



ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ – ПАРТНЕРСТВО ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ

Статья посвящена проблеме оптимизации транспортных систем в условиях растущей нагрузки. Переосмысливается метод, применяемый в настоящее время, который предполагает проектирование ИТС на основе формальных критериев оснащения без комплексного моделирования системных эффектов.

В качестве решения предлагается новая парадигма, основанная на непрерывной итерационной работе с цифровой транспортной моделью. Модель становится динамическим ядром системы, обеспечивая цикл «модель – проект – данные – модель». Такой подход не только повышает эффективность управления и инвестиций, но и создает основу для перехода к предиктивному управлению, интеграции с мультимодальными сервисами и поддержке автономного транспорта.

Основной проблемой любой транспортной системы является несоответствие ее пропускной способности реальному спросу на транспортные услуги, который имеет стохастиче-

ский характер. Любая транспортная сеть, оптимизированная для решения текущих задач, может потребовать изменений (уточнений) параметров функционирования в планируемом периоде. Наиболее бюджетный и действенный метод борьбы с транспортными проблемами – это создание оптимальной и гибкой схемы организации дорожного движения на основе анализа моделей различных схем оптимизации транспортных потоков [1].

Для решения этой достаточно сложной задачи предназначены инструменты транспортного планирования, реализованные на базе современных цифровых технологий и позволяющие создавать транспортные модели в статическом и динамическом формате. Современные системы такого класса включают средства моделирования транспортных, пассажирских и пешеходных потоков, инструменты для создания имитационных транспортных моделей дорог, развязок и иных транспортных сооружений, функционал оптимизации маршрутных сетей и расписания общественного транспорта, создания прогнозных транспортных моделей индивидуального, пассажирского и грузового транспорта, а также моделирование массовых мероприятий и разработку схем эвакуации при чрезвычайных ситуациях.

Использование транспортных моделей предоставляет возможность моделирования в реальном масштабе времени потенциальных «поведенческих» сценариев функционирования транспортной системы в условиях задаваемых параметров о текущем и прогнозном спросе на перевозки, а также о качестве обслуживания пользователей транспортных услуг. Обязательным условием при этом является наличие в качестве исходной расчетной базы точных и достоверных данных, максимально полно описывающих дорожно-транспортный комплекс, включая прогнозные параметры стратегий и сценариев социально-экономического развития территории его функционирования и планируемого уровня спроса на транспортные услуги.

Использование современных инновационных подходов к моделированию транспортных потоков, включая интеграцию классических транспортных моделей с моделями машинного обучения/искусственного интеллекта и технологиями обработки «больших данных», как для стратегических прогнозов, так и для оперативных задач является основным критерием «продвинутой» аналитических транспортных решений.

Активное развитие аналитических решений в сфере транспортного планирования ожидается в направлении предиктивного моделирования транспортных и пассажирских потоков на основе моделей различного типа, их адаптации для оперативных краткосрочных и среднесрочных прогнозов в увязке с интеллектуальными транспортными системами, обеспечивающими сбор первичных данных о текущих параметрах транспортных потоков, техническую реализацию рекомендаций по их оптимизации и дальнейший контроль и мониторинг установленных параметров дорожного движения.

Продолжающаяся урбанизация и устойчивое социально-экономическое развитие муниципальных образований в Российской Федерации в 2000-е годы и положительные параметры социально-экономического развития страны в целом создали условия для повышенного спроса населения на транспортные услуги. Рост числа транспортных средств и объемов пассажирских и грузовых перевозок повлек за собой увеличение нагрузки на улично-дорожную сеть городских агломераций и опорную сеть автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации.

Реализация задачи обеспечения растущего спроса на транспортные услуги возможна за счет двух взаимно дополняемых направлений деятельности: новое строительство, реконструкция участков дорожной сети и внедрение цифровых технологий оптимизации и управления транспортными потоками с использованием современных информационно-коммуникационных, телематических и интеллектуальных технологий. Совокупности таких технологий представляют собой современные интеллектуальные транспортные системы (далее – ИТС), являющиеся тем самым инструментом, без которого в современном мире невозможно достичь требуемого результата в части оптимизации транспортных потоков, организации и безопасности дорожного движения.

К концу 2024 года мероприятия по внедрению ИТС охватывали 62 городские агломерации в 57 субъектах

Российской Федерации. Важно отметить, что фокус этих мероприятий изначально был направлен на агломерации с населением свыше 300 тысяч человек, где проблемы транспортной перегруженности были наиболее острыми [2].

Поддержка указанных мероприятий в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» носит системный и финансово значимый характер. Консолидированный бюджет мероприятий по внедрению и развитию ИТС в рамках федерального проекта за период 2020–2025 годов превысил 24,6 млрд руб., что свидетельствует о последовательной и долгосрочной государственной политике в области развития ИТС [2].

Результаты апробации и эксплуатации ИТС свидетельствуют о позитивной динамике следующих показателей эффективности:

- В Белгородской агломерации зафиксировано снижение аварийности в 1,5 раза и количества раненых в ДТП в 2,5 раза. На отдельных участках отмечен рост интенсивности движения (до 11%), средней скорости (до 19%) и сокращение времени в пути (до 46%) [3].
- В Казанской агломерации наблюдается снижение количества ДТП на 28% и числа пострадавших на 25%. Режим движения в часы пик оптимизировался, что выразилось в сокращении времени задержек и повышении средней скорости на ключевых участках до 15% [4], [5].
- В Самарско-Тольяттинской агломерации на участках, оборудованных «умными детекторами», время прохождения сократилось на 9–22% при одновременном увеличении средней скорости транспортного потока на 7–18% [4] [6].
- В Тюменской агломерации пропускная способность городских дорог возросла на 10%. Например, на перекрестке улиц Мельникайте и Республики в утренний пиковый период регистрируется пропускная способность свыше 6000 автомобилей и 3000 пешеходов [4], [7].
- В Тульской агломерации достигнуто значительное снижение аварийности, повышение на 10% пропускной способности улично-дорожной сети и рост среднесуточной интенсивности движения на перекрестках на 20%. Отмечен положительный экологический эффект – снижение уровня загрязнения атмосферы на 7–9% [8], [9].

С 2025 года деятельность по внедрению и развитию ИТС продолжена в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» нового национального проекта «Инфраструктура для жизни».

Данный переход отражает эволюцию подходов к развитию транспортной системы. Акцент смещается с технического обновления инфраструктуры на ее социально ориентированную трансформацию, что полностью соответствует основным положениям Указа Президента Российской Федерации № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [10].



В новой парадигме ИТС рассматриваются не только как инструмент управления транспортом, но и как ключевой элемент формирования доступной комфортной городской среды. Это предполагает, что технологическое развитие улично-дорожной сети напрямую связывается с повышением качества жизни горожан, обеспечивая надежную транспортную доступность и способствуя развитию общественного транспорта.

Одной из ключевых и актуальных задач, с учетом обозначенных выше вызовов в части обеспечения транспортной мобильности и безопасного движения транспорта, является объединение существующих систем транспортного планирования и оптимизации транспортных потоков средствами динамической транспортной модели и управления дорожным движением с использованием инновационных технологий ИТС, включая информационную поддержку водителей, организацию безопасного движения подключенного и автономного высокоавтоматизированного транспорта с использованием инструментов динамической цифровой карты дорожного движения, в единое информационно-технологическое пространство, в идеале — формирование в дорожно-транспортном комплексе цифровой модели дорожного движения, обеспечивающей автоматизированный процессинг от долгосрочного планирования до оптимизации и оперативного управления дорожным движением в режиме реального времени, что в перспективе позволит обеспечить бесшовный процесс обмена информацией, своевременность и корректность формируемых и принимаемых решений в части планирования, оптимизации и управления транспортными потоками, включая поддержку движения высокоавтоматизированного транспорта.

Государственная политика в области развития дорожной инфраструктуры, выраженная в федеральном проекте «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства»,

предполагает активное внедрение ИТС в городских агломерациях [8, 11].

Однако действующая нормативная база, в частности постановление Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2017 г. № 1596 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы»» [12] и распоряжение Минтранса России от 27 апреля 2024 г. № АК 95-р [13], определяет транспортную модель как обязательный элемент лишь для достижения третьего уровня зрелости ИТС. Такой подход предполагает, что на начальных этапах создания ИТС допустимо проектирование, основанное на формальных критериях оснащения без проведения комплексного моделирования системных эффектов.

Это приводит к такому распределению бюджетных средств, когда инвестиции направляются на реализацию

локальных проектов, не прошедших предварительную оценку их влияния на транспортные потоки в масштабах всей агломерации. Ключевой недостаток такого подхода — игнорирование матриц корреспонденций как фундаментального параметра, определяющего пространственное распределение транспортного спроса. В результате внедряемые решения могут улучшать локальные показатели в точке своего применения, но при этом вызывать «затруднения» на смежных участках улично-дорожной сети.

В качестве альтернативы в рамках настоящей статьи предлагается подход, в основе которого лежит непрерывное использование и актуализация цифровой транспортной модели на всех стадиях жизненного цикла ИТС. Модель рассматривается не как статичный отчетный документ, а как динамическая основа для принятия оперативных решений в режиме онлайн и сохранения эффективности функционирования, а значит, и инвестиций, сделанных при внедрении ИТС.

Предлагаемая итерационная схема внедрения ИТС (рис. 1) при таком подходе имеет следующий алгоритм реализации:

1. Формируется статическая, а в перспективе — динамическая транспортная модель, аккумулирующая данные о конфигурации улично-дорожной сети, исходных матрицах корреспонденций и поведенческих характеристиках участников движения.
2. В процессе сценарного моделирования в транспортной модели разрабатывается проект оптимальной схемы организации дорожного движения, на основе которой уточняется действующий локальный проект создания ИТС (моделируются планируемые мероприятия).
3. По результатам реализации локального проекта ИТС регистрируются изменения в транспортных потоках. Инструментальные подсистемы ИТС (датчики, детекторы, подсистемы видеофиксации) фиксируют обнов-

ленные данные, отражающие новое состояние системы и актуальные матрицы корреспонденций.

4. На основе собранных данных производится калибровка и актуализация транспортной модели, обеспечивая соответствие модели реально наблюдаемой дорожно-транспортной ситуации.
5. Обновленная транспортная модель становится основой для тонкой настройки и оптимизации реализованного локального проекта, замыкая итерационный цикл «модель — проект — данные — модель».

Преимущества и перспективы предлагаемого подхода заключаются в том, что транспортная модель трансформируется в ключевой инструмент для объективной оценки эффективности управленческих решений и инвестиций в ИТС на всех стадиях жизненного цикла. В долгосрочной перспективе создание актуальной транспортной модели является обязательным условием для перехода к системе динамического управления движением в режиме реального времени, способной реагировать на изменение спроса и прогнозировать развитие транспортной ситуации. Формирование точной цифровой среды является фундаментом для интеграции предиктивных аналитических технологий, включая алгоритмы машинного обучения и когнитивные системы. Ключевым элементом становится создание и использование актуальной транспортной модели, позволяющей проводить высокоточное имитационное моделирование и оценивать последствия управленческих решений в виртуальной среде [14].

Траектория развития ИТС в глобальном масштабе [15] демонстрирует вектор движения от индивидуальных технических решений к единым интегрированным цифровым платформам и более тесной координации с другими инициативами, направленными на гармонизацию и облегчение обмена данными в секторах мобильности, транспорта и логистики с мультимодальной перспективой, обеспечивая основу эффективного использования данных для повышения устойчивости, безопасности, эффективности и отказоустойчивости транспортных цепочек, что в свою очередь, за счет коллаборации возможностей ИТС и цифровых логистических платформ, позволяет вплотную подойти к реализации мультимодальной услуги цифровой мобильности, предоставляющей информацию о дорожном движении и данные о поездках в части местоположения транспортных средств, расписания, доступности или тарифов для более чем одного вида транспорта, которая может включать функции, позволяющие осуществлять мониторинг логистики перевозок грузов, бронирование, оплату или получение проездных документов.

Белов М. Ю., начальник управления проектов ИТС
Свиственников А. А., заместитель начальника управления методологии ИТС
Павлов Н. В., начальник отдела разработки документов по стандартизации
 Материал предоставлен пресс-службой
 ФАУ «РОСДОРНИИ»

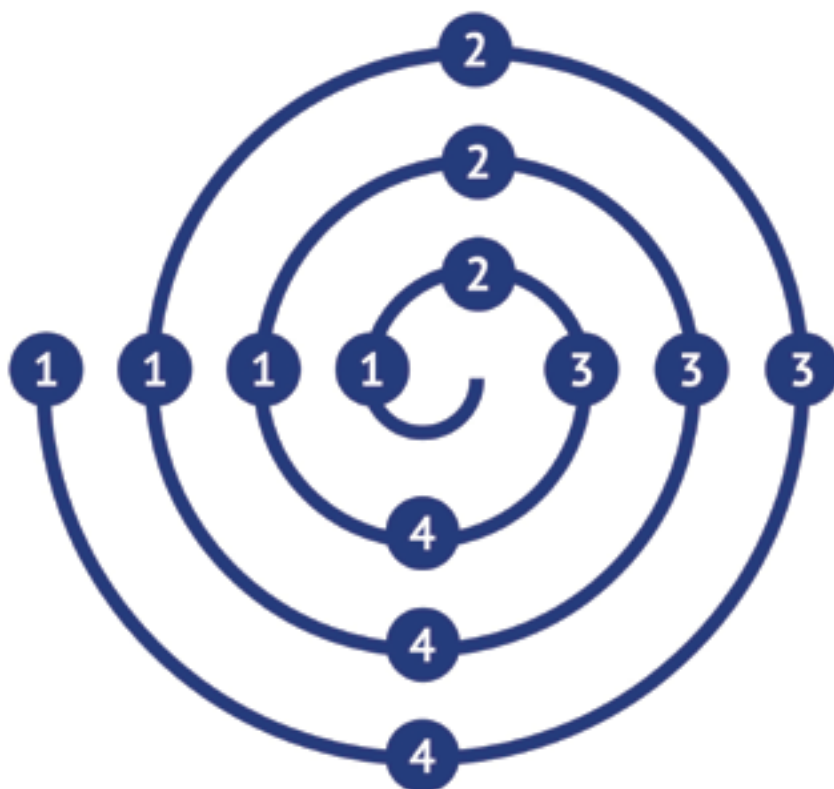


Рис. 1. Итерационная схема внедрения ИТС