

УДК 656.078.12

DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-4-58-71

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

М.И. МАЛЫШЕВ¹

¹ *Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия*

В процессе обзора российских и зарубежных исследований в области мультимодальных перевозок грузов рассмотрены существующие методы повышения их эффективности. Повышение эффективности мультимодальных перевозок сегодня возможно благодаря оптимизации системы взаимодействия используемых видов транспорта и непосредственно перевозки грузов, снижению затрат, оптимизации работы грузовых терминалов, формированию и развитию сети транспортных коридоров, использованию новых возможностей спутниковой навигации, уменьшению экологической нагрузки и экономии топлива. Важное значение имеет минимизация рисков на всем поле мультимодальных перевозок, совершенствование законодательной базы и процессов документооборота. Для решения этих задач предложены методы оперативного управления доставкой грузов и ускоренной перевозки. Определено место транспортной логистики в процессе доведения товаров до потребителя при мультимодальной перевозке. Разработана методология проектирования мультимодальной транспортной сети, предполагающая формирование и развитие транспортных коридоров с учетом новых условий глобализации перевозок. Проведены исследования организации перевозок с использованием мультимодальных транспортных единиц и технологий (контейнеры, контейнеры, «бегущее шоссе»). На базе теории управляемых сетей и методов целочисленного линейного программирования разработаны модели распределения грузопотоков, выбора наиболее благоприятных маршрутов перевозок, идеальной загрузки подвижного состава, перевозки грузов по алгоритму наилучшего экспедирования. Решению проблем, связанных с максимальной пропускной способностью транспортной сети и прогнозированием вмешательства погодных условий в процесс перевозки грузов, способствовали технологии управления, основанные на теореме Форда-Фалкерсона о максимальном потоке и минимальном разрезе и использовании математического аппарата цепей Маркова. В результате проведенного анализа сделан вывод, что отсутствие универсальной методологии управления процессами мультимодальных перевозок на основе телекоммуникационной платформы требует постановки и решения важной научно-практической проблемы – разработки востребованных организационно-управленческих методов и технологических решений для обеспечения эффективности мультимодальных перевозок. Совокупность решаемых при этом задач имеет важное социально-хозяйственное значение для Российской Федерации.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, прямые смешанные перевозки, прямое смешанное сообщение, транспортные системы, перевозка грузов, развитие транспорта, телекоммуникационная платформа, технологии перевозок.

ВВЕДЕНИЕ

Транспортная отрасль способствует социально-экономическому развитию страны, её регионов, содействует повышению качества жизни населения, обеспечивая доставку сырья, комплектующих, оборудования к месту производств и готовой продукции внутри страны и за ее пределы, а также транзит грузов.

Цель работы транспорта – максимальное обеспечение народного хозяйства и населения услугами перевозок. Если рассматривать услуги транспорта как ресурс, который использует весь народнохозяйственный комплекс и жители страны, то повышение эффективности результата работы всех сфер народного хозяйства в большой степени зависит от качества, рациональности и экономичности перевозок [1].

Таким образом, показатель эффективности работы транспорта нельзя ограничивать схемой доходы минус издержки, а следует оценивать совокупностью технических и экономических показателей.

Объем грузоперевозок растет, следовательно, необходимо увеличивать мощность всех видов транспорта и процессов, сопутствующих перевозкам. Актуальными для транспортной отрасли задачами будет увеличение пропускной способности, уменьшение времени и стоимости перевозки, улучшение прочих показателей качества предоставляемых услуг. Следствием такого развития отрасли является получение дополнительных доходов всеми участниками процесса.

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года ориентирована на преобразование и инновационное развитие национальной транспортной системы для удовлетворения потребностей экономики и общества при их современном развитии в качественных и конкурентоспособных транспортных услугах¹.

Такое развитие немыслимо без эффективных мультимодальных перевозок, а для России, имеющей огромные территории и удачное геополитическое расположение, эффективные мультимодальные перевозки имеют важное значения для выхода на международный рынок транспортных услуг.

Сформулированная цель транспортной стратегии, которая подразумевает интеграцию России в мировую транспортную сеть и расширение доступа российских операторов на рынки других государств, приведет к повышению значимости России в мировой транспортной политике и преобразованию мультимодальных перевозок в источник дохода от экспорта услуг [2].

Сложность взаимодействия видов транспорта заключается в разных принципах их работы. Однако при мультимодальных перевозках имеется возможность использовать преимущества задействованных видов транспорта, а сами такие перевозки имеют сравнительно малую себестоимость, способствуют улучшению экологической составляющей, обеспечению безопасности движения, экономии топлива электроэнергии. К примеру, внедрение мультимодальных перевозок в автомобильно-железнодорожно-водном сообщении обеспечивает снижение затрат на 15-20% [3, 4].

С целью повышения эффективности работы и снижения рисков на разных видах транспорта в мультимодальных перевозках необходим совокупный взгляд на решение проблем управления такими перевозками. Главное направление совершенствования мультимодальных перевозок заключается во внедрении в процесс управления технологий будущего, в основном из области телекоммуникаций (единые цифровые платформы, в том числе электронные биржи, транспортный интернет вещей, облачные ресурсы, развитие телематики, распространение беспилотного транспорта).

В результате внедрения указанных технологий должна стать возможная предиктивная аналитика, в том числе планирование ремонта подвижного состава и предсказание спроса [5].

МЕТОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе проведения исследования автором изучены работы российских и зарубежных ученых в сфере мультимодальных перевозок и управления ими с помощью современных электронных технологий.

Было рассмотрено более 450 исследований в области прямых смешанных перевозок. Из них для проведения анализа были отобраны работы, посвященные непосредственно мультимодальным перевозкам по таким критериям, как: актуальность исследования в соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации и ведомственной целевой программой Министерства транспорта Российской Федерации «Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации»; соответствие основным тенденциями развития мультимодальных транспортных систем; наличие в работе прогрессивных решений наиболее актуальных задач.

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года №1734-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс] // Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902132678/> (дата обращения: 02.04.2020).

После проведения анализа исследований были сопоставлены их результаты, выделены основные направления и практическая значимость. Обозначены требующие внимания задачи и пути их решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Российскими и зарубежными учеными на протяжении последних десятилетий проводятся исследования в области смешанных и мультимодальных перевозок. За это время собран существенный объем знаний, опыта и открытий.

Мультимодальная транспортная инфраструктура включает в себе работу нескольких разных видов транспорта в соответствии с их транспортно-эксплуатационными показателями и технологиями работ, грузовых терминалов и распределительных центров, осуществляющих в том числе и перегрузочные работы, разветвленную систему транспортных коридоров, совокупность нормативно-правовых документов.

В целях развития такой системы предложены методы оперативного управления доставкой грузов при мультимодальных перевозках и проведен анализ количественных характеристик работы транспорта на международных маршрутах. Осуществлена оценка факторов, влияющих на эффективность функционирования подвижного состава и моделирование его работы в процессе перевозки грузов. Разработана методика расчета вероятности доставки грузов при выполнении международного маршрута. Предложено программное обеспечение для расчета различных характеристик работы подвижного состава на маршруте. Подготовлена система ускоренных мультимодальных перевозок и моделирования грузопотоков на основе управляемых сетей, анализа состояния и перспектив развития мультимодальных перевозок [6, 7, 8].

Для обеспечения максимально продуктивного взаимодействия задействованных видов транспорта определены базисные составляющие показателей деятельности транспортно-логистических центров как элементов систем взаимодействия видов транспорта. Применены принципы взаимодействия железнодорожного, воздушного, водного и автомобильного транспорта Организации перевозок в разнородной транспортной цепи и оптимального размещения грузовых терминалов [3, 9, 10, 11].

В процессе исследования принципов взаимодействия разных видов транспорта были поставлены задачи определения содержания транспортной логистики, ее место и роль при взаимодействии видов транспорта. Изучен процесс формирования логистических цепей. Выполнена процедура систематизации функций перевозчиков в рамках логистики. Осуществлено классифицирование участников транспортно-логистических процессов. Определено место, занимаемое транспортной логистикой в процессах, связанных с доставкой грузов до получателей в мультимодальной перевозке. Проведен сравнительный анализ технологий, применяемых для формирования транспортных логистических цепей. Выполнена систематизация, разработаны принципы формирования и технология функционирования логистических центров, в том числе в смешанном сообщении. Рассмотрено управление грузовыми потоками и выполнен анализ современных подходов к движению товаров [9].

Разработанная математическая модель логистической системы транспортировки грузов автомобильным транспортом позволяет до 7% сократить затраты, связанные с их простоем [12].

Установлены стандартные подходы к управлению и особенности движения грузового, транспортного и сопутствующих им потоков. Сформированы принципы причинно-следственной взаимосвязи функций перевозчиков, позволяющие определить задачи транспортных организаций в рамках логистики [9].

Разработана методология проектирования мультимодальной транспортной сети, предполагающая формирование и развитие систем транспортных коридоров с учетом новых условий глобализации перевозок, международной конкуренции и интеграции [2].

Также особое внимание уделяется уровню обслуживания в мультимодальном контексте. Показатели эффективности определяются с точки зрения поставщика услуг и их пользователя. Эти показатели сравниваются, а затем предлагается аналитическая основа мультимодального коридора и разрабатывается методология определения и объединения показателей эффективности для такого коридора. Методология определяется в контексте оценки с целью выбора среди альтернативных коридоров. Подход основан на теории полезности, и количественно эти показатели производительности определяются как косвенные функции полезности типа, используемого в моделях выбора. Комбинируя показатели эффективности для различных элементов мультимодального коридора, методология признает, что некоторые из них являются аддитивными, просто или с соответствующими весами, в то время как другие не являются аддитивными вообще и демонстрируют такие явления, как слабое звено или максимальное усилие. Безопасность является хорошим примером этого. Основное предположение заключается в том, что многие метрики уровня обслуживания являются неаддитивными и для их комбинации для мультимодальных систем требуются конкретные модели, отражающие то, как атрибуты влияют на пользователей различных режимов и во время различных сегментов мультимодального путешествия [13].

Выполнены исследования организации перевозок с использованием мультимодальных транспортных единиц (контейнеров, контрейлеров, съемных кузовов и т.д.). Рассмотрены методы оперативной перегрузки мультимодальных транспортных единиц между подвижным составом разных видов транспорта и технологии организации перевозок автомобильным и железнодорожным транспортом с их использованием, например, технологии «бегущее шоссе» [3, 14, 15].

Предложено развитие мультимодальной транспортной сети, предполагающее ликвидацию дефицита ее пропускной способности, строительство или реконструкция грузовых терминалов в портах, например, «сухого» порта в г. Уссурийск, новых железнодорожных путей, создание собственного морского флота для перевозки грузов водным транспортом, организацию мониторинга фактического состояния и пропускной способности необходимых элементов Транссиба [2].

Предложена методология повышения эффективности перевозки грузов на основе управления рисками. Для этого обозначены основные особенности осуществления обслуживания на транспорте, взаимосвязи всех видов транспорта, задействованных в мультимодальной перевозке, взаимозависимости при составлении прогноза по срокам поступления грузов на грузовые терминалы [16].

Выработаны методические основы составления плановых заданий реализации мультимодальных процессов доставки грузов и рекомендации, позволяющие минимизировать рисковую нагрузку, возникающую при доставке грузов, путем противопоставления возможных сценариев течения транспортно-технологических процессов [10].

Разработана методика оценки рисков с использованием факторного анализа и проведен практический анализ влияния рисков на эффективность процесса перевозок грузов в мультимодальной системе. Выявлены основные факторы риска: человеческий; организационный; технико-технологический; экономический; социально-политический; инфраструктурный; природный; региональный. Проведена оценка этих факторов и разделение на внутренние, – действующие внутри транспортной системы, и внешние, – оказывающие влияние на систему снаружи. Всем факторам обозначены меры управления, которые способствуют снижению их отрицательного влияния [6].

В целях оптимизации работы транспортной системы разработаны математические модели развития и управления в мультимодальной транспортной сети, используемые при моделировании смешанных перевозок и сопутствующих процессов [3, 12, 17, 18].

Непосредственное отношение к мультимодальным перевозкам имеют математические модели: прогнозирования распределения грузопотоков в транспортной сети и осуществление контроля на базе теории управляемых сетей; выбора наиболее благоприятных маршрутов перевозок на

основе методов целочисленного линейного программирования; идеальной загрузки подвижного состава в зависимости от ситуации и условий доставки, основанной на взаимосвязи случайного входящего потока грузов; совершенствования перевозки с помощью многоуровневой логистической системы использования процессов обработки, перераспределения и доставки грузов в мультимодальных перевозках; перевозки грузов по алгоритму наилучшего экспедирования [3, 12].

Эффективная организация логистических систем в мультимодальных сообщениях обеспечивается методикой оценки максимальной пропускной способности транспортной сети, основанной на теореме Форда-Фалкерсона о максимальном потоке и минимальном разрезе и методикой прогнозирования вмешательства погодных условий в процесс перевозки грузов на основе использования математического аппарата цепей Маркова. Матрица переходных вероятностей марковского процесса по статистическим данным о сроках начала и окончания влияющих на перевозку погодных явлений использована на практике [10].

Применение всего разработанного математического аппарата на транспортно-логистическом предприятии и системном интеграторе в логистике мультимодальных перевозок позволяет сократить время доставки грузов на 18-20%, а совокупное сокращение издержек при этом возможно до 15%. Наибольший положительный эффект от применения математического аппарата будет достигнут на предприятиях с большими объемами поступающего грузопотока [12].

Существующие экономико-математические модели управления мультимодальными перевозками не рассматривают поступающий нерегулируемый грузопоток и имеющиеся транспортно-распределительные ресурсы предприятия как одну взаимосвязанную систему, поэтому предложено решение задач повышения эффективности управления мультимодальными перевозками на основе управляемых сетей [12].

Предложена структура системы управления мультимодальным центром с учетом общей автоматизации диспетчерского управления доставкой грузов и рассмотрена возможность использования искусственного интеллекта для организации контроля за выполнением плановых процессов перевозки грузов с использованием телекоммуникационной системы управления [1].

Разработана методика автоматизированного формирования документов о текущем состоянии и результатах мультимодальной перевозки для участников этого процесса на базе решений с использованием самообучающегося алгоритма [16, 19].

Представлена цифровая инфраструктура транспортно-технологической системы и разработан научно-методологический подход к использованию больших объемов данных [10].

Задана схема взаимодействия цифровой составляющей мультимодальной транспортной системы, разработаны состав и назначение ее основных элементов. Разработана структура и определены основные функции цифровой системы управления транспортно-логистического центра [1].

Определены основные цели создания автоматизированной спутниковой навигационной системы для диспетчерского управления перевозками грузов и разработан комплекс мероприятий организационно-технологического и технического характера по внедрению методов и средств объективного инструментального контроля [20].

В Соединенных Штатах Америки приоритет отдается изучению риска и смягчению его последствий, уязвимости, адаптации, устойчивости к изменению климата и жизнеспособности транспортных систем [21].

Благодаря оптимизации отдельных транспортных процессов мультимодальных перевозок возможно снижение затрат на транспортировку грузов, улучшение экологической составляющей, обеспечение прозрачности информации о перевозках [22].

Для изучения транзитного потенциала мультимодальных систем разработаны аналитические выражения и методические рекомендации по оценке их провозных возможностей. Изучены факторы, определяющие степень нагрузки на мультимодальную систему в транзитном сообщении. Определены стратегические цели и приоритеты развития объектов транспортно-технологической инфраструктуры, принципы трансформации и оптимизации параметров

транспортного комплекса. Исследован механизм и обоснована модель состояний элементов транспортных потоков [23, 24].

Рассматривается возможность применения мультимодальных технологий перевозки в новых сферах, например, использование нескольких видов транспорта при эвакуации в связи со стихийными бедствиями и транспортировка неопасных отходов [25, 26].

Проблемой для автомобильного транспорта остается отсутствие достаточной правовой базы для управления грузопотоками в международных сообщениях. Установлена возможность и целесообразность применения международных стандартов качества в управлении мультимодальными перевозками [3, 9].

Было отмечено отличие зарубежного и российского транспортного рынка, в связи с чем стало неоправданным применение зарубежных технологий смешанных перевозок. Высказано утверждение, что, если при импорте грузов наиболее выгодным считается условие поставки Инкотермс FOB, то при мультимодальной перевозке наиболее прогрессивным является условие поставки CIF, однако это условие поставки практически не применяется в связи с отсутствием российских операторов смешанной перевозки и недостаточным количеством морских судов под российским флагом [9].

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В связи с постоянной трансформацией мультимодальных перевозок, растущим объемом грузопотока и все еще высоким уровнем совокупных затрат на доставку грузов необходимо увеличение эффективности процессов перевозки, которое может быть достигнуто за счет повышения надежности мультимодальной системы и оптимизации сопутствующих процессов, проработки основных факторов, определяющих специфику системы мультимодальной перевозки грузов [27].

ВЫВОДЫ

Научным сообществом достаточно внимательно изучены современные принципы работы отдельных видов транспорта и мультимодальных перевозок.

Анализ работ, отобранных для исследования, представлен в табл. 1.

Внимание российских исследователей в основном было направлено на совершенствование определенного вида транспорта, отдельных этапов мультимодальной перевозки или решение задач определенного региона, что не отвечает современным возможностям мультимодальных перевозок и телекоммуникационных технологий [12].

Таблица 1
Table 1

Сравнительный анализ актуальных исследований в области мультимодальных перевозок
A comparative analysis of relevant research in multimodal transportation

Тема, автор, год исследования	Научный вклад в методику повышения эффективности мультимодальных перевозок	Области, неохваченные исследованием
1	2	3
Совершенствование методов оперативного управления доставкой грузов автомобильным транспортом в международном сообщении. Володина О.А. 1999.	Дана оценка факторам, обеспечивающим работу подвижного состава в режиме «Точно в срок». Предложено использовать программное обеспечение для расчета временных характеристик работы подвижного состава на маршруте.	Не ставилась задача исследовать процессы доставки грузов другими видами транспорта. Использование электронных программ предусмотрено для расчета временных характеристик.

Продолжение таблицы 1
Continuance of Table 1

1	2	3
Анализ и стратегическое планирование работы транспортно-экспедиторской компании - оператора мультимодальной перевозки. Дружинина О.М. 2002.	Проведен анализ эффективности организации мультимодальной перевозки.	Основной задачей не являлась разработка методик повышения эффективности мультимодальных перевозок на всех этапах движения груза.
Исследование логистических аспектов управления автомобильным транспортом в международных транспортных коридорах. Хегай Ю.А. 2003.	Предложена математическая модель комплексной оценки функционирования и развития транспортной системы.	Не ставилась задача исследования логистических процессов и управления другими видами транспорта в мультимодальных перевозках.
Planificación estratégica del transporte intermodal de mercancías a larga distancia y sus procesos logísticos la multiodalidad en la gestión de la cadena de suministro. Juan Carlos Elizagárate Gutiérrez. 2007.	Исследование посвящено созданию сетей логистических платформ по всей Европе, использованию морских портов в качестве остановочных пунктов для разных видов транспорта.	Не ставилась цель усовершенствовать процессы мультимодальных перевозок с помощью цифровых технологий.
Теоретические и методологические основы развития транзитного потенциала автотранспортных систем регионов. Ларин О.Н. 2008.	Описана модель и выявлены закономерности функционирования и развития транспортных систем.	Не ставилась задача охватить в полном объеме воздушный, железнодорожный, водный и трубопроводный виды транспорта.
Методология транспортно-логистического взаимодействия при мультимодальных перевозках. Балаев А.С. 2010.	Исследованы организационно-технологические проблемы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта и направления их решения. Проведен анализ деятельности корпоративных логистических центров на железнодорожном транспорте.	Основной целью исследования не являлось выявление и решение научно-технических проблем взаимодействия с автомобильным и воздушным транспортом.
Методология организации контейнерных и контейнерных перевозок в мультимодальных автомобильно-железнодорожных сообщениях. Кириллова А.Г. 2010.	Исследованы вопросы организации логистических процессов и оптимизация перевозок с использованием интермодальных транспортных единиц.	Не ставилась задача исследовать процессы доставки грузов водным и воздушным видами транспорта их взаимодействия с автомобильным и железнодорожным транспортом.
Ресурсоориентированное развитие приграничной региональной транспортной системы. Красильникова Н.Н. 2011.	Исследование посвящено анализу и совершенствованию региональной транспортной системы.	Целью исследования не являлся охват национальной мультимодальной транспортной системы в полном объеме.
Совершенствование переработки грузопотоков на терминально-логистических комплексах при мультимодальных перевозках грузов в крупнотоннажных контейнерах. Алиев Г.Н. 2012.	Исследование посвящено доставке грузов в крупнотоннажных контейнерах, в том числе организации взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта.	Не ставилась цель усовершенствовать процессы мультимодальных перевозок с помощью цифровых технологий.
Повышение эффективности управления системой ускоренных мультимодальных перевозок путем моделирования грузопотоков на основе управляемых сетей. Трегубов П.Г. 2015.	Разработана модель управления транспортно-распределительной сетью и логистическая модель управления доставкой грузов с учетом глобальной интеграции в едином транспортном поле.	Не ставилась цель усовершенствовать процессы мультимодальных перевозок с помощью цифровых технологий.

Продолжение таблицы 1
Continuance of Table 1

1	2	3
Optimisation des problèmes de transport multimodal. Mustapha Oudani. 2016.	В исследовании представлены основные ключевые концепции мультимодальности в интермодальных транспортных сетях и современные проблемы этой области. Изучена проблема перемещения железнодорожных челноков, которая заключается в оптимизации передачи набора контейнеров между морскими терминалами и мультимодальным терминалом. Смоделирована задача планирования грузовых поездов для размещения на железнодорожных путях.	Основной упор сделан на взаимодействие водного и железнодорожного видов транспорта через мультимодальные терминалы. Изучение взаимодействия прочих видов транспорта не являлось целью исследования.
Методология проектирования мультимодальной транспортной сети. Нестерова Н.С. 2017.	Изучены элементы МТС и коэффициент их готовности к освоению потребного объема перевозок. Проанализированы факторы, влияющие на изменение МТС. Предложена концепция проектирования, теоретико-множественная модель и система показателей для оценки стратегий развития МТС.	Не ставилась цель усовершенствовать процессы мультимодальных перевозок с помощью цифровых технологий.
Optimisation de la chaine logistique des déchets non dangereux. Tonneau Q.A. 2017.	Предложено решение проблемы транспортировки не опасных отходов. Оптимизирована цепочка сбора и перевозки отходов на тактическом и оперативном уровне.	Область исследования направлена на перевозку одного определенного вида грузов. Возможность применения полученных результатов для перевозки других грузов не рассматривалась.
Modeling of multimodal transportation systems of large networks. Kwami Sossoe. 2017.	Рассмотрено моделирование мультимодальной транспортной сети и ее оптимизация. Проведено прогнозирование и регулирование потоков трафика в крупных наземных сетях. Разработан симулятор транспортного потока для регулирования движения мультимодальных транспортных средств.	В исследовании недостаточно внимания уделено воздушному и водному видам транспорта.
Формирование области экономически эффективных стратегий этапного развития облика и мощности Владивостокского мультимодального транспортного узла для реализации контейнерного транзита. Бондаренко Н.В. 2018.	Описаны основы создания информационной базы данных для формирования множества возможных альтернатив развития облика и мощности ВМТУ припортового региона юга Приморского края для реализации контейнерного транзита.	Задачей исследований не являлось совершенствование мультимодальных перевозок грузов по всей территории страны.
Lightweighting Shipping Containers: Life Cycle Impacts on Multimodal Freight Transportation. Buchanan C.A. 2018.	Исследование посвящено изучению жизненного цикла контейнеров в мультимодальных перевозках. Рассмотрены вопросы потребления энергии, выбросов парниковых газов и других воздействий на окружающую среду при эксплуатации контейнеров.	Рассмотрено несколько маршрутов перевозки морских контейнеров из Шанхая в Детройт. Другим направлениям не уделено достаточно внимания.

Продолжение таблицы 1
Continuance of Table 1

1	2	3
Gestion de flot de conteneurs et de véhicules dans un réseau multimodal. Mohamed Hemmidy. 2018.	Изучена проблема управления потоком контейнеров и транспортных средств в мультимодальной сети.	Основной упор сделан на теоретические исследования. Недостаточно внимания уделено методике адаптации результатов исследования на практике.
Повышение эффективности доставки грузов для севера России на основе управления рисками. Филиппова Н.А. 2020.	Исследованием охвачены вопросы пропускной способности транспортной сети с учетом прогнозирования природных явлений. Осуществлено исследование влияния рисков на устойчивость и эффективность перевозок. Описаны процессы эффективного контроля транспортных средств с использованием методов геоинформатики и спутниковой навигации, а также методы определения расстояния, пройденного на маршруте с помощью цифровой модели. Предложена цифровая инфраструктура мультимодальной транспортной системы северного завоза. Разработана автоматизированная система управления транспортно-логистического центра.	Задачей исследований не являлось совершенствование мультимодальных перевозок грузов по всей территории страны.

Недостаточно внимания уделено проблемам взаимодействия с трубопроводным видом транспорта в мультимодальных перевозках и не предусмотрена возможность участия в качестве транспортной организации объектов трубопроводного транспорта и компаний, осуществляющих транспортировку газа, нефти и нефтепродуктов. При этом субъектами предпринимательской и иной деятельности указывается, что оказание услуг транспортировки по трубопроводу по своим признакам полностью соответствует определению договора перевозки, указанному в статье 785 Гражданского кодекса Российской Федерации, и может быть составной частью прямых смешанных (комбинированных) перевозок².

Зарубежные исследования выделяют более конкретизированную направленность. Например, изучение процесса доставки определенного вида груза или маршрута перевозки.

В опубликованных теоретико-прикладных исследованиях совершенствование мультимодального сообщения на основе телекоммуникационных технологий не являлось основной задачей. Исследования проблемы применения телекоммуникационных технологий в мультимодальных перевозках нельзя считать исчерпывающими.

Методологии управления процессами мультимодальных перевозок, использующей в своей основе телекоммуникационную платформу, не предложено. Отсутствие такой методологии можно считать научно-практической проблемой. Следовательно, необходима разработка методов, моделей и алгоритмов управления процессами мультимодальных перевозок на основе телекоммуникационной платформы.

² Заключение Министерства экономического развития Российской Федерации об оценке регулирующего воздействия на проект федерального закона «О прямых смешанных (комбинированных) перевозках» №2045-СШ/Д26и от 30.01.2019 г. [Электронный ресурс] // Федеральный портал проектов нормативных правовых актов URL:<https://regulation.gov.ru/projects#npa=86150/> (дата обращения: 19.04.2020).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Филиппова Н.А., Каримова П.А.** Организация работы взаимодействующих видов транспорта по единым технологическим процессам // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 2. С. 42–45. DOI: 10.31044/1684-2561-2019-0-2-42-45
2. **Нестерова Н.С., Анисимов В.А., Гончарук С.М.** О формировании и развитии мультимодальной транспортной сети // Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2016. № 4. С. 39–48.
3. **Кириллова А.Г.** Математические модели организации контейнерных и контрейлерных перевозок. Задача оптимальной маршрутизации по автомобильно-железнодорожной транспортной сети // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2010. № 11. С. 29–32.
4. **Buchananac C.A.** Lightweighting shipping containers: Life cycle impacts on multimodal freight transportation / C.A. Buchananac, M. Chararaa, J.L. Sullivana, G.M. Lewis, G.A. Keoleian // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2018. Vol. 62. Pp. 418–432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.03.011>
5. **Trofimenko Yu.V.** Modeling principles of the digital infrastructure of it services in sustainable low carbon transport systems / Yu.V. Trofimenko, A.G. Nekrasov, K.I. Atyev, A.S. Sinitsyna // International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7, iss. 2. Pp. 386–389. DOI: 10.14419/ijet.v7i2.28.13216
6. **Филиппова Н.А., Беляев В.М., Власов В.М.** Навигационный контроль доставки грузов в условиях Севера России // Мир транспорта. 2019. Т. 17, № 4 (83). С. 218–231. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-4-218-231
7. **Володина О.А.** Методы совершенствования скоростной системы доставки грузов в международном сообщении // Логистика и бизнес: сборник материалов первой межотраслевой научно-методической и научно-практической конференции «Логистика в современных условиях развития экономики РФ». Москва, 29 января 1997 г. М.: БРАНДЕС, 1997. 430 с.
8. **Sosoe K.S., Lebacque J.P.** Reactive dynamic assignment for a bi-dimensional traffic flow model // Advances in Systems Science. ICSS 2016. Advances in Intelligent Systems and Computing / in J. Świątek and J. Tomczak (eds.). Springer, Cham. 2017. Vol. 539. Pp. 179–188. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48944-5_17
9. **Балалаев А.С.** Технологические аспекты повышения качества мультимодальных перевозок крупнотоннажных контейнеров по Транссибу // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2010. № 3. С. 6–9.
10. **Филиппова Н.А., Мороз Л.Г., Доленко Д.В.** Применение метода сетевого планирования и управления для планирования мультимодальной перевозки // International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8, № 3-2. С. 49–68.
11. **Yuan Y., Yu J.** Locating transit hubs in a multi-modal transportation network: A cluster-based optimization approach // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2018. Vol. 114. Pp. 85–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.03.008>
12. **Миротин Л.Б.** Повышение эффективности грузовых перевозок на основе создания устойчивой транспортно-логистической системы модульного типа для высокоскоростной обработки и доставки грузов / Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов, П.В. Степанов, П.Г. Трегубов // Вестник МАДИ. 2013. № 3 (34). С.61–65.
13. **Kanafani A., Wang R.** Measuring multimodal transport level of service [Электронный ресурс] // Working Papers from University of California Transportation Center. August 2010. URL: <https://escholarship.org/uc/item/9k74n1b5> (дата обращения 03.04.2020).
14. **Funke J., Kopfer H.** A model for a multi-size inland container transportation problem // Transportation Research Part E 89: Logistic and Transportation review. 2016. Vol. 89. Pp. 70–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.02.010>

15. Ferrari P. The dynamics of modal split for freight transport // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2014. Vol. 70. Pp. 163–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.07.003>

16. Беляев В.М., Филиппова Н.А. Основные принципы разработки стратегии планирования процесса перевозки грузов в современных рыночных условиях в северные регионы России // *Грузовое и пассажирское автохозяйство*. 2015. № 2. С. 54–58.

17. Нестерова Н.С. Концепция методологии проектирования развития мультимодальной транспортной сети // *Проектирование развития региональной сети железных дорог: сборник научных трудов / Под ред. В.С. Шварцфельда*. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. 2016. Вып. 4. С. 55–61.

18. Benghalia A. Optimization-simulation for maritime containers transfer / A. Benghalia, M. Oudani, J. Boukachour, D. Boudebous, A.E. Alaoui // *International Journal of Applied Logistics*. 2014. Vol. 5, iss. 2. Pp. 50–61.

19. Shilimov M.V. The analytical test of methodological approaches to the increasing the level of automation of the basic functions of the car dispatching of the cargo delivery to northern regions of the Russian Federation / M.V. Shilimov, P.P. Koshkarev, N.A. Filippova, V.M. Belyaev, I.V. Odinokova // *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*. 2017. Vol. 12, no. 21. Pp. 11532–11535.

20. Власов В.М., Филиппова Н.А. Методология повышения эффективности и надёжности транспортно-технологической мультимодальной системы Севера России // *Научный вестник МГТУ ГА*. 2019. Т. 22, № 6. С. 55–65. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-6-55-65

21. Renne J. *Creating resilient transportation systems. Policy, planning and implementation* / J. Renne, K. Kim, P. Murray-Tuite, A. Pande, B. Wolshon. 1st ed. Elsevier, 2020. 244 p.

22. Lăpăduși M.L., Cărunțu C. Transport efficiency through multimodalism [Электронный ресурс] // *Ovidius University Annals. Economic Sciences Series*. 2013. Vol. XIII, iss. 2. Pp. 45–50. URL: <http://stec.univ-ovidius.ro/html/anale/ENG/cuprins%20rezumate/volum2013p2.pdf> (дата обращения 03.04.2020).

23. Ларин О.Н., Пеньковский А.В. Перспективы развития транзитных сообщений по автодорожной сети Челябинской области // *Наука ЮУрГУ: материалы 60-й юбилейной научной конференции. Секция технических наук*. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2008. Т. 1. С. 7–9.

24. Ларин О.Н. Методологические аспекты интеграции различных видов транспорта в единую систему // *Вестник транспорта*. 2007. № 7. С. 10–13.

25. Yanga X., Van X., Mitchell J. Modeling multimodal transportation network emergency evacuation considering evacuees' cooperative behavior // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2018. Vol. 114, part B. Pp. 380–397. DOI: 10.1016/j.tra.2018.01.037

26. Tonneau Q.A. Optimisation de la chaîne logistique des déchets non dangereux [Электронный ресурс] // *Recherche opérationnelle. Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique*. Français. 2017. URL: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01729672/document> (дата обращения 23.06.2020).

27. Filippova N.A., Belyaev V.M. Methodology of organization of the northern regions multimodal transportation system // *Fundamental and Applied Studies in the Modern World: The XIV International Academic Congress. Papers and commentaries volume II*. United Kingdom, Oxford, 23-25 May 2015. Oxford University Press. 2015. Pp. 249–254.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Малышев Максим Игорьевич, к.т.н., доцент кафедры «Менеджмент», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), dicorus@mail.ru.

RESEARCH REVIEW ON IMPROVING THE EFFICIENCY OF MULTIMODAL TRANSPORTATION BASED ON TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

Maxim I. Malyshev¹

¹ *Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
Moscow, Russia*

ABSTRACT

During the process of analyzing Russian and foreign studies in the field of multimodal cargo transportation, existing methods for improving the efficiency of the multimodal transport system are considered. Improving efficiency of multimodal transportation today is possible due to the optimization of the interaction system between the used modes of transport and transportation of goods. Cost reduction, optimization of cargo terminals, the formation and development of the transport corridors network also play an important role in improving this type of transportation. The use of the new capabilities of satellite navigation, as well as the importance of reducing the environmental load and fuel economy should not be underestimated. The minimization of risks throughout the field of multimodal transportation, the improvement of the legislative framework and document management processes are important. To solve these problems, experts propose methods for the operational management of cargo delivery and expedited transportation. Based on these methods, the place of transport logistics in the process of bringing goods to the consumer during multimodal transportation is determined. A methodology for designing a multimodal transport network has been developed, this methodology involves the formation and development of transport corridors, taking into account new conditions for the globalization of transportation. Researches on the organization of transportation using multimodal transport units and technologies (containers, trailers, "running highway") have been conducted. Based on the theory of controlled networks and integer linear programming methods, the experts developed mathematical models for the distribution of cargo flows, the choice of the most favorable transportation routes, ideal loading of rolling stock, and transportation of goods using the best forwarding algorithm. Methods are proposed for assessing the maximum capacity of the transport network and predicting the interference of weather conditions in the process of goods transportation, based on the Ford-Fulkerson theorem on the maximum flow and minimum cross section and the use of the mathematical apparatus of Markov chains. As a result of the analysis, it was concluded that the lack of a universal methodology for managing multimodal transportation processes on the basis of a telecommunication platform requires the formulation and solution of the important scientific and practical problem - the development of popular organizational and management methods, technological solutions to ensure the effectiveness of multimodal transportation. The totality of the tasks to be solved in this case has important socio-economic significance for the Russian Federation.

Key words: multimodal transportation, direct mixed transportation, transport systems, cargo transportation, transport development, telecommunication platforms, transportation technologies.

REFERENCES

1. **Filippova, N.A. and Karimova, P.A.** (2019). *Operation organization of interacting transport types as common technological processes*. Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya, no. 2, pp. 42–45. DOI: 10.31044/1684-2561-2019-0-2-42-45. (in Russian)
2. **Nesterova, N.S., Anisimov, V.A. and Goncharuk, S.M.** (2016). *About the forming and development of multimodal transport network*. *Proyektirovaniye razvitiya regionalnoy seti zheleznikh dorog*, pp. 39–48. (in Russian)
3. **Kirillova, A.G.** (2010). *Mathematical models of the organisation container and trailer transportations. A problem of optimum routeing on an auto-railway transport network*. *Transport: science, technology, management*. (Scientific Information Collection), no. 11, pp. 29–32. (in Russian)
4. **Buchananac, C.A., Chararaa, M., Sullivana, J.L., Lewis G.M. and Keoleian, G.A.** (2018). *Lightweighting shipping containers: Life cycle impacts on multimodal freight transportation*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 62, pp. 418–432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.03.011>
5. **Trofimenko, Yu.V., Nekrasov, A.G., Atyev, K.I. and Sinitsyna, A.S.** (2018). *Modeling principles of the digital infrastructure of it services in sustainable low carbon transport systems*. *Inter-*

national Journal of Engineering and Technology (UAE), vol. 7, issue 2, pp. 386–389. DOI: 10.14419/ijet.v7i2.28.13216

6. **Filippova, N.A., Belyaev, V.M. and Vlasov, V.M.** (2019). *Navigation control of cargo transportation in the north of Russia*. Mir Transporta, vol. 17, no. 4 (83), pp. 218–231. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-4-218-231. (in Russian)

7. **Volodina, O.A.** (1997). *Metody sovershenstvovaniya skorostnoy sistemy dostavki грузов v mezhdunarodnom soobshchenii* [Methods for improving the high-speed system of cargo delivery in international traffic]. Logistika i biznes: sbornik materialov pervoy mezhotraslevoy nauchno-metodicheskoy i nauchno-prakticheskoy konferentsii «Logistika v sovremennykh usloviyakh razvitiya ekonomiki Rossiyskoy Federatsii» [Logistics and business: The collection of materials of the first interdisciplinary scientific-methodical and scientific-practical conference «Logistics in the modern conditions of economic development of the Russian Federation»]. Moscow: BRANDES, 430 p. (in Russian)

8. **Sosoe, K.S. and Lebacque, J.P.** (2017). *Reactive dynamic assignment for a bi-dimensional traffic flow model*. Advances in Systems Science. ICSS 2016. Advances in Intelligent Systems and Computing, in J. Świątek and J. Tomczak (eds.), vol. 539, pp. 179–188. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48944-5_17

9. **Balalaev, A.S.** (2010). *Tekhnologicheskiye aspekty povysheniya kachestva multimodalnykh perevozok krupnotonnazhnykh konteynerov po Transsibu* [Technological aspects of improving the quality of multimodal transportation of large containers across the Trans-Siberian Railway]. Transport: science, technology, management. (Scientific Information Collection), no. 3, pp. 6–9. (in Russian)

10. **Filippova, N.A., Moroz, L.G. and Dolenko, D.V.** (2018). *Application of the network planning and management method for planning the multimodal transportation*. International Journal of Advanced Studies, vol. 8, no. 3-2, pp. 49–68. (in Russian)

11. **Yuan, Y. and Yu, J.** (2018). *Locating transit hubs in a multi-modal transportation network: A cluster-based optimization approach*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 114, pp. 85–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.03.008>

12. **Mirotin, L.B., Nekrasov, A.G., Stepanov, P.V. and Tregubov, P.G.** (2013). *Increase of efficiency of freight traffic on the basis of creation of steady transportno-logistical system of high-speed processing and delivery of cargoes*. Vestnik Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta), no. 3 (34), pp. 61–65. (in Russian)

13. **Kanafani, A. and Wang, R.** (2010). *Measuring multimodal transport level of service*. Working Papers from University of California Transportation Center. Available at <https://escholarship.org/uc/item/9k74n1b5> (accessed 03.04.2020).

14. **Funke, J. and Kopfer, H.** (2016). *A model for a multi-size inland container transportation problem*. Transportation Research Part E 89: Logistic and Transportation review, vol. 89, pp. 70–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.02.010>

15. **Ferrari, P.** (2014). *The dynamics of modal split for freight transport*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 70, pp. 163–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.07.003>

16. **Belyaev, V.M. and Filippova, N.A.** (2015). *Osnovnyye printsipy razrabotki strategii planirovaniya protsessa perevozki грузов v sovremennykh rynochnykh usloviyakh v severnyye regiony Rossii* [The basic principles of developing a strategy for planning the process of transportation of goods in modern market conditions in the northern regions of Russia]. Gruzovoye i passazhirskoye avtokhozyaystvo, no. 2, pp. 54–58 (in Russian)

17. **Nesterova, N.S.** (2016). *Kontseptsiya metodologii proyektirovaniya razvitiya multimodalnoy transportnoy seti. Proyektirovaniye razvitiya regionalnoy seti zheleznykh dorog: sbornik nauchnykh trudov* [The concept of methodology for the multimodal transport network development. Designing the development of a regional railway network], in V.S. Shvartsfelda (Ed.), Khabarovsk: Izdatelstvo DVGUPS, issue 4, pp. 55–61. (in Russian)

18. **Benghalia, A., Oudani, M., Boukachour, J., Boudebous, D. and Alaoui, A.E.** (2014). *Optimization-simulation for maritime containers transfer*. International Journal of Applied Logistics, vol. 5, issue 2, pp. 50–61.

19. **Shilimov, M.V., Koshkarev, P.P., Filippova, N.A., Belyaev, V.M. and Odinkova, I.V.** (2017). *The analytical test of methodological approaches to the increasing the level of automation of the basic functions of the car dispatching of the cargo delivery to northern regions of the Russian Federation*. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), vol. 12, no. 21, pp. 11532–11535.

20. **Vlasov, V.M. and Filippova, N.A.** (2019). *Methodology of the north of Russia transport and technological multimodal system efficiency and reliability improvement*. Nauchnyy Vestnik MGTU GA, vol. 22, no. 6, pp. 55–65. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-6-55-65. (in Russian)

21. **Renne, J., Kim, K., Murray-Tuite, P., Pande, A. and Wolshon, B.** (2020). *Creating resilient transportation systems. Policy, planning and implementation*. 1st ed. Elsevier, 244 p.

22. **Lăpăduși, M.L. and Căruntu, C.** (2013). *Transport efficiency through multimodalism*. Ovidius University Annals, Economic Sciences Series, vol. XIII, issue 2, pp. 45–50. Available at: <http://stec.univ-ovidius.ro/html/anale/ENG/cuprins%20rezumate/volum2013p2.pdf> (accessed 03.04.2020).

23. **Larin, O.N. and Penkovskiy, A.V.** (2008). *Perspektivy razvitiya tranzitnykh soobshcheniy po avtodorozhnoy seti Chelyabinskoy oblasti* [Prospects for the development of transit communications on the road network of the Chelyabinsk region]. Nauka YuUrGU: materialy 60-y yubileynoy nauchnoy konferentsii. Sektsiya tekhnicheskikh nauk [Materials of the 60th anniversary scientific conference. Section of Technical Sciences]. Chelyabinsk: Izdatelstvo YuUrGU, vol. 1, pp. 7–9. (in Russian)

24. **Larin, O.N.** (2007). *Metodologicheskiye aspekty integratsii razlichnykh vidov transporta v yedinuyu sistemu* [Methodological aspects of the integration of various modes of transport in a single system]. Vestnik transporta, no. 7, pp. 10–13. (in Russian)

25. **Yanga, X., Ban, X. and Mitchell, J.** (2018). *Modeling multimodal transportation network emergency evacuation considering evacuees' cooperative behavior*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 114, part B, pp. 380–397. DOI: 10.1016/j.tra.2018.01.037

26. **Tonneau, Q.A.** (2017). *Optimisation de la chaine logistique des déchets non dangereux*. Recherche opérationnelle. Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique. Available at: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01729672/document> (accessed 23.06.2020).

27. **Filippova, N.A. and Belyaev, V.M.** (2015). *Methodology of organization of the northern regions multimodal transportation system*. Fundamental and Applied Studies in the Modern World: The XIV International Academic Congress. Papers and commentaries volume II, United Kingdom, Oxford University Press, pp. 249–254.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Maxim I. Malyshev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Management Chair, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), dicorus@mail.ru.

Поступила в редакцию 21.04.2020
Принята в печать 23.07.2020

Received 21.04.2020
Accepted for publication 23.07.2020