

Тимченко Вячеслав Сергеевич

Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук

Россия, Санкт-Петербург

Младший научный сотрудник

E-Mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru

Перспективы применения отечественного опыта расчёта железнодорожных станций, участков и транспортных узлов методом имитационного моделирования при развитии железнодорожной инфраструктуры Крымского полуострова

Аннотация: В статье представлен обзор достижений отечественных ученых в области расчёта железнодорожных станций, участков и транспортных узлов методом имитационного моделирования и обоснование перспективности их применения для такого крупномасштабного транспортного проекта, как реконструкция железнодорожной инфраструктуры Крымского полуострова.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; инфраструктура; пропускная способность; «узкие места»; реконструкция; «окна»; имитационное моделирование; экспертиза инфраструктурных проектов; график движения поездов; задержанные поезда.

На сегодняшний момент правительством поставлена задача по реконструкции транспортной инфраструктуры вновь вошедших субъектов Российской Федерации: республики Крым и города федерального значения Севастополь.

По оценкам руководителей государственных органов и специалистов, выступавших на форуме «Транспортно-транзитный потенциал 2014», прошедшем в Санкт-Петербурге 9-10 октября 2014 года, транспортная инфраструктура рассматриваемых субъектов не получала должного финансирования в период нахождения в составе республики Украины, вследствие чего по уровню развития отстает от остальной части РФ на 20-25 лет.

В Федеральной целевой программе «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года» выделяется два основных направления развития полуострова:

- Транспорт;
- Энергетика.

На развитие транспортной инфраструктуры, отвечающей современным требованиям, полуострова Крым будет выделено более 418 млрд. руб.

На сегодняшний момент транспортное сообщение с полуостровом, возможно по следующим маршрутам:

- Транзитом через территорию Украины;
- С использованием паромной переправы, имеющей ограниченную провозную способность;
- Авиасообщение.

Сложившаяся геополитическая обстановка делает невозможной транзит по территории республики Украины пассажиров и вызывает дополнительные расходы при транзите грузов. Это связано с тем, что Укрзалізницею не была признана Крымская железная дорога (КЖД), что приводит к двойной оплате клиентами перевозок в адрес как Укрзалізницею, так и КЖД.

Решение проблемы связано со строительством моста через Керченский пролив с двухпутной железной и четырёхголосной автомобильной дорогами к 2017 году.

Это позволит освоить перспективные объемы пассажира и грузопотоков. Что особенно важно в условиях простаивания Крымских портов, вследствие отсутствия достаточной грузовой базы.

Эксперты отмечают, что для переориентации крымских железных дорог в обход Украины необходимо не только строительство моста через Керченский пролив, но и реконструкция ветки Джанкой-Феодосия-Керчь, а также прокладка новой дороги Феодосия-Симферополь.

Следует учитывать, что увеличение объемов железнодорожных перевозок по сети РЖД планируется на фоне увеличения протяженности «узких мест» в данном направлении, которые могут составить по предварительным оценкам от 2,9 до 3,1 тыс. км к 2020 году.

Высокая капиталоемкость мероприятий по развитию железнодорожной инфраструктуры, делает их разработку наукоемкой задачей [1].

Проблеме освоения ежегодного роста объемов грузовых перевозок в условиях дефицита пропускных и провозных способностей, вызывающих необходимость больших объемов инвестиций в поэтапное развитие инфраструктуры посвящены работы [2-5].

Как показал опыт работы проектных институтов, схемы развития инфраструктурных проектов постоянно корректируются, в том числе в процессе их строительства и модернизации, а мнения заинтересованных участников проекта часто не совпадают как по структуре транспортных объектов, так и по объемам прогнозируемых перевозок. Это вызывает необходимость тщательной экспертизы инфраструктурных проектов, в частности, с

использованием методов имитационного моделирования, необходимость применения которых, отражена в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г.

Как справедливо отмечено в [6] причинами отклонения реальной пропускной способности от теоретической являются использование постоянных величин в расчетной формуле определения пропускной способности и отсутствие учета характеристик потока поездов. Существующие методики расчета пропускной способности исходят из геометрических характеристик участка, линейного изменения координат положения поезда на пространственно-временном графике и характеризуют движение одного поезда. Однако стохастический характер движения поездов требует учета следования не отдельного поезда, а группы поездов, а также плотности потока, распределения скорости движения, интервалов между поездами, интенсивности потока и т.д.

В мировой практике, моделирование является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценки характеристик сложных систем.

Имитационная модель – это формальное описание логики функционирования исследуемой системы и взаимодействия ее отдельных элементов, учитывающее наиболее существенные причинно-следственные связи.

Имитационное моделирование позволяет автоматически определить значения параметров рассматриваемой системы, меняя при этом условия протекания процесса и случайные события, учет которых при традиционных подходах вызывает существенные затруднения. Это позволяет оперативно учитывать все изменения в проекте, а также получить более точные значения оптимальных параметров функционирования системы, чем при традиционно применяемом расчете [7].

На сегодняшний момент в области расчёта железнодорожных станций, участков и транспортных узлов методом имитационного моделирования в отечественной науке и практике существует множество разработок, однако, они слабо увязаны между собой и не всегда получают практическое применение, что обуславливает актуальность данной работы.

Задача количественной оценки возможностей пропуска перспективных объемов грузопотоков по железнодорожным направлениям при сравниваемых вариантах развития инфраструктуры на длительную перспективу 5, 10 и более лет успешно решается на основе метода имитационного моделирования процессов перевозок [8-15], разработанного и развиваемого содружеством ученых академической (ИПТ РАН), отраслевой (ИЭРТ, ВНЕШВУЗЦЕНТР) и вузовской (ПГУПС) науки.

Метод имитационного моделирования позволяет оценивать пропускную способность с учетом различных вариантов реконструкции инфраструктуры, категорий грузовых поездов, неравномерности движения, возможностей привязки локомотивов и локомотивных бригад к поездам, ограничений системы энергоснабжения при электротяге, наличия предупреждений об изменениях установленной скорости, а также предоставления «окон» для ремонтов инфраструктуры.

В результате имитационного моделирования строятся графики движения поездов, по которым определяется наличная пропускная способность железнодорожного участка.

После оценки наличной пропускной способности она сравнивается с потребной пропускной способностью и определяются условия ее достижения.

Если наличная пропускная способность меньше потребной, имитационная модель рассчитывает количество поездов, которое должно быть отклонено с основной линии, для обеспечения заданных размеров движения при рассматриваемом варианте развития инфраструктуры, с учетом ежегодных периодов проведения ремонтных работ.

Модель определяет число задержанных поездов и их длительности, в зависимости от продолжительности «окна», а также оценивает стоимость потерь от простоев и дополнительных пробегов поездов. Стоимость этих потерь суммируется со стоимостью ремонтных работ при различной продолжительности «окон». Оптимальной продолжительности «окна» соответствует наименьшая из указанных сумм.

Следует отметить, что на сегодняшний момент в отечественной науке и практике разрабатываемый метод, позволяющий оценить возможность освоения перспективных объемов перевозок, в масштабе направлений, проходящих по инфраструктуре нескольких железных дорог, с учетом предоставления «окон» для проведения ремонтных работ аналогов не имеет.

Практическим результатом использования метода имитационной модели процессов перевозок является применение программного комплекса по заказу ОАО «РЖД» для оценки пропускной способности железнодорожного направления Мга-Лужская, которое обслуживает морской торговый порт Усть-Луга, в условиях его реконструкции с предоставлением большого количества «окон» в период до 2020 года.

В области расчета железнодорожных станций и узлов следует остановиться на двух имитационных моделях, которые нашли свое применение при разработке и оценке проектов по реконструкции инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Первая из них это программный комплекс имитационного моделирования «Аврора», предназначенный для определения пропускной и перерабатывающей способностей железнодорожных станций, узлов, отдельных парков станции, горловин и перегонов в процессе их проектирования в ОАО «Ленгипротранс». Авторами разработки являются главный специалист по организации движения и экономическим расчетам Ю.А. Бобров и ведущий программист В.А. Лосева.

Второй является имитационная система ИСТРА [16], разработанная и развиваемая коллективом ученых под научным руководством Козлова Петра Алексеевича. Она позволила провести значительное количество имитационных экспертиз проектов по развитию инфраструктуры объектов железнодорожного транспорта.

С ее помощью были исследованы процессы взаимодействия на транспорте, преобразование потоков при взаимодействии с элементами структуры, а также созданы модели отдельных станций крупных узлов [17], разработана модель автоматизированного расчёта оборота поездных локомотивов, а также технология имитационной экспертизы проектов развития транспортной инфраструктуры [18], исследована технологическая надежность железнодорожных станций [19] и т.д.

Кроме того, следует отметить ряд моделей, которые на текущий момент не получили широкого применения при разработке проектов развития инфраструктуры железнодорожного транспорта, однако, внесли неоценимый вклад в развитие научной мысли.

К ним относятся имитационная модель, позволяющая оценить потребное путевое развитие узловых железнодорожных станций с несколькими подходами, в зависимости от размеров движения и рассчитать показатели простоев на ней [20], система, позволяющая имитировать различные сценарии развития поездной ситуации на железнодорожном участке [21], имитационная модель путей необщего пользования [22], метод расчета эксплуатационных параметров станционных горловин методом имитационного моделирования [23], метод оптимизации структуры железнодорожных станций в рамках имитационных моделей [24] и ряд других работ отечественных ученых.

Основным недостатком существующих имитационных моделей является отсутствие увязки моделей технических станций и узлов с моделями прилегающих железнодорожных участков, что, по мнению автора и будет определять их дальнейшее развитие.

Таким образом, можно заключить, что на сегодняшний момент методы имитационного моделирования получили должное развитие в отечественной науке и практике и позволяют на качественно новом уровне оценить возможность освоения перспективных объемов железнодорожных перевозок. А следовательно, должны быть использованы при экспертизе такого масштабного проекта как развитие объектов железнодорожной инфраструктуры Крымского полуострова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А. Л., Кириченко А. В. Порт и железная дорога: проблемы технологических взаимоотношений // Системный анализ и логистика. – 2013. - №9. - С. 17-20.
2. Белый О.В. Проблемы построения и развития транспортных систем// Монография. СПб.: «Элмор», 2012. - 192 с.
3. Белый О.В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2010. - №4. – С. 97-100.
4. Тимченко В.С. Потенциальные возможности расширения круга задач, решаемых с помощью мониторинга в транспортном комплексе // Молодой ученый. — 2014. — №4. — С. 273-276.
5. Тимченко В.С. Метод мониторинга параметров движения грузовых поездов // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. – 2014. – №4. – С. 93-97.
6. Левин Д.Ю. Расчет пропускной способности участка // Железнодорожный транспорт. – 2008. - №7. – С. 18-23.
7. Долматов М. А., Нисенбаум Р. С., Плотников А. М., Федотов Д. О. Имитационное моделирование как инструмент оценки инженерных решений при разработке проектов развития судостроительных и судоремонтных предприятий России// Национальное общество имитационного моделирования. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-64-69.pdf> (дата обращения 19.09.2014 г.).
8. Кокурин И.М., Миняев С.Е. Оценка технико-экономической эффективности вариантов реконструкции железнодорожной сети на основе имитационного моделирования // Транспорт: наука, техника, управление. – 2004. – № 6. – С. 20-24.
9. Кокурин И.М., Кудрявцев В.А. Оценка пропускной способности железнодорожных линий на основе имитационного моделирования процессов перевозок// Известия петербургского университета путей сообщения. – 2012. - №2. – С. 18-22.
10. Кокурин И.М., Тимченко В.С. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – Выпуск 1 (34). – С. 15 – 22.
11. Тимченко В.С. Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления «окон» // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – №5 (48). – С. 34 – 37.
12. Тимченко В.С. Алгоритмы расчета графиков проведения ремонтных работ железнодорожного пути на перспективу//Интернет-журнал «Науковедение»,

- 2014 №3 (22) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2014 -. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/06TVN314.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
13. Тимченко В.С. Оценка перспективной пропускной способности участков железнодорожной сети с учетом предоставления «окон», на основе применения имитационного моделирования процессов перевозок // Молодой ученый. — 2014. — №2. — С. 199-204.
 14. Ковалев К. Е., Тимченко В.С. Оценка мероприятий по развитию инфраструктуры в масштабе железнодорожных направлений с учетом загруженности оперативного персонала технических станций // Молодой ученый. — 2014. — №3. — С. 298-302.
 15. Галкина Ю.Е., 18. Ковалев К. Е., Тимченко В.С. Учет загруженности оперативного персонала при оценке пропускной способности железнодорожных направлений // Сборник материалов XXX Международной научно-практической конференции «Наука и современность – 2014». – Новосибирск: ЦРНС, 2014. С. 131-136.
 16. Козлов П.А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии: дис. ... д-ра техн. Наук / П.А. Козлов. – Липецк: ЛПИ, 1986.
 17. Владимирская И.П. Взаимодействие отправителей и получателей грузов при случайном разбросе в доставке и потреблении // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009. - №147. – С. 166-168
 18. Осокин О.В Интеллектуальное сопровождение производственных процессов на железнодорожном транспорте: Дисс. ... докт. техн. наук. Ек.: УрГУПС. – 2014. – 355 с.
 19. Тимухина Е.Н., Окулов Н.Е. Повышение устойчивости взаимодействия производства и транспорта // Транспорт Урала. – 2014. - №2. – С. 7-11
 20. Буракова А.В. Установление зависимости среднего количества поездов в очереди на узловой станции при строго равномерном их подходе при объединении поездопотока, поступающего с других направлений // наука и техника транспорта – 2011. – №3. – С. 73-76
 21. Дулин С.К., Селецкий А.С., Уманский В.И. Разработка системы имитационного моделирования движения железнодорожного транспорта на основе интерактивно задаваемых правил организации движения [Электронный ресурс] // Российская ассоциация искусственного интеллекта. – Режим доступа: www.raai.org/conference/cai-08/files/cai-08_paper_283.doc.
 22. Мишкурлов П.Н., Рахмангулов А.Н. Типизация промышленных железнодорожных станций // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – № 2. – С. 143-151.
 23. Шепель А.С. Голубев П.А. Костенко В.В. Разработка программного комплекса по расчету эксплуатационных параметров станционных горловин // Сборник материалов четвертой международной научно-практической конференции 3-4 апреля 2014 г. Интеллектуальные системы на транспорте. С. 535-544.
 24. Четчуев М.В. Методы описания структуры железнодорожной станции при разработке ее оптимизационной модели // Сборник материалов четвертой международной научно-практической конференции 3-4 апреля 2014 г. Интеллектуальные системы на транспорте. С. 360-367.

Viacheslav Timchenko

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Russia, St. Petersburg

E-Mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru

Prospects of domestic experience application of railway stations , sites and transport knots calculation by imitating modeling at development of railway the Crimean peninsula infrastructure

Abstract. The review of domestic scientists achievements is presented in article in the field of railway stations, sites and transport knots calculation by imitating modeling and prospects justification of their application for such large-scale transport project as railway infrastructure of the Crimean peninsula reconstruction.

Keywords: railway transport; infrastructure; capacity; "bottlenecks"; reconstruction; trains movement breaks; imitating modeling; examination of infrastructure projects; train schedule; the detained trains.

REFERENCES

1. Kuznetsov A. L., Kirichenko A. V. Port i zheleznaya doroga: problemy tekhnologicheskikh vzaimootnosheniy // Sistemnyy analiz i logistika. – 2013. - №9. - S. 17-20.
2. Belyy O.V. Problemy postroeniya i razvitiya transportnykh sistem// Monografiya. SPb.: «Elmor», 2012. - 192 c.
3. Belyy O.V. Innovatsionnye problemy razvitiya transporta // Byulleten' ob"edinennogo uchenogo soveta OAO RZhD. – 2010. - №4. – S. 97-100.
4. Timchenko V.S. Potentsial'nye vozmozhnosti rasshireniya kruga zadach, reshaemykh s pomoshch'yu monitoringa v transportnom komplekse // Molodoy uchenyy. — 2014. — №4. — S. 273-276.
5. Timchenko V.S. Metod monitoringa parametrov dvizheniya gruzovykh poezdov // Infrastrukturnye otrasli ekonomiki: problemy i perspektivy razvitiya. – 2014. – №4. – S. 93-97.
6. Levin D.Yu. Raschet propusknoy sposobnosti uchastka // Zheleznodorozhnyy transport. – 2008. - №7. – S. 18-23.
7. Dolmatov M. A., Nisenbaum R. S., Plotnikov A. M., Fedotov D. O. Imitatsionnoe modelirovanie kak instrument otsenki inzhenernykh resheniy pri razrabotke proektov razvitiya sudostroitel'nykh i sudoremontnykh predpriyatiy Rossii// Natsional'noe obshchestvo imitatsionnogo modelirovaniya. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/ikm-mtmts-64-69.pdf> (data obrashcheniya 19.09.2014 g.).
8. Kokurin I.M., Minyaev S.E. Otsenka tekhniko-ekonomicheskoy effektivnosti variantov rekonstruktsii zheleznodorozhnoy seti na osnove imitatsionnogo modelirovaniya // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. – 2004. – № 6. – S. 20-24.
9. Kokurin I.M., Kudryavtsev V.A. Otsenka propusknoy sposobnosti zheleznodorozhnykh liniy na osnove imitatsionnogo modelirovaniya protsessov perevozok// Izvestiya peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. – 2012. - №2. – S. 18-22.
10. Kokurin I.M., Timchenko V.S. Metody opredeleniya «uzkikh mest», ogranicivayushchikh propusknyuyu sposobnost' zheleznodorozhnykh napravleniy // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. – 2013. – Vypusk 1 (34). – S. 15 – 22.
11. Timchenko V.S. Algoritmizatsiya protsessov otsenki propusknoy sposobnosti zheleznodorozhnykh uchastkov v usloviyakh predostavleniya «okon» // Transport Rossiyskoy Federatsii. – 2013. – №5 (48). – S. 34 – 37.
12. Timchenko V.S. Algoritmy rascheta grafikov provedeniya remontnykh rabot zheleznodorozhnogo puti na perspektivu//Internet-zhurnal «Naukovedenie», 2014 №3 (22) [Elektronnyy resurs]-M.: Naukovedenie, 2014 -- Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/06TVN314.pdf>, svobodnyy. – Zagl. s ekrana. - Yaz. rus., angl.
13. Timchenko V.S. Otsenka perspektivnoy propusknoy sposobnosti uchastkov zheleznodorozhnoy seti s uchetom predostavleniya «okon», na osnove primeneniya imitatsionnogo modelirovaniya protsessov perevozok // Molodoy uchenyy. — 2014. — №2. — S. 199-204.

14. Kovalev K. E., Timchenko V.S. Otsenka meropriyatiy po razvitiyu infrastruktury v masshtabe zhelezнодорожных napravleniy s uchetom zagruzhennosti operativnogo personala tekhnicheskikh stantsiy // Molodoy uchenyy. — 2014. — №3. — S. 298-302.
15. Galkina Yu.E., 18. Kovalev K. E., Timchenko V.S. Uchet zagruzhennosti operativnogo personala pri otsenke propusknoy sposobnosti zhelezнодорожных napravleniy // Sbornik materialov KhXX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka i sovremennost' – 2014». – Novosibirsk: TsRNS, 2014. S. 131-136.
16. Kozlov P.A. Teoreticheskie osnovy, organizatsionnye formy, metody optimizatsii gibkoy tekhnologii transportnogo obsluzhivaniya zavodov chernoy metallurgii: dis. ... d-ra tekhn. Nauk / P.A. Kozlov. – Lipetsk: LPI, 1986.
17. Vladimirskaya I.P. Vzaimodeystvie otpraviteley i poluchateley грузов pri sluchaynom razbrose v dostavke i potreblenii // Nauchnyy vestnik MGTU GA. – 2009. - №147. – S. 166-168
18. Osokin O.V. Intellektual'noe soprovozhdenie proizvodstvennykh protsessov na zhelezнодорожном transporte: Diss. ... dokt. tekhn. nauk. Ek.: UrGUPS. – 2014. – 355 s.
19. Timukhina E.N., Okulov N.E. Povyshenie ustoychivosti vzaimodeystviya proizvodstva i transporta // Transport Urala. – 2014. - №2. – S. 7-11
20. Burakova A.V. Ustanovlenie zavisimosti srednego kolichestva poezdov v ocheredi na uzlovoy stantsii pri strogo ravnomernom ikh podkhode pri ob"edinenii poezdopotoka, postupayushchego s drugikh napravleniy // nauka i tekhnika transporta – 2011. – №3. – S. 73-76
21. Dulin S.K., Seletskiy A.S., Umanskiy V.I. Razrabotka sistemy imitatsionnogo modelirovaniya dvizheniya zhelezнодорожного транспорта na osnove interaktivno zadavaemykh pravil organizatsii dvizheniya [Elektronnyy resurs] // Rossiyskaya assotsiatsiya iskusstvennogo intellekta. – Rezhim dostupa: www.raai.org/conference/cai-08/files/cai-08_paper_283.doc.
22. Mishkurov P.N., Rakhmangulov A.N. Tipizatsiya promyshlennykh zhelezнодорожных stantsiy // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. – 2012. – № 2. – S. 143-151.
23. Shepel' A.S. Golubev P.A. Kostenko V.V. Razrabotka programmnoy kompleksa po raschetu ekspluatatsionnykh parametrov stantsionnykh gorlovin // Sbornik materialov chetvertoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 3-4 aprelya 2014 g. Intellektual'nye sistemy na transporte. S. 535-544.
24. Chetchuev M.V. Metody opisaniya struktury zhelezнодорожной stantsii pri razrabotke ee optimizatsionnoy modeli // Sbornik materialov chetvertoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 3-4 aprelya 2014 g. Intellektual'nye sistemy na transporte. S. 360-367.