

От редакции

В рамках научной школы МГТУ им. Г.И. Носова «Развитие теории и методов повышения качества и безопасности транспортных и транспортно-технологических процессов» сформирован комплекс логистических методов и методик обеспечения качества и безопасности транспортно-технологических систем на различных уровнях их функционирования: технический – совершенствование конструкции и эксплуатации технических средств и устройств; технологический – рациональная технология транспортных и транспортно-технологических процессов; организационный – эффективная организация продвижения грузопотоков и выполнения операций технологических процессов; социально-экономический – оптимальное формирование транспортно-логистической инфраструктуры городов, регионов и страны. Успешно разрабатываются и применяются в исследованиях и на практике разнообразные математические и имитационные модели, реализующие сформированный комплекс методов.

Основные научные направления школы:

- повышение эффективности систем ремонта и технического обслуживания железнодорожного и автомобильного подвижного состава на основе принципов логистики (д-р техн. наук, проф. Корнилов С.Н.);
- совершенствование технологии и организации грузовых и пассажирских перевозок на различных видах транспорта, развитие транспортной логистики, информационных технологий на транспорте, моделирование транспортных процессов и систем (д-р техн. наук, доц. Рахмангулов А.Н., д-р техн. наук, проф. Корнилов С.Н.);
- развитие теории и методов создания транспортно-технологических машин с регулируемыми параметрами движителя (д-р техн. наук, проф. Кольга А.Д.).

УДК 656.025.4

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВОЕВРЕМЕННОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Кольга А.Д.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

Аннотация. В условиях повышения требований транспортных клиентов к качеству, в частности своевременности перевозки грузов, необходимы новые формы организации функционирования элементов транспортной системы страны. В статье предлагается способ представления железнодорожных транспортно-технологических систем (ТТС) с использованием принципов логистики. Систематизация параметров потоков в этих системах позволила выявить недостающие параметры – коэффициент сложности структуры вагонопотоков и коэффициент срочности вагонопотоков. Разработаны методики расчета и оценки данных параметров. Для обеспечения своевременности грузовых перевозок на различных уровнях организации функционирования ТТС предложен комплекс транспортно-логистических методов. Разработана обобщенная математическая модель оптимизации параметров логистических потоков в процессе их взаимодействия, позволяющая целенаправленно уменьшать размеры транспортно-грузовых партий и соответственно повышать показатели своевременности перевозок. Для реализации комплекса транспортно-логистических методов предлагается использовать представленную в статье комбинированную аналитико-имитационную модель ТТС. Внедрение описанных в статье разработок позволит системно решать проблему повышения эффективности взаимодействия различных видов транспорта в транспортных узлах с целью сокращения совокупных транспортно-логистических издержек.

Ключевые слова: транспортно-технологическая система, грузовые перевозки, железнодорожный транспорт, своевременность перевозок, грузопоток, аналитико-имитационная модель, логистика, логистическая система, транспортно-логистические потоки, AnyLogic.

Введение

Рынок грузовых перевозок в России в настоящее время характеризуется двумя тенденциями: с одной стороны, наблюдается постоянное повышение требований грузовладельцев к качеству, в частности своевременности перевозок, что связано с необходимостью сокращения затрат на формирование и содержание запасов; с другой – происходит увеличение структуры грузопотоков, вызванное увеличением числа организаций, эксплуатирующих парк подвижного состава на различных видах транспорта. Особенно ощутимо вторая тенденция проявляется на железнодорожном транспорте, где к 2011 году весь парк грузовых вагонов перешел в собственность компаниям-операторам.

В таких условиях требуется совершенствование существующих методов организации работы транспортных систем, в частности транспортно-технологических систем, обеспечивающих непосредственное транспортное обслуживание грузовладельцев. Как показывают многочисленные исследования [1-3], именно на участках взаимодействия транспорта и грузовладельцев, а также магистрального железнодорожного транспорта с транспортом необщего пользования промышленных предприятий возникают потери, связанные с: рассогласованием графиков подвода вагонов и грузов на предприятие и фактической потребности в них; нерациональным выбором маршрута движения вагонопотоков на путях необщего пользования; неоптимальным использованием по-

рожных вагонов на предприятии; недостаточным оперативным взаимодействием железнодорожных станций по пропуску и переработке вагонопотоков. Отмеченные недостатки являются причиной увеличения суточной неравномерности вагонопотоков, что ещё больше усложняет их обработку, приводит к ухудшению показателей качества (своевременности) перевозок, а также к увеличению времени простоя вагонов на путях необщего пользования.

Теория и технологические разработки

Анализ динамики основных показателей работы железнодорожного транспорта в Магнитогорском, Челябинском, Липецком, Новотроицком, Ашинском, Белорецком транспортных узлах, выполненный в период с 1996 по 2012 гг., позволил выявить и систематизировать параметры внутренней и внешней среды железнодорожных транспортно-технологических систем (ТТС), оказывающие значимое влияние на эффективность взаимодействия различных видов транспорта и производства. В качестве основы систематизации параметров ТТС было использовано представление этой системы как транспортно-логистической. Она включает в себя пять структурных элементов: входной, выходной, накопительный, транспортный и перерабатывающий. К транспортно-логистическим потокам отнесены: материальный поток – грузо-, вагоно- и поездопоток; поток услуг – формализовано описывает пропускную способность и вместимость транспортных устройств, используемых для продвижения материального потока, а также всей инфраструктуры ТТС, необходимой для переработки логистических потоков; информационный поток – поток данных об изменении параметров элементов ТТС и всех логистических потоков; финансово-экономический поток – поток данных о затратах, возникающих в процессе функционирования и развития железнодорожных ТТС.

Для каждого транспортно-логистического потока определен комплекс параметров и показателей [5, 7, 8], включающий в себя как общепринятые параметры, так и показатели, впервые предложенные для описания ТТС: коэффициент сложности грузо- и вагонопотоков; показатели своевременности транспортного обслуживания основного производства и клиентов транспорта; коэффициент срочности вагонопотоков.

Коэффициент сложности грузо- и вагонопотоков рассчитывается, в соответствии с эмпирическим правилом Парето, как отношение числа маломощных струй, на которые приходится не более 20% среднесуточного объема перевозок, к числу мощных струй, обеспечивающих 80% объема. Коэффициент сложности используется при расчете количества оперативной управленческой информации и при оценке эффективности организа-

ционной структуры оперативного управления.

К показателям своевременности транспортного обслуживания отнесены показатели регулярности, срочности перевозок, а также перевозки к назначенному сроку. Разработанная методика расчета этих показателей представлена в работах [4, 5].

Для расчета показателей своевременности грузовых перевозок в ТТС разработана методика, основанная на учете отклонений фактических моментов прибытия транспортно-грузовых партий на грузовые фронты от заданных. Эти отклонения предлагается оценивать с помощью коэффициента срочности вагонопотоков K_c^t . Величина коэффициента срочности в момент времени t в общем случае определяется как приведенное к единице значение разности между расчетным (прогноznым) моментом прибытия транспортно-грузовой партии (её фактическим размером) на грузовой фронт и потребным моментом (оптимальным размером транспортно-грузовой партии).

Выбор конкретного способа расчета K_c^t зависит от применяемой системы управления запасами [6].

В результате группировки исследуемых параметров транспортно-логистических потоков была произведена классификация подсистем железнодорожных ТТС по уровням организации. Уровни организации выделялись в зависимости от риска возникновения потерь в результате несвоевременных перевозок. Для каждого уровня разработан соответствующий транспортно-логистический метод оптимизации (см. таблицу).

Разработанный комплекс методов является основой системы организации грузопотоков в ТТС, обеспечивающей достижение баланса между потребностями грузовладельцев в уменьшении размеров запасов и транспортных партий, с одной стороны, и уровнем использования резервов пропускной способности и вместимости транспортных устройств (фактически, транспортных затрат) – с другой. При этом определяющим фактором в таком балансе выступают потребности грузовладельцев, а возможности транспорта следует рассматривать в качестве ограничений.

Для определения условий достижения и поддержания баланса при изменении параметров транспортно-логистических потоков ТТС представляется как система, состоящая из накопительных элементов S_i , соединенных транспортными элементами или потоками $q_{i+1,i}$ (рис. 1) [16].

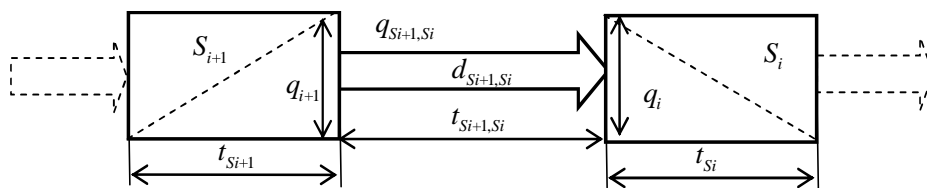


Рис. 1. Схема формализованного представления ТТС

Комплекс транспортно-логистических методов организации функционирования железнодорожных транспортно-технологических систем

Уровень организации ТТС	Транспортно-логистический метод	Критерий оптимальности и краткая характеристика метода
I – технические средства и устройства	Оптимальное распределение ресурсов в системе ремонта в соответствии с потребностями в исправной технике [9-12]	Минимизация прироста отказов технических средств и устройств
II – грузовой фронт	Выбор оптимального размера транспортно-грузовой партии [4, 5, 15]	Оптимальный размер партии выбирается по критерию минимума суммарных транспортно-складских затрат в зависимости от выбранного типа системы управления запасами
III – железнодорожная станция	Оптимальное распределение вагонов по грузовым фронтам [5]	Приоритет выполнения технологических операций определяется по критерию минимума транспортных затрат при условии выполнения заявок на подачу-уборку вагонов
IV – железнодорожный район	Методы «структурной технологии» (оптимизация использования пропускной способности и вместимости транспортных устройств) [13, 14]	Минимизация транспортных затрат в результате оперативного выравнивания величин пропускной способности и вместимости транспортных устройств путем применения системы технологических способов «структурной технологии»
V – железнодорожные пути необщего пользования	Оптимизация маршрутов движения вагонопотоков [1, 3, 17]	Минимизация транспортных затрат на продвижение вагонопотоков в результате его пропуска по станциям с более низким оперативным уровнем использования пропускной способности
VI – железнодорожный транспортный узел	Оптимизация структуры вагонопотоков [1, 5, 6]	Минимизация транспортных затрат и потерь у клиентов транспорта в результате изменения скорости продвижения отдельных групп вагонов путем изменения состава формируемых в транспортном узле поездов
VII – региональная ТТС	Методы усиления пропускной и перерабатывающей способности элементов региональных ТТС [13, 14, 18, 19]	Минимизация суммарных региональных транспортно-производственных затрат в результате последовательного развития транспортной инфраструктуры региона
VIII – макрологистическая ТТС	Методы выбора мест размещения элементов макрологистической ТТС [20-22]	Минимизация доли логистических затрат в себестоимости продукции в результате рационального размещения элементов макрологистической ТТС

Основными параметрами накопительного элемента будем считать его вместимость q_i и время t_{Si} , затрачиваемое на полное исчерпание (пополнение) запаса q_i , при заданной интенсивности расхода (пополнения) запаса. Параметры транспортного элемента – пропускная способность $d_{Si+1, Si}$ и время $t_{Si+1, Si}$, затрачиваемое на движение по элементу потока мощностью $q_{Si+1, Si}$.

Тогда условия достижения баланса по потоку, пропускаемому цепью из N накопительных элементов, в общем виде запишутся как

$$t_{Si} \geq t_{Si+1} + t_{Si+1, Si}, \quad (1)$$

$$\text{при } q_i = q_{i+1}, \text{ для } i = 1, 2, \dots, N-1. \quad (2)$$

Соблюдение данных условий обеспечивает сбалансированное продвижение суммарного потока по элементам логистической системы и эффективное использование по времени и по производительности инфраструктуры ТТС, поскольку на каждом расчетном этапе обеспечивается равенство интенсивностей переработки потоков в каждом из элементов системы.

Поскольку вместимости накопительных элементов, участвующих в пропуске струи потока q , а так-

же размеры запасов в расчетный момент t в разных накопительных элементах могут различаться, то для соблюдения условий баланса (1), (2) необходимо изменить структуру струи q путем добавления или исключения из нее других струй. В противном случае произойдет нарушение баланса по струе q .

Задача поиска минимальных значений q для накопительных элементов, являющихся потребителями потока (подмножество M накопительных элементов)

$$F = \sum_{i=1}^M q_i \rightarrow \min, \quad (3)$$

при условиях (1), (2), представляет собой разновидность задачи о «максимальном потоке». В результате ее решения определяется минимальный допустимый размер транспортно-грузовой партии, доставляемой каждому потребителю, при условии полного использования пропускной способности и вместимости транспортных элементов системы ТТС.

Разработанная модель (1)-(3) является универсальной для оптимизации как транспортных, так и ресурсных потоков в ТТС. Определение условий баланса по финансово-экономическим потокам рекомендуется использовать в качестве основы для создания системы взаиморасчетов между структурными подразделениями ТТС, для оценки эффективности

функционирования элементов этой системы. Модель также целесообразно применять для поиска и последующего устранения «узких мест» – элементов ТТС, обладающих наименьшей величиной пропускной способности или вместимости с последующим определением потребного потока инвестиций, т.е. для обоснования инвестиционных затрат на развитие ТТС. Разнообразные действия и решения по достижению баланса требуют информационной поддержки, представляющей, в терминах разработанной модели, систему информационных потоков – сообщений о нарушении баланса по остальным логистическим потокам в ТТС. Это требует создания соответствующей информационной системы и определенной организационной структуры управления ТТС.

Целевую функцию (3) разработанной общей модели предлагается использовать в качестве универсального интегрального критерия эффективности функционирования ТТС. Данный критерий определяет стратегическую цель ТТС – повышение качества (своевременности) транспортного обслуживания клиентов путем целенаправленного уменьшения величины транспортно-грузовых партий, поскольку минимизирует запасы в накопительных элементах – потребителях транспортного потока. Критерий позволяет оценить транспортные элементы ТТС на возможность пропуска потока максимальной сложности, образованного транспортно-грузовыми партиями минимального размера.

Разработанная модель динамического баланса является в общем случае непрерывной, поскольку интервал времени между моментами изменения мощности потоков и величины запасов стремится к нулю. Транспортно-логистические методы, позволяющие оптимизировать параметры потоков, являются дискретными. Для повышения точности результатов и решения задач организации функционирования ТТС предлагается весь комплекс математических оптимизационных моделей использовать в совокупности с имитационной моделью.

Наиболее универсальным инструментом построения комбинированных дискретно-непрерывных аналитико-имитационных моделей в настоящее время является пакет AnyLogic. Данная система имитационного моделирования объединяет все известные подходы к имитационному моделированию в рамках одной модели. Кроме того, результаты отдельных имитационных экспериментов могут быть использованы в качестве исходных данных математической оптимизационной модели.

Системно-динамическая часть разработанной модели позволяет оценивать пропускную способность и вместимость транспортных устройств при различных параметрах вагонопотоков в системе [21]. Модельные значения потоков предлагается использовать в качестве исходных данных для дискретно-событийной модели технологии работы железнодорожных станций ТТС [23]. При помощи дискретно-событийной модели железнодорожных станций ТТС описываются технологические способы, реализуемые в рамках разработанного комплекса транспортно-логистических методов организации функционирования ТТС [24, 25].

Полученные в результате эксперимента с имитационной моделью данные используются в качестве

исходных для математических оптимизационных моделей. Результаты оптимизации, в свою очередь, используются для корректировки параметров имитационной модели на следующем периоде оптимизации.

Основное отличие разработанной аналитико-имитационной модели (рис. 2) от известных заключается в использовании различных подходов к имитационному моделированию (укрупненного – системно-динамического и детализированного – дискретно-событийного) в рамках одной модели, что позволяет моделировать функционирование ТТС на всех уровнях организации этих систем, разрабатывать стратегии повышения уровня организации ТТС.

Заключение

Исследование эффективности разработанного комплекса методов и моделей позволило сформулировать принципы организации функционирования железнодорожных транспортно-технологических систем:

- динамическая сбалансированность мощности транспортных и ресурсных потоков с пропускной способностью и вместимостью элементов транспортной инфраструктуры;

- оптимальная, по критерию минимума суммарных транспортных затрат и потерь потребителей транспортной продукции, последовательность снятия ограничений в пропуске и переработке транспортных и ресурсных потоков в ТТС;

- программно-целевое формирование системы организации продвижения грузо- и вагонопотоков в ТТС, основанное на учете инфраструктурных возможностей региона расположения ТТС.

Апробация разработанной теории организации функционирования ТТС и комплекса транспортно-логистических методов была выполнена при разработке «Концепции и Программы усиления пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций и перегонов пути необщего пользования ОАО «ММК»», а также при изменении организации работы промышленного железнодорожного транспорта Новоліпецкого и Ашинского металлургических комбинатов.

Реализация разработанных транспортно-логистических методов позволила снизить затраты на реконструкцию транспортной инфраструктуры для данных предприятий в среднем на 25% [17, 18]. Суммарный экономический эффект в результате реализации Программы развития ТТС для ОАО «ММК» составил 310000 тыс. руб. Максимальный срок окупаемости инвестиций в реализацию всего комплекса мероприятий – 35 месяцев.

Представленный в статье подход к снижению потерь при взаимодействии транспорта и производства в ТТС является, на взгляд авторов, универсальным и может быть использован как основа для решения проблемы повышения эффективности взаимодействия различных видов транспорта в транспортных узлах. Описанная в статье комбинированная аналитико-имитационная модель может составить основу математического обеспечения интеллектуальных транспортных систем и применяться как для решения задач планирования развития транспортного комплекса страны, так и при оперативном управлении транспортными потоками.



Рис. 2. Схема взаимосвязи блоков комбинированной аналитико-имитационной модели ТТС

Список литературы

- Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Оценка резервов пропускной и перерабатывающей способности технологических железнодорожных станций с использованием теории нечетких множеств // Вестник транспорта Поволжья. 2011. №1. С. 45а-49.
- Багинова В.В., Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А. Контроль вагонопотоков на пути необщего пользования // Мир транспорта. 2010. №3(31). С. 108-113.
- Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Управление вагонопотоками в промышленных транспортных системах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №1(41). С. 16-20.
- Транспортная логистика / Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В., Гавришев С.Е., Макаров А.М. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2000. 372 с.
- Рахмангулов А.Н. Методологические основы организации функционирования промышленных железнодорожных транспортно-технологических систем: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2013. 374 с.
- Рахмангулов А.Н. Разработка методики транспортного обслуживания предприятий на основе оптимизации взаимодействия сортировочных комплексов промышленного и магистрального железнодорожного транспорта: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1996. 22 с.
- Кайгородцев А.А., Рахмангулов А.Н. Факторы эффективности логистических распределительных центров // Вестник транспорта Поволжья. 2013. №2(38). С.11-19.
- Рахмангулов А.Н., Мохова Н.Е. Параметры и показатели грузопотоков в системе управления внешними перевозками машиностроительных предприятий // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2013. Т.1. С. 96-99.
- Логистика ремонта железнодорожного подвижного состава / Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Г., Дудкин Е.П., Горшенин А.А. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2005. 182 с.
- Корнилов С.Н. Формирование и развитие системы ремонта железнодорожного подвижного состава промышленных предприятий на основе логистических принципов: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2004. 267 с.
- Кольга А.Д., Хажиев В.А. Пооперационное планирование ремонтов горного оборудования // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. №3. С. 5-7.
- Кольга А.Д., Шарипов Р.Х. Оценка ремонтной технологичности погрузочно-выемочных машин // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2008. С. 160-167.
- Трофимов С.В., Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н. Методы развития систем промышленного железнодорожного транспорта в изменяющихся условиях деятельности предприятий. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2004. 235 с.
- Трофимов С.В., Рахмангулов А.Н. Выбор оптимальных методов оперативного управления работой промышленных транспортных систем. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2000. 145 с.
- Мохова Н.Е., Рахмангулов А.Н. Обеспечение своевременности грузовых перевозок машиностроительных предприятий // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.1. №3. С.8-14.
- Багинова В.В., Рахмангулов А.Н. Адаптивная организация вагонопотоков // Мир транспорта. 2011. №3(36). С. 132-138.
- Разработка программных методов сокращения простоя вагонов ОАО «РЖД» на основе оптимизации маршрутов движения вагонопотоков на подъездном пути ОАО «ММК»: отчет о НИР / ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»; рук.Рахмангулов А.Н.; исполн.: Осинцев Н.А.[и др.]. Магнитогорск, 2008. 134 с. №01200805160.
- Разработка концепции и программы усиления пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций и перегонов ОАО «ММК» на период до 2015 года: отчет о НИР / ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»; рук. Рахмангулов А.Н.; исполн.:Корнилов С.Н. [и др.]. Магнитогорск, 2011. 204 с. №01201001058.
- Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В., Корнилов С.Н. Управление транспортными системами. Теоретические основы. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2001. 191 с.
- Рахмангулов А.Н., Копылова О.А. Проблемы выбора места размещения логистических центров // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. №1. С. 58-67.
- Рахмангулов А.Н., Копылова О.А. Применение метода системной динамики для исследования факторов размещения элементов транспортно-логистической инфраструктуры // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2012. №2. С. 92-97.
- Рахмангулов А.Н., Кайгородцев А.А. Проблема выбора места размещения логистического распределительного центра. Существующие подходы к решению // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2012. №2. С. 92-97.

- плекса России. 2011. №1. С.39-48.
23. Рахмангулов А.Н., Мишуров П.Н. Особенности построения имитационной модели технологии работы железнодорожной станции в системе AnyLogic // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.2. №4. С. 7-13.
 24. Рахмангулов А.Н., Мишуров П.Н., Муравьев Д.С. Использование имитационного моделирования для оценки перерабатывающей способности морских портов и обоснования необходимости сооружения «сухого» порта // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. №4. С. 66-72.
 25. Рахмангулов А.Н., Мишуров П.Н. К вопросу о типизации промышленных железнодорожных станций // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. №4. С. 133-137.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

TIMELINESS OF FREIGHT TRAFFIC IN TRANSPORT TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Rakhmangulov Aleksandr Nelevich – D.Sc. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: 8 (3519) 29-85-16. E-mail: ran@logintra.ru.

Kornilov Sergey Nikolaevich – D.Sc. (Eng.), Professor, Head of Industrial Transport department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: 8 (3519) 29-85-34. E-mail: kornilov_s_n@logintra.ru.

Kolga Anatoliy Dmitrievich – D.Sc. (Eng.), Professor, Head of Mining Machinery and Transportation Systems department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: 8 (3519) 29-85-45. E-mail: kad-55@magtu.ru.

Abstract. At present transport customers in Russia show increased requirements to quality (timeliness) of freight traffic. New organizational forms are necessary for transportation system of the country. The way of the description of railway transportation and technological systems (TTS), based on logistics principles, is presented in the article. This way has allowed to systematize parameters of logistical streams in TTS and to reveal lacking for maintenance of timeliness of transportations parameters – factor of traffic volumes structure complexity and factor of volumes promptness. The complex of transport-logistical methods is developed for maintenance of freight traffic timeliness at different levels of TTS organization. The generalized mathematical model of logistical streams parameters optimization in TTS is offered. The mathematical model defines ways of purposeful reduction of transport-cargo parties sizes and accordingly to raise indicators of timeliness of transport-logistical streams. Combined analytic-simulation model TTS is presented in article. The given model is offered to be used as the tool for a transport-logistical methods complex realization. The described developments are base for a solution for the transport nodes efficiency problem, they can be used for the reduction of cumulative transport-logistical costs purpose.

Keywords: transport technological system, freight traffic, railway transportation, timeliness of transportations, goods traffic, analytics-simulation model, logistics, logistical system, transport-logistical streams, AnyLogic.

References

1. Osintsev N.A., Rakhmangulov A.N. Ocenka rezervov propusknoi i pererabatyvaiushchei sposobnosti tekhnologicheskikh zheleznodorozhnykh stantsii s ispolzovaniem teorii nechetkikh mnozhestv. [Evaluating the reserves of the traffic and handling capacity of marshalling yards using the fuzzy-set theory]. *Vestnik transporta Povolzhia* [The Bulletin of the Volga Region Transport], 2011, no. 1, pp. 45a-49.
2. Baginova V.V., Rakhmangulov A.N., Osintsev N.A. Kontrol vagonopotokov na puti neobshchego polzovaniia. [Operation control of railcar flows at non-public railtrack]. *Mir transporta* [The Transport World], 2010, no. 3(31), pp. 108-113.
3. Osintsev N.A., Rakhmangulov A.N. Upravlenie vagonopotokami v promyshlennykh transportnykh sistemakh. [Railcar flow management in industrial transport systems]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2013, no. 1(41), pp.16-20.
4. Rakhmangulov A.N., Trofimov S.V., Gavrishchev S.E., Makarov A.M. *Transportnaya logistika* [Transport logistics]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University 2000, 372 p.
5. Rakhmangulov A.N. Metodologicheskie osnovy organizatsii funkcionirovaniya promyshlennykh zheleznodorozhnykh transportno-tekhnologicheskikh system: dis. ... dokt. tekhn. nauk [Methodological bases of the industrial railway transport-technological systems functioning organization: Doctoral dissertation]. Moscow, 2013, 374 p.
6. Rakhmangulov A.N. Razrabotka metodiki transportnogo obsluzhivaniya predpriyatii na osnove optimizatsii vzaimodeistviya sortirovochnykh kompleksov promyshlennogo i magistralnogo zheleznodorozhnogo transporta: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. [Development of a transport service technique at the enterprises on the basis of sorting complexes of an industrial and main railway transportation interaction optimization: Doctoral dissertation author's abstract]. Moscow, 1996, 22 p.
7. Kaigorodtcev A.A., Rakhmangulov A.N. Faktory effektivnosti logisticheskikh raspredelitelnykh centrov. [Factors of logistics and distribution centers efficiency]. *Vestnik transporta Povolzhia* [The Bulletin of the Volga Region Transport], 2013, no. 2(38), pp. 11-19.
8. Rakhmangulov A.N., Mokhova N.E. Parametry i pokazateli gruzopotokov v sisteme upravleniya vneshnimi perevozkami mashinostroitelnykh predpriyatii. [Parameters and indicators of goods traffics in a control system of external transportations of the machine-building enterprises]. *Aktualnye problemy sovremennoi nauki, tekhniki i obrazovaniia* [Actual Problems of a Modern Science, Technics and Education], 2013, vol. 1, pp. 96-99.
9. Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Dudkin E.P., Gorshenin A.A. *Logistika remonta zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava* [Railway rolling stock logistics of repair]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2005, 182 p.
10. Kornilov S.N. Formirovanie i razvitie sistemy remonta zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava promyshlennykh predpriyatii na osnove logisticheskikh printsiptov: dis. ... dokt. tekhn. nauk [Formation and development of a railway rolling stock of the industrial enterprises repair system on the basis of logistical principles: Doctoral dissertation]. Saint-Petersburg, 2004, 267 p.
11. Kolga A.D., Khashiev V.A. *Pooperatsionnoe planirovanie remontov goronogo oborudovaniya* [Functional planning of mining equipment maintenance]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2008, no. 3, pp.5-7.
12. Kolga A.D., Sharipov R.Kh. Ocenka remontnoi tekhnologichnosti pogruzochno-vyemochnykh mashin. [Estimation of repair adaptability to manufacture of the mountain equipment]. *Dobycha, obrabotka i primenenie prirodnogo kamnya* [Extraction, processing and application of a natural stone], 2008, pp. 160-167.
13. Trofimov S.V., Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N. Metody razvitiya sistem promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta v izmeniaushchikhsya usloviyakh deyatelnosti predpriyatii. [Industrial railway transport systems development methods in changing conditions of the enterprises activity]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2004, 235 p.
14. Trofimov S.V., Rakhmangulov A.N. Vybor optimalnykh metodov operativnogo upravleniya rabotoi promyshlennykh transportnykh system. [Industrial transport system's operational management optimum methods choice]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2000, 145 p.
15. Mokhova N.E., Rakhmangulov A.N. Obespechenie svoevremennosti gruzovykh perevozkov mashinostroitelnykh predpriyatii. [Maintenance of timeliness of freight traffic of the machine-building enterprises]. *Sbomik nauchnykh trudov SWorld* [Collection of Scientific Papers SWorld], 2012, vol. 1, no.3, pp. 8-14.
16. Baginova V.V., Rakhmangulov A.N. Adaptivnaia organizatsiia vagonopotokov. [Adaptive System of Freight Traffic Operation]. *Mir transporta* [The Transport World], 2011, no. 3(36), pp. 132-138.
17. Rakhmangulov A.N., Osintsev N.A. Razrabotka programnykh metodov sokrashcheniya prostoya vagonov OAO «RZHD» na osnove optimizatsii marshrutov dvizheniya vagonopotokov na podezdnom puti OJSC «MMK»: onchet o NIR. [Program methods of idle time reduction of Open Society «Russian Railway» cars development on the basis of optimization of traffic volumes routes optimization on OJSC «MMK» rail road: unpublished]. Magnitogorsk, 2008, 134 p., №01200805160.
18. Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N. Razrabotka kontseptcii i programmy usileniya propusknoi i pererabatyvaiushchei sposobnosti zheleznodorozhnykh stantsii i peregonov OAO «MMK» na period do 2015 goda: onchet o NIR [The concept and the program of strengthening of throughput and processing ability of OJSC «MMK» railway yards development stages for the period till 2015: unpublished]. Magnitogorsk, 2011, 204 p., №01200805160.

19. Trofimov S.V., Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N. *Upravlenie transportnymi sistemami. Teoreticheskie osnovy* [Management of transport systems. Theoretical bases]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2001, 191 p.
20. Rakhmangulov A.N., Kopylova O.A. Problemy vybora mesta razmeshcheniya logisticheskikh centrov. [A choice of a logistical centers place problems]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russia Transport Complex], 2011, no. 1, pp. 58-67.
21. Rakhmangulov A.N., Kopylova O.A. Primenenie metoda sistemnoi dinamiki dlia issledovaniia faktorov razmeshcheniia elementov transportno-logisticheskoi infrastruktury. [System dynamics method application for research of a transport-logistical infrastructure elements factors placing]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russia Transport Complex], 2012, no. 2, pp. 92-97.
22. Rakhmangulov A.N., Kaigorodtcev A.A. Problema vybora mesta razmeshcheniya logisticheskogo raspredelitel'nogo centra. Sushchestvuiushchie podhody k resheniu. [Logistical distribution center choice of a place problem. Existing approaches to the decision]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russia Transport Complex], 2011, no. 1, pp. 39-48.
23. Rakhmangulov A.N., Mishkurov P.N. Osobennosti postroeniia imitacionnoi modeli tekhnologii raboty zheleznodorozhnoi stantsii v sisteme AnyLogic. [Features of railway yard technology simulation model construction in AnyLogic system]. *Sbornik nauchnykh trudov SWorld* [Collection of Scientific Papers SWorld], 2012, vol. 2, no. 4, pp.7-13.
24. Rakhmangulov A.N., Mishkurov P.N., Muraviev D.S. Ispolzovanie imitacionnogo modelirovaniya dlia ocenki pererabatyvaiushchei sposobnosti morskikh portov i obosnovaniya neobhodimosti sooruzheniya «suhogo» porta. [Using simulation process for evaluating the ability of sea ports and necessary facilities study «dry» port]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russia Transport Complex], 2013, no. 4, pp. 66-72.
25. Rakhmangulov A.N., Mishkurov P.N. K voprosu o tipizatsii promyshlennykh zheleznodorozhnykh stantsii. [Up to industrial railway station typing]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russia Transport Complex], 2013, no. 4, pp. 133-137.