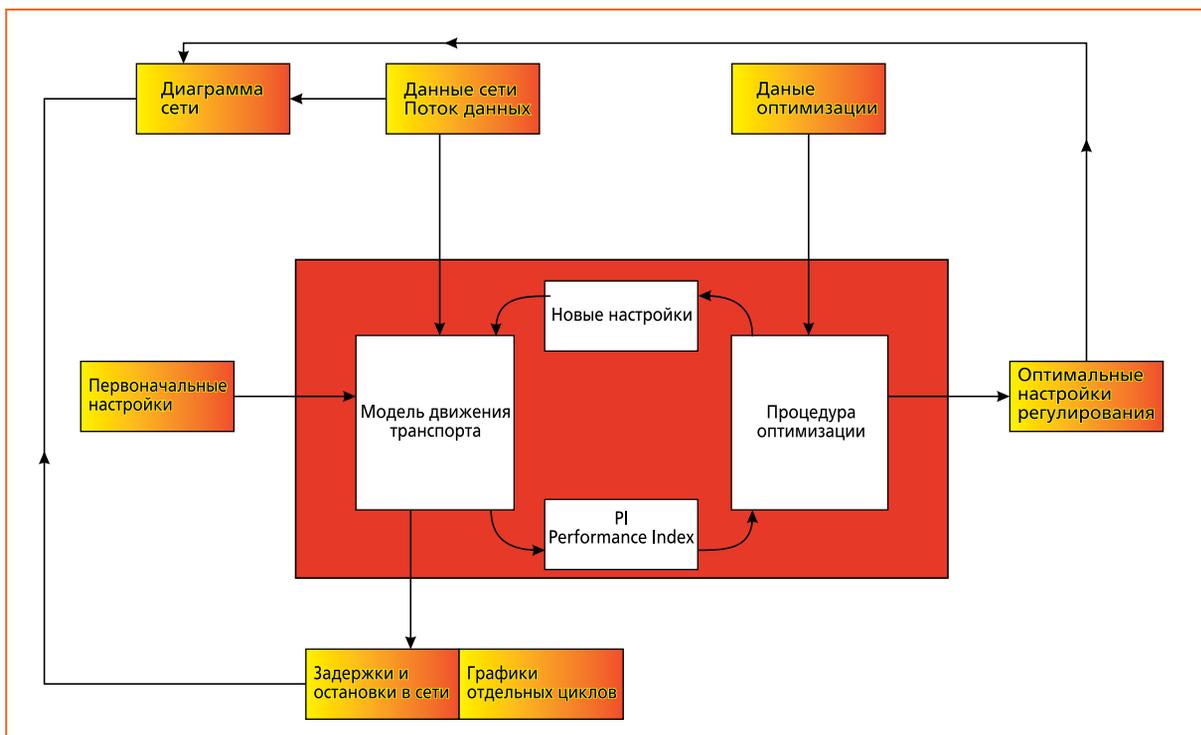


Рис. 3. Структура offline-алгоритма

С помощью offline-алгоритма (рис. 3) модернизируется существующая сеть транспортного потока. Это может быть УДС города, района, зоны.

Автоматизация может применяться на следующих этапах:

- 1) на этапе сбора информации о транспортных потоках;
- 2) на этапе принятия решения, при расчете управляющих параметров и выборе периода их действия;
- 3) на этапе доведения управляющих параметров до технических средств регулирования светофорных объектов.

Рассмотрим основные этапы оптимизации:

1 этап – этап сбора информации. Обследование транспортных потоков, определение исходного состояния сети.

Суть метода заключается в проведении комплексного обследования транспортных потоков в городе или его части, в ходе которого собираются статистические данные о передвижении участников дорожного движения по городу в зависимости от времени суток, дней недели, выявляются основные

транспортные потоки и «узкие места» в транспортной сети города.

2 этап – принятие решения или математическое моделирование.

Работы на этом этапе позволяют с помощью имеющегося в нашем распоряжении лицензионного программного продукта и собранных статистических данных математически точно рассчитать оптимальные скоординированные режимы работы светофорных объектов.

3 этап – доведение управляющих параметров до технических средств регулирования (светофорных объектов).

Для регулирования дорожного движения в крупном городе разрабатываются автоматизированные системы управления движением транспорта с применением ЭВМ. В проектировании АСУД необходимо определиться с типом светофорного объекта, видом контроллера и каналом связи, а также выбрать детектор транспорта.



ООО «Инновационный научный центр Академии транспорта» (ИНЦАТ)

Учредители: Уральский государственный университет сообщения,
Российская академия транспорта

Научно-исследовательская и внедренческая деятельность:

- испытания технических средств железнодорожного транспорта;
- виртуальная инженерия;
- моделирование токоприемника и контактной подвески;
- испытания прочностных и динамических характеристик вагона;
- моделирование взаимодействия колеса с рельсом.

Контактная информация:

Директор: Юрин Сергей Владимирович.
Адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, корп. Б.
Тел.: 8 (343) 382-74-98. E-mail: ICSAT@yandex.ru

**Российская академия транспорта
и Уральский государственный университет путей сообщения –
единство инновационных решений**

Испытательный центр технических средств железнодорожного транспорта

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения»

Испытательный центр технических средств железнодорожного транспорта создан в 2011 году на базе УрГУПС. Одной из главных задач центра является предоставление организациям и частным лицам платных услуг по определению качества, надежности и безопасности технической продукции.

Центр проводит контроль и испытания продукции на соответствие требованиям регламентов, национальных стандартов, технических условий и других нормативных документов.

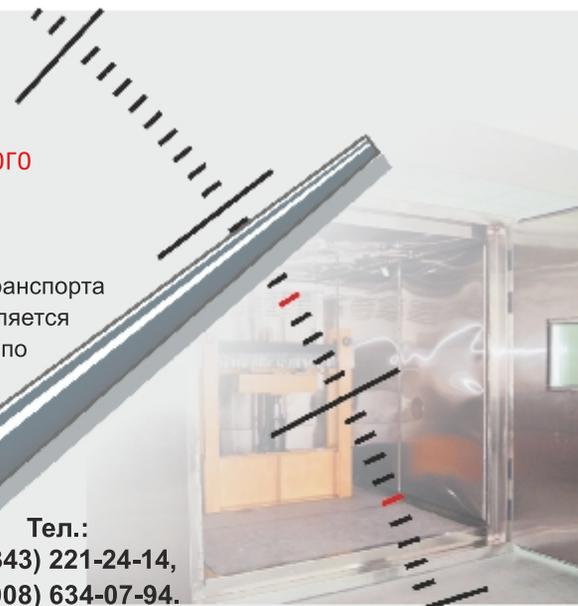
ИЦ ТСЖТ УрГУПС оказывает консультационные, производственные, образовательные и научно-исследовательские услуги в области своей деятельности.

**ИЦ ТСЖТ
УрГУПС**

Тел.:
(343) 221-24-14,
+7 (908) 634-07-94.

E-mail: icts@bk.ru

Руководитель ИЦ ТСЖТ УрГУПС –
к. т. н. Иванов Николай Леонидович



*Уральскому государственному
университету
путей сообщения
55 лет!*



С нами к успеху!

620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

Тел. приемной комиссии: (343) 358-46-48

www.usurt.ru