

экологической обстановки в стране, городах и других населенных пунктах.

особой системе оценки ее пороговых значений и особой форме управления ею.

## Заключение

Рассматриваемая в статье в качестве одного из важнейших элементов безопасности транспортной инфраструктуры экологическая безопасность отражает, во-первых, безопасность личности, хозяйственных субъектов, государства в целом, во-вторых, всеобщий, достаточный и надежный доступ к инфраструктуре по справедливым ценам, в-третьих, ее инновационность и комплексность, необходимую для поддержания конкурентоспособности экономики, в-четвертых, финансово-экономическую безопасность самой инфраструктуры. Общие проблемы экологической безопасности нуждаются в

## Библиографический список

1. **Транспортно-коммуникационная** инфраструктура: значение для международного разделения труда и научно-технического прогресса. Интеграционные интересы России / И. М. Могилевкин. – М. : ИМЭМО РАН, 2006. – 369 с.
2. **Государственная** экономическая политика и экономическая доктрина России. – М., 2008. – С. 1034.
3. **Экономическая** безопасность России / ред. В. К. Сенчагов. – М. : БИНОМ, 2011. – 816 с.
4. **Энергетическая** стратегия России на период до 2020 года: мониторинг и перспектива / А. А. Троицкий // Энергия: экономика, техника, экология. – 2007. – № 11. – С. 8–15.

УДК 625.1.004.94

**И. М. Кокурин, В. С. Тимченко**

Институт проблем транспорта РАН им. Н. С. Соломенко

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ «УЗКИХ МЕСТ», ОГРАНИЧИВАЮЩИХ ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Статья содержит описание метода получения с помощью существующих информационных систем данных о временных параметрах продвижения грузовых поездов по обследуемым железнодорожным направлениям, метода пропуска испытательных грузовых поездов для определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность, при современных объемах перевозок и существующем техническом оснащении и метода имитационного моделирования процессов железнодорожных перевозок для определения «узких мест» при прогнозируемых объемах перевозок и развитии технического оснащения.

железнодорожный транспорт, пропускная способность, методы определения ограничений.

## Введение

По данным Ассоциации морских торговых портов [1], объем железнодорожных перевозок в адрес морских портов увеличился с 413,3 млн т в 2007 до 535,5 млн т в

2011 году, а в первом полугодии 2012 составил 271,3 млн т, что на 5,4% больше, чем за аналогичный период 2011 года.

Техническое состояние сети железных дорог РФ не позволяет освоить существующие, а тем более перспективные объемы

перевозок, поэтому необходимо проведение дорогостоящих реконструктивных мероприятий.

В настоящее время протяженность «узких мест» по пропускной способности составляет 8,3 тыс. км, или около 30% протяженности основных направлений сети железных дорог, обеспечивающих около 80% всей грузовой работы [2].

Для экономии инвестиций предлагаются методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность при существующих и перспективных объемах перевозок, и обоснования мероприятий по их поэтапному устранению.

## **1 Метод получения информации о временных параметрах продвижения грузовых поездов**

Первоочередной проблемой является получение информации о временных параметрах продвижения грузовых поездов по обследуемым железнодорожным направлениям.

Формы статистической отчетности не содержат информации о моментах времени проследования станций грузовыми поездами. Из множества железнодорожных информационных систем может быть использована система СИРИУС, которая позволяет получать эту информацию, но только для тех станций, с которых предусмотрена передача. Кроме того, эта информация остается доступной пользователям только на короткий промежуток времени после проследования поезда. Поэтому приходится вручную дополнять эту информацию данными из системы ГИД-Урал, позволяющей получать длительно хранимую информацию о проследовании поездами всех станций обследуемого направления, но только в пределах одной железной дороги.

Для математической обработки получаемых данных использовались электронные таблицы Microsoft Excel, с помощью которых вычислялись длительности стоянок поездов на станциях, технические, участковые

и маршрутные скорости движения испытательных поездов. При этом важно отметить, что получаемые величины не усреднялись по всем пропущенным поездам. Это позволило выявлять длительные стоянки и низкие скорости отдельных поездов, которым соответствуют «узкие места», ограничивающие пропускную способность.

## **2 Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность**

На этой информационной основе для определения «узких мест» в условиях реализуемых размеров движения и существующего состояния инфраструктуры разработан метод мониторинга параметров движения испытательных грузовых поездов. А для перспективных размеров движения, предлагаемых вариантов организации перевозок и реконструкции инфраструктуры – метод имитационного моделирования движения грузовых поездов [3]. Оба метода испытывались на железнодорожном направлении Кузбасс–Лужская.

На рисунках 1 и 2 представлены максимальные простои испытательных поездов на всех станциях рассматриваемого железнодорожного направления. Ранжирование этих величин в порядке убывания позволило определить станции, в наибольшей степени ограничивающие пропускную способность: Гатчина-Товарная-Балтийская, Волховстрой-2, Свердловск-Сортировочный, Ишим, Россолово, Фрезерный, Ишим, Терентьев, Шаля, Буй, Бабаево, Волховстрой-1, Пороги и т. д.

При минимальных технических скоростях движения испытательных поездов по перегонам определяются технические станции, задерживающие прием поездов. На рисунках 3, 4 и 5 представлены доли испытательных поездов, имеющих технические скорости менее 20 км/ч, на перегонах Горьковской, Северной и Октябрьской железных дорог.

На Горьковской дороге прием грузовых поездов более всего задерживают станции



Рис. 1. Максимальные простои поездов на станциях рассматриваемого железнодорожного направления (в минутах)

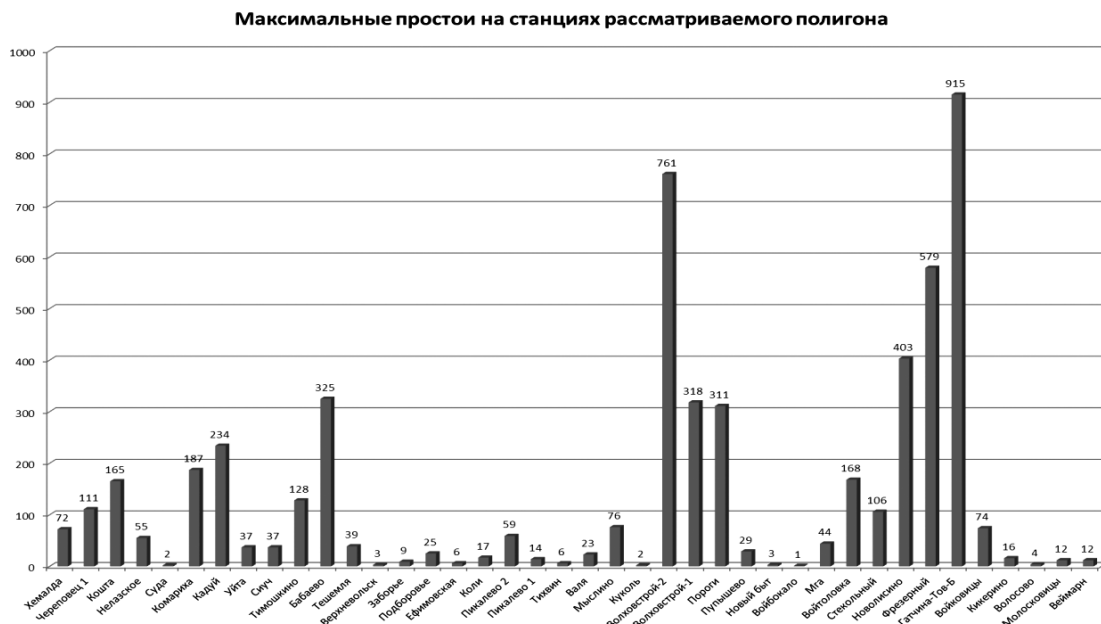


Рис. 2. Максимальные простои на станциях рассматриваемого полигона (в минутах)

**Процент технической поперегонной скорости на Горьковской ж.д.  
< 20 км/ч**

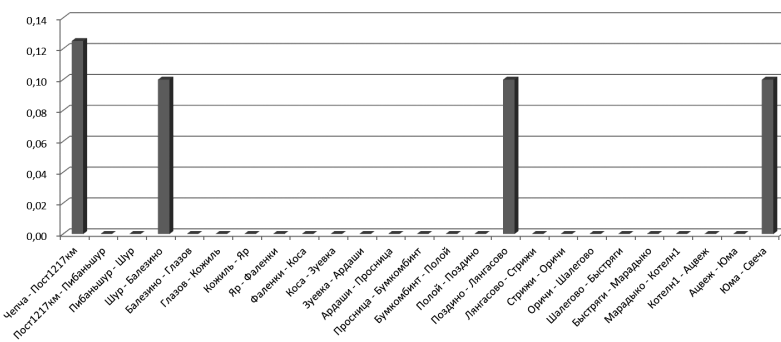


Рис. 3. Доли поездов с техническими скоростями до 20 км/ч на перегонах Горьковской железной дороги

Процент технической поперегонной скорости на Северной ж.д.  
< 20 км/ч

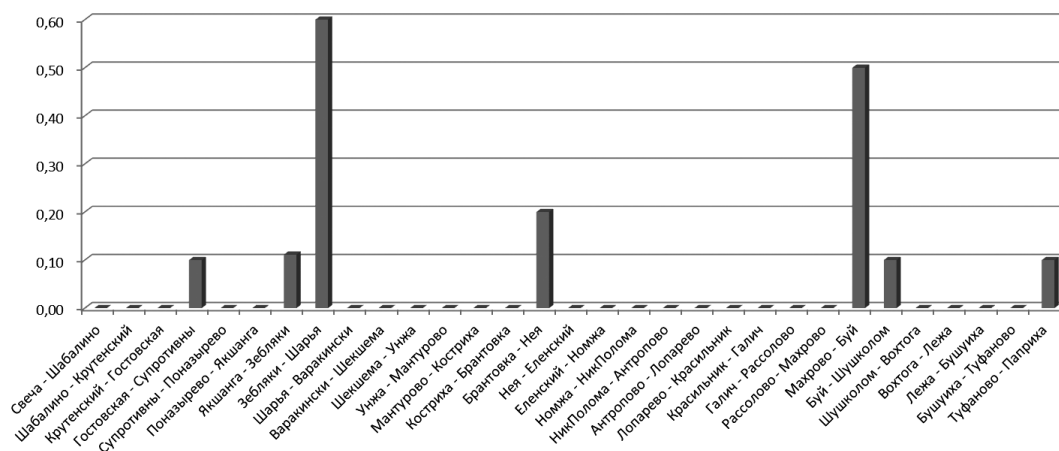


Рис. 4. Доли поездов с техническими скоростями до 20 км/ч на перегонах Северной железной дороги

Процент технической поперегонной скорости на Октябрьской ж.д.  
< 20 км/ч

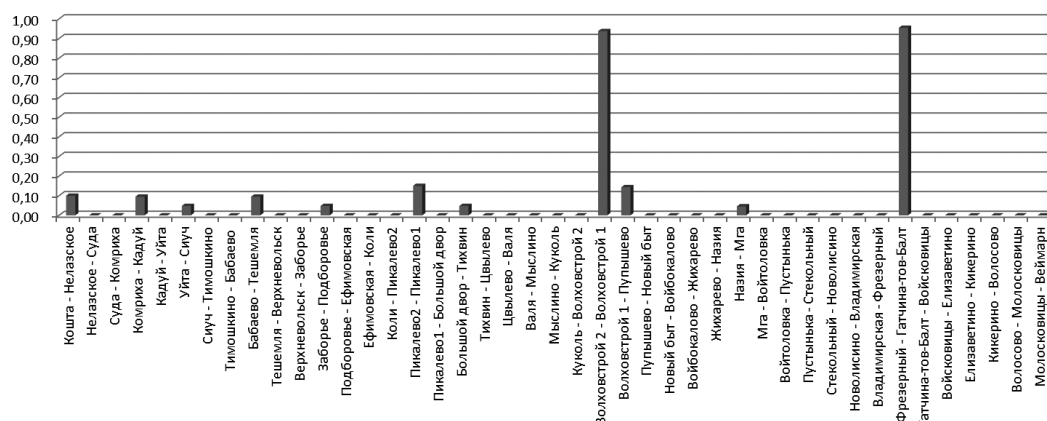


Рис. 5. Доли поездов с техническими скоростями до 20 км/ч на перегонах Октябрьской железной дороги

Пибаньшур, Балезино, Лянгасово и Свеча. На Северной дороге – станции Шарья, Буй, Нея, Зебляки, Супротивны, Шушколом и Паприха. На Октябрьской дороге – Гатчина-Товарная-Балтийская, Волховстрой-1, Пикалево-1, Пупышево, Нелазское, Кадуй, Тешемля, Сиуч, Подборовье, Тихвин и Мга.

Полученная статистическая информация позволяет определять последовательность реконструкции железнодорожных станций на обследуемом направлении.

Как показал проведенный анализ, максимальные длительности стоянок испытатель-

ных поездов на обследованной Октябрьской дороге (до 915 мин) – на станции Гатчина-Товарная-Балтийская (см. рис. 2). Поэтому на примере этой станции рассмотрим эффективность предлагаемых организационных и реконструктивных мероприятий с применением метода имитационного моделирования движения поездов.

На основе математической обработки статистической информации о длительностях занятия приемоотправочных путей станции Гатчина-Товарная-Балтийская, полученной из системы ГИД-Урал, установлено, что эти

данные подчиняются логнормальному закону распределения (рис. 6).

В соответствии с технологией работы обслуживаемой станции пути 2, 4 и 6 используются для приема и отправления тяжеловесных и длинносоставных поездов, которые пропускаются в первоочередном порядке. Пути 3, 5, 7, 8 и 9 используются для поездов установленного веса и длины и могут использоваться для длительных стоянок поездов. Это

влечет существенное изменение параметров закона распределения длительностей занятия станционных путей, которые учитываются при имитационном моделировании процессов перевозок (табл. 1).

Длительные простои составов и локомотивов на станции Гатчина-Товарная-Балтийская и поездов на подходах к ней обусловлены транспортным обслуживанием морского торгового порта Усть-Луга при незакончен-

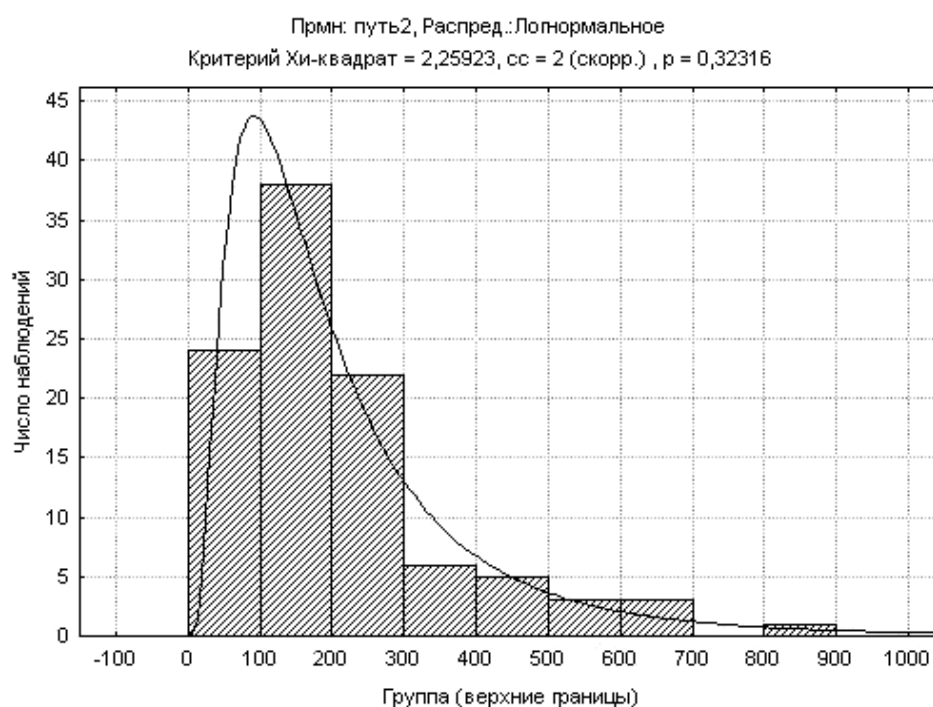


Рис. 6. Гистограмма и теоретическая кривая плотности распределения длительностей занятия пути 2 станции Гатчина-Товарная-Балтийская

ТАБЛИЦА 1. Параметры законов распределения длительностей занятия приемоотправочных путей станции Гатчина-Товарная-Балтийская

Номер пути	Lognorm ( $x; \mu; \sigma$ )
2	$y = 1,0200 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,09732088; 0,758781597)$
3	$y = 0,9400 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,38159475; 0,719177337)$
4	$y = 1,2600 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,20744401; 0,702969766)$
5	$y = 0,7600 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,23081091; 0,786009521)$
6	$y = 1,2800 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,24537205; 0,730119145)$
7	$y = 1,1300 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,24458722; 0,689187822)$
8	$y = 1,1500 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,26710296; 0,76872101)$
9	$y = 1,0500 \cdot \text{Lognorm}(x; 5,36434577; 0,767385916)$

ных строительстве сортировочной станции Лужская-Сортировочная и электрификации участка Гатчина-Товарная-Балтийская – Лужская. Это влечет необходимость смены локомотивов и локомотивных бригад на границе электрической и тепловозной тяги.

Кроме того, задержки передвижений происходят по следующим причинам:

1) недостаточно приемоотправочных путей в условиях существующей неравномерности прибытия грузовых поездов;

2) недостаточно путей для отстоя сменяемых локомотивов, которые вмещают только электровозы, а тепловозы приходится направлять на 35-й путь третьего приемоотправочного парка, в результате чего возникают дополнительный пробег локомотивов и пересекающиеся маршруты.

Прекращение железнодорожного движения через переезд 49-й км, расположенный между парками станции Гатчина-Товарная-Балтийская, в периоды с 6:50 до 7:30, с 8:10 до 8:50 и с 17:40 до 19:00, выполняемое по просьбе местной администрации, по статистическим данным, влечет ежедневный переотдых локомотивных бригад около 2,5 часов.

Для оценки пропускной способности участка Гатчина-Товарная-Балтийская – Вей-

марн использовалось имитационное моделирование процессов перевозок в условиях современного состояния инфраструктуры, предоставления «окон» для ремонтных работ на участке Кошта – Лужская на 2012 год, плановых объемов перевозок и статистических данных о длительностях занятия приемоотправочных путей.

При этом были проведены следующие варианты оценки максимальной пропускной способности участка:

1) без предоставления «окон» и прекращения железнодорожного движения через переезд 49-й км;

2) при назначении «окон» для проведения ремонтных работ;

3) с учетом прекращения железнодорожного движения через переезд 49-й км;

4) в условиях предоставления «окон» и прекращения железнодорожного движения через переезд 49-й км.

На рисунке 7 представлена часть графика движения поездов за период с 16:00 до 24:00, полученного методом имитационного моделирования для варианта 4.

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Представленные результаты показывают, что для заданных условий определяющим фактором снижения пропускной способно-

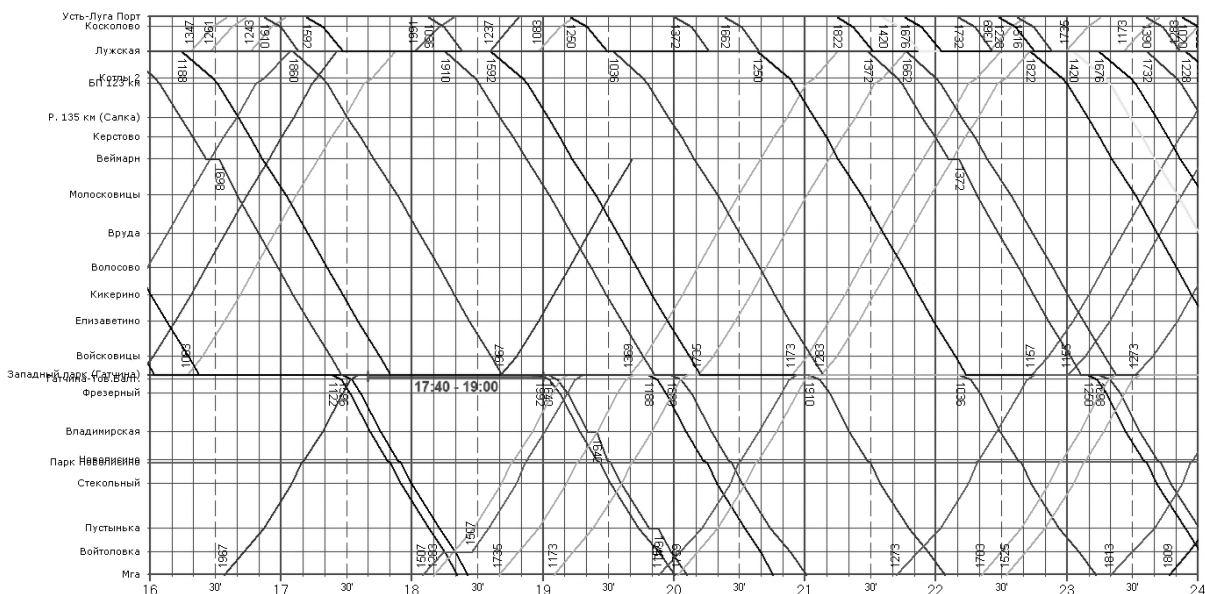


Рис. 7. График движения поездов, полученный методом имитационного моделирования, для варианта 4

ТАБЛИЦА 2. Результаты расчетов, проведенных с помощью метода имитационного моделирования

Результаты моделирования	Вариант расчета			
	1	2	3	4
Средняя за месяц пропускная способность участка, пар поездов	48,2	37,5	46,7	35,6
Средняя длительность занятия путей в Западном парке станции Гатчина-Товарная-Балтийская, мин	114,9	136,4	119,5	137,1

сти участка и увеличения длительности стоянок поездов на станции Гатчина-Товарная-Балтийская является предоставление «окон» для ремонтных работ. Прекращения железнодорожного движения через переезд 49-й км снижают пропускную способность участка лишь на 1,5 пары поездов и увеличивают среднюю длительность занятия путей в Западном парке на 4,6 мин.

Имитационное моделирование показало, что потребная на 2012 год пропускная способность участка надежно обеспечивается.

Обследования технологии и условий работы на станции определили следующие дополнительные причины длительного занятия приемо-отправочных путей и задержек поездов (в порядке убывания важности).

1. Неравномерное по времени суток и сгущенное прибытие на станцию поездов назначением на станцию Лужская, особенно при неисправностях тепловозов, а также в периоды предоставления «окон».

2. Длительное занятие путей при осмотре вагонов и подготовке поездов к отправлению, особенно перед окончанием смен осмотрщиков вагонов, а также неиспользование устройств УЗОТ.

После завершения в ближайшие годы электрификации железнодорожного участка Гатчина-Товарная-Балтийская – Лужская и увеличения числа приемоотправочных путей в Усть-Лужском железнодорожном узле поезда будут следовать на станцию Лужская без смены тяги. Поэтому условия работы на станции Гатчина-Товарная-Балтийская существенно улучшатся и увеличение ко-

личества приемоотправочных путей на этой недавно реконструированной станции не потребуются.

### Заключение

Использование метода мониторинга параметров движения испытательных грузовых поездов для определения мест и причин, ограничивающих пропускную способность при существующих размерах движения и современном техническом оснащении, и метода имитационного моделирования движения грузовых поездов для перспективных размеров движения и предлагаемых вариантов организации перевозок позволяет выявлять и обосновывать очередность ликвидации «узких мест» обследуемых железнодорожных направлений.

### Библиографический список

1. **Грузооборот** морских портов России за 6 месяцев 2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.morport.com/rus/publications/document1287.shtml](http://www.morport.com/rus/publications/document1287.shtml) (Дата обращения 15.08.2012).
2. **От административных** методов – к саморегулированию / И. Артемьев // РЖД-партнёр. – № 8 (228). – 2012. – С. 36.
3. **Оценка** пропускной способности железнодорожных линий методом имитационного моделирования / И. М. Кокурин // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом : сб. трудов под ред. д-ра техн. наук Ю. И. Ефименко. – СПб. : ПГУПС, 2009. – Вып. 8. – С. 18–28.