

Анализ международных подходов к оценке эффективности интеллектуальных транспортных систем

// ANALYSIS OF INTERNATIONAL APPROACHES TO EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS //

Давыдов Р.Д.,
ФАУ «РОСДОРНИИ»,
г. Москва, Россия

Петрыкин В.О.,
ФАУ «РОСДОРНИИ»
г. Москва, Россия

Торопов Н.Ю.,
ФАУ «РОСДОРНИИ»
г. Москва, Россия

Журавлев А.Д.,
ФАУ «РОСДОРНИИ»
г. Москва, Россия

Аннотация

В последнее десятилетие ускорился темп внедрения интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах Российской Федерации, что потребовало разработки методики оценки их эффективности и автоматизации процессов мониторинга и управления. Целью статьи является критический обзор международного опыта в данной сфере, пригодного для применения в нашей стране.

Необходимость исследования обусловлена отсутствием в на-

стоящее время отечественных инструментов контроля результативности функционирования интеллектуальных транспортных систем.

С этой целью авторы детально проанализировали инструменты и подходы, применяемые Организацией Объединенных Наций, Всемирным банком, Международным транспортным форумом, а также профильными ведомствами США и Китая. Сделан вывод о фрагментарности существующих мировых методик и преобладании экспертных оценок. Сформированная в ходе исследования аналитическая база служит основой для создания отечественной системы оценки эффективности интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, эффективность, анализ, оценка, дорожно-транспортная инфраструктура.

Abstract

In the last decade, the pace of deploying intelligent transportation

systems on the highways of the Russian Federation has accelerated, requiring the development of a methodology to evaluate their efficiency and automate monitoring and management processes. The article aims to provide a critical review of international experience in this field applicable to our country.

The research is necessitated by the current lack of domestic tools to monitor the performance of intelligent transportation systems.

To this end, the authors closely analyzed the tools and approaches used by the United Nations, the World Bank, the International Transport Forum, and the relevant agencies of the United States and China. The authors conclude that existing global methodologies are fragmented and predominantly rely on expert assessments. The analytical framework developed during the study serves as a foundation for creating a domestic system to evaluate the efficiency of intelligent transportation systems.

Keywords: intelligent transportation system, efficiency, analysis, evaluation, road transport infrastructure.

Введение

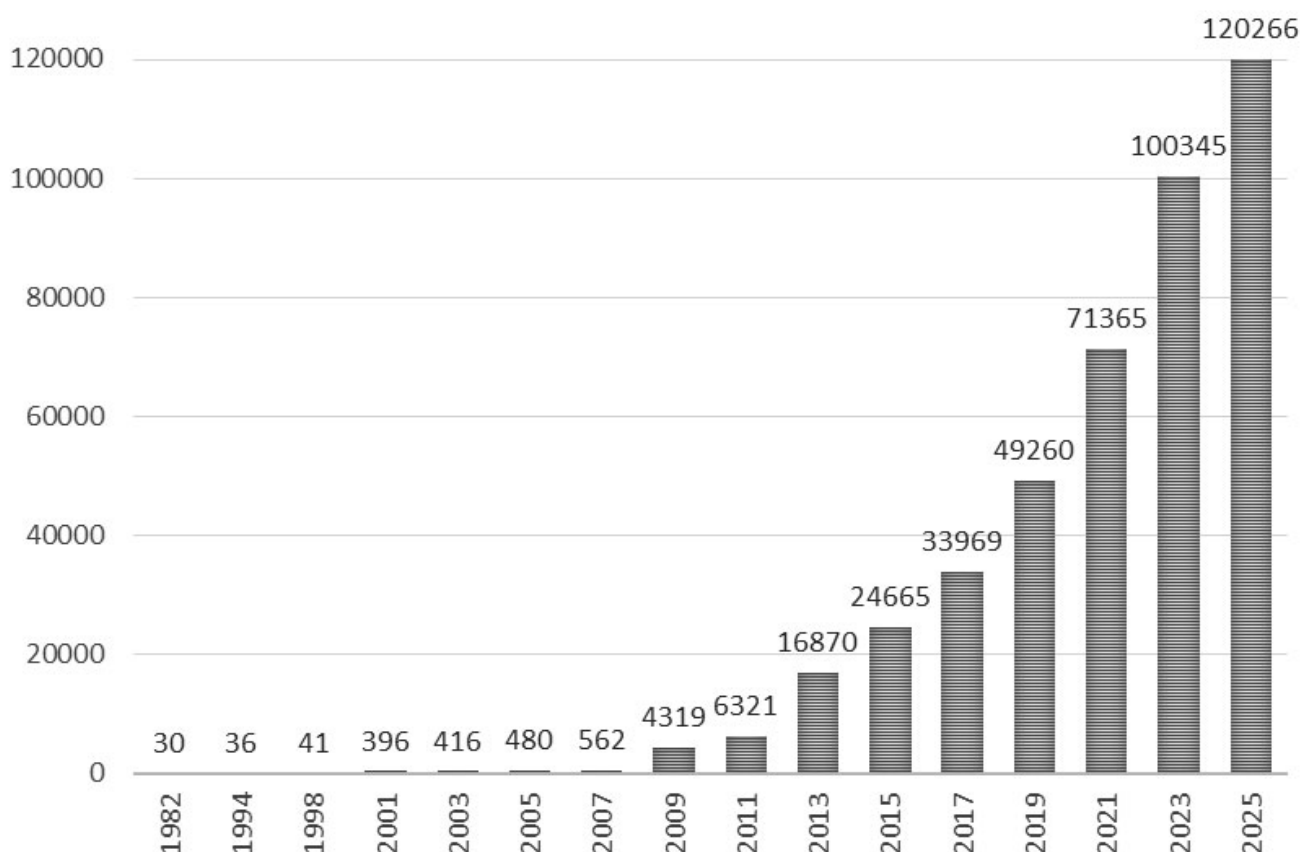
В период с 2017 по 2026 годы в Российской Федерации резко увеличилось общее количество оборудования интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС), установленного на автомобильных дорогах общего пользования (рисунки 1). ФАУ «РОСДОРНИИ» в настоящее время осуществляет сбор информации об используемых элементах ИТС в целях систематизации сведений о периферийном оборудовании и программном обеспечении ИТС, а также оценки interoperability и импортонезависимости используемых решений [1].

Если в 2017 году первоочередные задачи, решаемые ИТС, были связаны с повышением эффективности организации и безопасности дорожного движения, то к 2026 году их перечень значительно расширился. Добавились функциональные блоки, отвечающие за диспетчеризацию работы общественного транспорта и коммунальной техники содержания дорог, управление парковочным пространством и снижение загрязнения окружающей среды. Активно внедряются технологии искусственного интеллекта: компьютерное зрение, интеллектуальная поддержка принятия решений, автоматическое

машинное обучение и другие перспективные методы.

Органами власти ИТС рассматривается как один из значимых стратегических элементов дорожно-транспортного комплекса Российской Федерации: только из федерального бюджета с 2020 года на внедрение ИТС в 63 городских агломерациях было выделено более 23,5 млрд рублей.

При этом объективные инструменты оценки эффективности создаваемых ИТС отсутствуют, что ограничивает возможности органов власти в части контроля и управления процессами внедрения и эксплуатации

Рисунок 1 – Количество оборудования ИТС, установленного на автодорогах¹

таких систем. Разработка соответствующей методики затруднена тем, что влияние ИТС на различные аспекты функционирования транспортной системы очень трудно выделить из всего комплекса мероприятий по развитию дорожно-транспортного комплекса города или региона.

ФАУ «РОСДОРНИИ» с 2025 года последовательно решает задачи по оцениванию эффективности ИТС. Некоторые подходы к этому процессу изложены в исследованиях, проведенных научным коллективом Института [2]-[3]. Кроме того, данное направление прикладных исследований представляет большой интерес у представителей сообщества транспортных инженеров [4].

В настоящей статье проведено исследование зарубежного опыта, проанализированы общие тенденции и региональные особенности оценки ИТС.

Мировой опыт оценки эффективности ИТС

Объектом исследования являются подходы к оценке эффективности

внедряемых ИТС, принятые на международном и региональном уровнях. В ходе оценки были проанализированы документы:

- Европейской экономической комиссии ООН (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE);
- Всемирного банка;
- Международного транспортного форума (International Transport Forum, ITF), действующего в рамках Организации экономического сотрудничества и развития (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD);
- Министерства транспорта США (United States Department of Transportation, USDOT);
- Китайской Народной Республики (КНР).

В исследовании был использован метод системного анализа по ключевым критериям.

Для каждого объекта исследования были определены следующие характеристики:

- цели создания ИТС, эффекты от внедрения ИТС;

- наличие методических подходов к оценке эффективности ИТС;
- особенности подходов к оценке эффективности ИТС.

Подходы ООН к оценке

Стратегическое планирование в ООН в области дорожного движения и автомобильного транспорта осуществляется на основании сформулированных семнадцати целей устойчивого развития (далее – ЦУР) [5]. В части создания устойчивой транспортной системы из задач, к решению которых призывает ООН для достижения ЦУР, можно выделить:

- сокращение смертности в результате дорожно-транспортных происшествий (задача 3.6);
- развитие качественной, надежной, устойчивой и стойкой инфраструктуры, включая региональную и трансграничную инфраструктуру, для поддержки экономического развития и благополучия людей (задача 9.1);
- обеспечение устойчивой транспортной инфраструктуры (задача 11.2);

¹ Источник: данные авторов

- повышение безопасности дорожного движения (задача 11.2);
- увеличение использования общественного транспорта (задача 11.2);

- уделение большего внимания нуждам незащищенных групп населения (задача 11.2);

- снижение негативного экологического воздействия (задача 11.2) и существенное сокращение количества случаев смерти и заболевания в результате воздействия опасных химических веществ, а также загрязнения и отравления воздуха, воды и почвы (задача 3.9).

Показателями ЦУР в части создания устойчивой транспортной системы являются:

- ЦУР 3 «Хорошее здоровье и благополучие» - 3.6.1 «Смертность от дорожно-транспортного травматизма»;

- ЦУР 9 «Промышленность, инновации и инфраструктура» - 9.1.2 (а) «Объем грузоперевозок (железнодорожный транспорт)»; 9.1.2 (б) «Объем грузоперевозок (автомобильный транспорт)»; 9.1.2 (с) «Объем грузоперевозок (внутренний водный транспорт)»; 9.1.2 (д) «Пас-

сажирский объем (легковые автомобили)»; 9.1.2 (е) «Пассажиropоток (железнодорожный)».

То есть оценка достижения ЦУР в части создания устойчивой транспортной системы производится по показателям безопасности дорожного движения (уменьшение смертности вследствие ДТП) и по увеличению грузо- и пассажиропотока.

Методология сбора данных по ключевым показателям эффективности для «умных» устойчивых городов основывается на иерархической структуре ключевых показателей эффективности. В части транспортной системы «умного» города такие показатели относятся к компонентам и подкомпонентам, указанным в таблице 1 [6].

Также в документе определена методология расчета ключевых показателей эффективности (КПЭ). Большинство показателей рассчитываются как отношение доли объектов, используемых для выполнения оцениваемой функции, к их общему количеству или как удельный показатель на 100 000 человек населения. Только один показатель – «Городское развитие и террито-

риально-пространственное планирование» – оценивается по качественной шкале на основе изучения документов развития и территориально-пространственного планирования города.

В таблице 2 приведена методология ООН, применяемая для оценки КПЭ.

Оценка достижения ЦУР проводится на добровольной основе национальными государствами или региональными объединениями и представляется в ООН в виде добровольных обзоров по реализации повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. В Руководящих принципах для разработки добровольных местных обзоров в регионе ЕЭК экспертным способом определены недостатки в потенциале, нарушающие процесс устойчивого городского развития. Они разделяются по уровням (макроуровень – формирование национальной политики и законодательные реформы, мезоуровень – имплементационная деятельность и системы поддержки, микроуровень – предприятия и поставщики коммунальных услуг) и по последствиям

Таблица 1 – Структура ключевых показателей эффективности в документах ООН

Компонент	Подкомпонент	Категория	Ключевые показатели эффективности
Экономика	Информационно-коммуникационные технологии	Транспорт	Динамическая информация об общественном транспорте
			Мониторинг дорожного движения
			Контроль за перекрестками
	Инфраструктура	Транспорт	Сеть общественного транспорта
			Доступ к сети общественного транспорта
			Велосипедные сети
			Доля общественного транспорта
			Индекс продолжительности поездок
			Велосипеды совместного пользования
			Автомобили совместного пользования
			Пассажирские транспортные средства с низким уровнем выбросов углерода
		Городское планирование	Пешеходная инфраструктура
			Городское развитие и территориально-пространственное планирование
Окружающая среда	Окружающая среда	Качество воздуха	Атмосферное загрязнение
		Качество окружающей среды	Шумовое воздействие
Общество и культура	Безопасность, жилье и социальная интеграция	Безопасность	Время реагирования аварийно-спасательной службы
			Количество дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом

Таблица 2 – Методология ООН по оценке КПЭ

КПЭ	Описание	Методология
Динамическая информация об общественном транспорте	Процентная доля городских остановок общественного транспорта, на которых динамическая информация о поездках предоставляется общественности в режиме реального времени	Отношение количества остановок и станций с использованием динамической информации к общему числу остановок и станций (в %)
Мониторинг дорожного движения	Доля основных улиц, контролируемых ИКТ	Отношение протяженности основных улиц, находящихся под наблюдением ИКТ, к общей протяженности основных улиц (в %)
Контроль за перекрестками	Доля перекрестков с использованием адаптивных мер контроля за дорожным движением и установления приоритетов	Отношение числа перекрестков с адаптивным контролем за дорожным движением к общему числу перекрестков, регулируемых светофорами (в %)
Сеть общественного транспорта	Протяженность сети общественного транспорта, на 100 000 жителей	Отношение протяженности линий общественного транспорта в границах города (в км) (односторонний отрезок) к 100 000 жителей города (в км/100 000 тыс. человек)
Доступ к сети общественного транспорта	Доля городского населения, имеющего удобный доступ (в пределах 0,5 км) к общественному транспорту	Отношение общего числа городских жителей, проживающих в радиусе 0,5 км от остановки общественного транспорта, к общей численности городских жителей (в %)
Велосипедные сети	Протяженность велосипедных дорожек и полос движения на 100 000 человек	Отношение километража велосипедных дорожек/полос к 100 000 жителей города (в км/100 000 тыс. человек)
Доля общественного транспорта	Процентная доля населения, использующего различные средства транспорта для поездок на работу	Отношение числа лиц, совершающих поездки с использованием конкретных видов транспорта, к общей численности лиц, совершающих поездки (в %)
Индекс продолжительности поездок	Соотношение времени проезда в периоды пиковой нагрузки к времени проезда в период свободного движения	Отношение времени на проезд в периоды пиковой нагрузки (в мин.) к времени на проезд в течение периодов свободного движения (в мин.)
Велосипеды совместного пользования	Число велосипедов совместного пользования на 100 000 жителей	Отношение количества имеющихся велосипедов совместного пользования к 100 000 жителей города (в шт./100 000 тыс. человек)
Автомобили совместного пользования	Число автомобилей совместного пользования на 100 000 жителей	Отношение количества имеющихся автомобилей совместного пользования к 100 000 жителей города (в шт./100 000 тыс. человек)
Пассажирские транспортные средства с низким уровнем выбросов углерода	Процентная доля пассажирских транспортных средств с низким уровнем выбросов углерода	Отношение числа зарегистрированных транспортных средств с низким уровнем выбросов к общей численности автотранспортных средств (в %)
Пешеходная инфраструктура	Процентная доля города, выделенная в качестве пешеходной зоны / зоны, свободной от автомобильного транспорта	Отношение общей площади пешеходных зон и зон, свободных от автомобилей, к общей площади города (в %)
Городское развитие и территориально-пространственное планирование	Наличие стратегии городского развития и территориально-пространственного планирования или документов на уровне города	В целях сбора соответствующих данных для измерения: Шаг 1: определить город (по охвату). Шаг 2: определить, существует ли градостроительный план города. Шаг 3: узнать, содержат ли городские планы все 5 принципов/элементов устойчивости (в случае если планы были оцифрованы и размещены в Интернете, то рассматривается возможность использования автоматизированных

КПЭ	Описание	Методология
		веб-запросов с семантикой для изучения этих элементов). Если план городского развития содержит «умную» методологию и отвечает всем 5 принципам устойчивого градостроительного плана, то он соответствует требованиям к градостроительным планам «умных» устойчивых городов. Если эти принципы соблюдаются лишь частично, он отмечается как «частичный» для дальнейшей доработки
Атмосферное загрязнение	Индекс качества воздуха (ИКВ), основанный на следующих показателях: твердые частицы; диоксид азота; сернистый ангидрид; озон	Отношение массы собранных загрязняющих веществ (мг) к объему отобранного воздуха (м3) (в мкг/м3)
Шумовое воздействие	Процентная доля городских жителей, подвергающихся чрезмерному уровню шума	Отношение числа городских жителей, подвергающихся воздействию шума, превышающего 55 дБ(А), к общей численности городских жителей (в %)
Время реагирования аварийно-спасательной службы	Среднее время реагирования для аварийных служб	Отношение суммы всех минут с момента поступления звонка до прибытия аварийной службы на место в год (в минутах) к числу чрезвычайных выездов в том же году (в минутах)
Количество дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом	Количество дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом на 100 000 жителей	Отношение количества дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом к 100 000 жителей города (в шт./100 000 чел.)

(недостатки в потенциале, немедленный отрицательный эффект, последствия) [7].

В таблице 3 приведены недостатки методологии ООН, нарушающие процесс устойчивого развития.

Соответственно, показателем эффективности устойчивого развития считается устранение немедленных отрицательных эффектов и планирование рисков, связанных с недостатками потенциала.

Методология достижения цели в области устойчивого развития изложена в документе Комитета по инновациям, конкурентоспособности и государственно-частному партнерству (Рабочая группа по государственно-частному партнерству). Оценка проводится иерархическим методом взвешенных экспертных оценок на основе контрольных вопросов и изучения документации проекта. Жизненный цикл проектов разделен на три этапа (идентификация, разработка, реализация). Критерии

оценки сгруппированы по пяти группам результатов:

1) беспрепятственный и равноправный доступ всех заинтересованных сторон к услугам (ценовая приемлемость, социальное равенство и справедливость, адаптивность доступа на разных стадиях жизненного цикла, снижение влияния проекта на вынужденное перемещение людей);

2) экономическая эффективность и финансовая устойчивость (борьба с коррупцией, прозрачность закупок, общественная польза, финансовое состояние концедента и концессионера, повышение занятости и расширение экономических возможностей населения, поддержка социальных программ);

3) экологическая устойчивость и жизнестойкость (сокращение выбросов парниковых газов и отходов, энергоэффективность, потребление воды и очистка сточных вод, защита биоразнообразия, ликвидация последствий стихийных бедствий);

4) воспроизводимость и масштабируемость (опыт передовой международной практики и повторное применение, стандартизация и унификация, передача технологий, использование инноваций);

5) вовлечение заинтересованных сторон (широкое участие общественности, включая защитников окружающей среды, обратная связь, прозрачная и качественная информация по проекту, работа с жалобами и отзывами).

Интегральная оценка проекта проводится по балльной системе (в диапазоне от 1 до 5 баллов – от «неудовлетворительно» до «отлично»). Для I, II и III групп результатов присваиваются равновесные коэффициенты (по 25%), для групп IV и V суммарный весовой коэффициент составляет 25%.

В 2025 году разработан План реализации Десятилетия устойчивого транспорта Организации Объединенных Наций (2026–2035 гг.), предусматривающий шесть

Таблица 3 – Недостатки, нарушающие процесс устойчивого развития (по методологии ООН)

Уровень	Недостатки в потенциале	Немедленный отрицательный эффект	Последствия
Макро	Бюрократия; Отсутствие экспертных опыта и знаний; Медленный законодательный процесс	Фрагментированность и обособленность программ; Отсутствие согласованности при планировании; Отсутствие отдачи от результатов, достигнутых благодаря реформам	Нерешенность проблем; Отсутствие баланса интересов на различных уровнях; Недостижение синергии между инициативами по городскому развитию и другими направлениями политики; Наличие пробелов в законодательстве и политике
Мезо	Бюрократия; Отсутствие экспертных опыта и знаний;\	Отсутствие навыков и финансовых средств Отсутствие адекватной городской инфраструктуры; Ограниченный охват территории имеющейся инфраструктурой и/или ее плохое качество; Отсутствие адекватных систем для обеспечения качества, безопасности и климатической устойчивости инфраструктуры; Недостаточность услуг по поддержке рынка и гражданского общества; Ограниченность охвата информационно-пропагандистской деятельности	Высокие финансовые расходы; Высокая стоимость обслуживания инфраструктуры Усугубление экологических последствий экономической и социальной деятельности;; Слабость предприятий; Ухудшение качества жизни населения
Микро	Сдерживание развития предприятий и поставщиков услуг; Низкий уровень кооперации при защите своих прав; Отсутствие навыков и ограниченность ресурсов для финансирования планов расширения производства; Отсутствие ясности в отношении новых нормативных требований к качеству, безопасности и сохранению окружающей среды	Слабость технологических возможностей для расширения и углубления технологической деятельности, то есть способности к эффективной специализации и возможностей ее достижения в такой деятельности, а также возможностей обеспечения избирательного использования других технологий в дополнение к существующим возможностям	Нарушение процесса структурной трансформации в сторону специализации на товарах с высокой добавленной стоимостью; Плохое качество инфраструктуры; Усугубление экологических последствий экономической и социальной деятельности

взаимосвязанных приоритетных направлений развития транспортного комплекса:

- 1) обеспечение доступа к устойчивому транспорту для всех;
- 2) продвижение экологически безопасных транспортных систем;
- 3) повышение эффективности и содействие устойчивому развитию связности и логистики;
- 4) формирование транспортной политики, ориентированной на интересы людей, повышение городской мобильности;
- 5) обеспечение безопасности перевозок;

6) использование науки, технологий и инноваций для создания устойчивого транспорта.

Для оценки прогресса реализации Десятилетия устойчивого транспорта предлагается:

- обеспечить информационную поддержку в виде ежегодных собраний по обмену передовым опытом, открытого обмена данными между всеми заинтересованными сторонами, беспрепятственного доступа к результатам тематических исследований;
- поощрять разработку и использование подходов к глобальному мо-

нитингу (в т.ч. на основе подходов к мониторингу ЦУР) и мониторингу с учетом региональных особенностей, в том числе на основе национальных статистических систем;

- создать специальный консультативный совет высокого уровня для обеспечения стратегического руководства и проведения экспертной оценки;

- в 2030 году по результатам анализа проделанной работы, с учетом возникающих глобальных и региональных возможностей и вызовов, по согласованию со всеми заинтересованными сторонами откорректи-

ровать План реализации на вторую половину Десятилетия [8].

Таким образом, в Плате реализации Десятилетия устойчивого транспорта Организации Объединенных Наций (2026–2035 гг.) не предусмотрены механизмы объективной оценки выполнения поставленных задач. Субъективную экспертную оценку предполагается проводить после создания специального консультативного совета и на основе анализа данных мониторинга выполнения Плана за первые 5 лет его реализации.

Непосредственно вопросами, связанными с ИТС, в Организации Объединенных Наций занимается Комитет по внутреннему транспорту (КВТ) Европейской экономической комиссии.

КВТ содействует скоординированному развитию инфраструктуры автомобильного, железнодорожного и внутреннего водного транспорта, разрабатывает соглашения, конвенции и другие имеющие обязательную юридическую силу международные документы в различных областях внутреннего транспорта, курирует их применение и при необходимости пересматривает их. КВТ действует как центр поддержки новых технологий и новшеств на внутреннем транспорте, обеспечивая платформу для цифровизации, автоматизированного вождения и саморегулирующихся транспортных систем, а также разрабатывает соответствующие методологии и определения для сбора, компиляции и согласования транспортной статистики в целях обеспечения сопоставимости и согласованности.

КВТ и секретариат ЕЭК разработали общую стратегию реализации решений в области ИТС в виде «дорожной карты» на 2012–2020 годы, которая охватывала 20 глобальных направлений деятельности по стимулированию использования ИТС [9]. В 2022 году на 82-й сессии КВТ было принято решение об обновлении «дорожной карты» по ИТС на 2021–2025 годы [10]. Эта «дорожная карта» охватывала 18 направлений деятельности, включая разработку методологии оценки экономической эффективности ИТС. По состоянию на 2025 год документы КВТ в

части оценки какого-либо аспекта эффективности ИТС в открытом доступе отсутствуют.

Таким образом, документами ООН предусмотрена как количественная (на основе КПЭ), так и качественная (на основе метода экспертных оценок) оценка эффективности реализации мероприятий по развитию транспортной системы. Оценка проводится по:

- показателями безопасности дорожного движения и по увеличению грузо- и пассажиропотока;
- ключевым показателями эффективности развития «умных» устойчивых городов;
- уровням принятия решений (национальный, имплементационный, местный);
- по группам результатов развития (доступность, эффективность, устойчивость, воспроизводимость, вовлеченность).

Отдельно отмечена необходимость разработки методики оценки экономической эффективности ИТС, но результаты данной работы отсутствуют.

На основе проведенного выше анализа мы можем сделать вывод о том, что в документах ООН отдельная методология оценки вклада ИТС в изменение показателей эффективности транспортной системы отсутствует.

Подходы

Всемирного банка к оценке

Одним из важнейших инструментов системы международного финансового регулирования, созданной по результатам Бреттон Вудской конференции в 1944 году, является Всемирный банк. Фактически это группа организаций: Международный банк реконструкции и развития, Международная ассоциация развития, Международная финансовая корпорация, Многостороннее агентство по гарантиям инвестиций, Международный центр по урегулированию инвестиционных споров. Оценку операций и проектов Всемирного банка осуществляет независимая оценочная группа (Independent Evaluation Group, IEG).

Анализ затрат и выгод (Cost-Effectiveness Analysis, CEA) должен проводиться для всех проектов. Исключение составляют проекты,

для которых выгоды невозможно измерить в денежном выражении, и в этом случае проводится анализ эффективности затрат [11].

В докладе указано, что с 1970 по 2008 год количество проектов, для которых был проведен CEA, снизилось с 70% до 25%. Частично это обосновано увеличением количества проектов, для которых CEA изначально не предусматривался, но также и снижением востребованности CEA. Так, в 2008 году из 93 закрытых инвестиционных проектов без представления информации о выгодах и затратах для проведения анализа:

- по 60 проектам либо не поступило объяснений, либо была ссылка на то, что соображения эффективности неприменимы;
- по 18 проектам были представлены неадекватные данные;
- по 19 проектам данные были представлены частично, без попыток устранить потенциальную предвзятость при отборе;
- по 24 проектам отчетные данные ссылались на стандарты оценки экономической эффективности, но сравнение конкретных альтернатив не проводилось;
- в одном проекте утверждалось, что CEA был проведен, но результаты показаны не были.

Есть несколько проектов с отличным CEA, но в них зачастую отсутствует прозрачность, что не позволяет проверить правильность проведенного анализа.

На наш взгляд слабыми сторонами экономического анализа проектов являются фундаментальные вопросы, такие как обоснование участия государственного сектора и сравнении с альтернативами. Обоснование проекта редко включает обсуждение того, создает ли проект общественное благо. Если рассматриваются альтернативы, то это, как правило, альтернативные механизмы финансирования, а не действительно альтернативные проекты.

Ключевым недостатком, препятствующим проведению CEA, является отсутствие исходных данных.

В другом отчете, касающемся вопросов городского транспорта, IEG выделила следующие критерии оценки:

1) Мобильность для всех, включая:

- увеличенную пропускную способность и улучшенное качество обслуживания;

- улучшенное управление спросом (меры по организации дорожного движения, комплексное планирование транспорта и землепользования для снижения спроса на поездки, смещение спроса с частных транспортных средств на общественный транспорт);

- инклюзивные услуги (адресная поддержка уязвимых групп населения: малоимущих, женщин, инвалидов и пожилых людей);

- доступное обслуживание (снижение транспортных расходов для малоимущих слоев населения, введение единого билета с бесплатными пересадками) [12].

2) Устойчивый городской транспорт, включая:

- финансовую устойчивость (достаточное и бесперебойное финансирование);

- государственно-частное партнерство в секторе городского транспорта;

- экологическую устойчивость (сокращение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, принятие и соблюдение экологических норм).

3) Институциональное развитие городского транспорта, включая:

- наращивание институционального потенциала управления городским транспортом;

- наращивание потенциала в области людских ресурсов;

- повышение финансового потенциала городского транспорта;

- разработку стратегической, политической и нормативной базы;

- структурную реформу, централизацию управления городским транспортом.

Для оценки использовались следующие инструменты:

- обзор и анализ портфеля соответствующих активов Всемирного банка из финансовых, консультативных и аналитических продуктов;

- девять подробных Отчетов об оценке эффективности проектов (PPAR);

- пять тематических исследований по странам и шесть кабинетных обзоров;

- партнерские обзоры от Консультативного центра по государственно-частной инфраструктуре (PPIAF) и Транспортной программы для стран Африки к югу от Сахары (SSATP);

- интервью с соответствующими сотрудниками Всемирного банка, партнерами, клиентами, бенефициарами, другими заинтересованными сторонами и экспертами.

IEG проанализировала 383 национальных стратегических документа, в 33% из которых упоминается городской транспорт. Среди них за исследуемый период в 59% случаев был утвержден по крайней мере один проект городского транспорта. Национальные стратегии 12 стран (равномерно распределенных в Африке, Европе и Центральной Азии, а также Латинской Америке и Карибском бассейне) упоминают городской транспорт без выделения его на уровне проекта.

В целом методология IEG носит экспертный характер и является ответом на основной вопрос: «В какой степени Всемирный банк поддерживает устойчивое развитие городского транспорта в странах-клиентах, способствующее повышению эффективности города и экономического росту, качеству окружающей среды, поддержке бедных и уязвимых групп населения, безопасности дорожного движения?».

Под эффективностью здесь понимаются достижение целей развития городского транспорта (улучшение доступности и мобильности, экологическая устойчивость, поддержка уязвимых групп населения, безопасность дорожного движения) и экономическая эффективность (рентабельность).

Основные принципы оценивания:

1) Многоуровневый анализ, охватывающий глобальный, национальный и городской (или муниципальный) уровни поддержки Всемирным банком городского транспорта.

2) Детальное планирование на основе теории изменений, предусматривающее обоснование достижения желаемых результатов на основе анализа ключевой информации, итеративной проверки, и корректировки подходов к оценке эффективности.

3) Смешанный подход, сочетающий обзор литературы, анализ документов, проведение интервью с заинтересованными сторонами, а также комплексный сравнительный анализ (прикладная триангуляция) и экспертную валидацию для обеспечения достоверности результатов.

4) Дополнительное к стандартному анализу применение тематических анализов («линз») для оценки конкретных мероприятий по поддержке уязвимых групп населения.

Для всех инвестиционных проектов Всемирного банка для измерения эффективности проекта вводятся КПЭ. Для оценки мероприятий по развитию городского транспорта введены следующие КПЭ:

1) Доступность городского общественного транспорта, состоящая из:

- количества пользователей городским общественным транспортом;

- доли населения, имеющего доступ к остановке общественного транспорта (до 400 м или менее 5 минут пешком);

- удельного количества объектов инфраструктуры общественного транспорта к населению города (например, протяженность автобусных маршрутов или метро на количество населения);

- наличия специальной инфраструктуры для людей с ограниченными возможностями;

- наличия информирования пользователей городским общественным транспортом в режиме реального времени через информационные системы и приложения;

- доли населения, имеющего единые проездные билеты для всех видов общественного транспорта;

- доли интермодальных перевозок в общем объеме городских пассажирских перевозок.

2) Транспортная доступность объектов транспортного спроса, включающая:

- количество объектов генерации и притяжения транспортных потоков;

- сокращение среднего времени (или стоимости) поездки до объектов транспортного спроса;

- сокращение общего времени поездки (для поездок «туда и обратно»).

3) Мобильность, включающая:

- общее количество пассажиров в пассажиропотоке;

- пассажиропоток в часы пиковых нагрузок на транспортную систему;

- сокращение общего времени поездки (при использовании общественного транспорта);

- удельное количество пассажиров к длине маршрутной сети общественного транспорта;

- среднее время пересадки при мультимодальных поездках;

- скорость обслуживания (время ожидания, время покупки билета и т.п.).

4) Надежность/качество/пропускная способность, включающие:

- частоту движения общественного транспорта;

- наличие выделенной полосы для общественного транспорта;

- удельное количество пассажиров к длине маршрутной сети общественного транспорта (аналогично показателю из КПЭ «Мобильность»);

- пассажиропоток в часы пиковых нагрузок на транспортную систему (аналогично показателю из КПЭ «Мобильность»).

5) Смена вида транспорта, характеризующаяся количеством людей, заменивших поездки на личном транспорте поездками на общественном транспорте.

6) Ценовая доступность, включающая:

- удельную стоимость поездки на общественном транспорте;

- долю семейного дохода, потраченного на поездки в общественном транспорте.

Таким образом, анализ эффективности проектов в области развития транспортной системы, выполняемый Всемирным банком, характеризуется:

1. Комплексным многоуровневым подходом, сочетающим количественные (КПЭ) и качественные (экспертиза) методы оценки.

2. Ориентацией на ключевые направления оценки проектов развития транспортной системы: доступность, мобильность, экологичность и рентабельность.

3. Выполнением оценки независимыми экспертами.

При этом в отчетах Всемирного банка отмечается тенденция к снижению применения анализа из-за малой востребованности заинтересованными участниками, низкого ка-

чества исходных данных, отсутствия прозрачности и обоснованности результатов проведенного анализа.

Методология Всемирного банка представляет собой развитую многоуровневую систему оценки транспортных проектов, которая сочетает количественные показатели (КПЭ) с независимой экспертизой группы IEG на глобальном, национальном и городском уровнях. Сильной стороной данного подхода является его комплексность и выраженный фокус на социальную ориентированность, экологическую устойчивость, мобильность и ценовую доступность услуг, а не только на финансовые результаты. Однако в методологии присутствуют серьезные уязвимости, среди которых выделяются снижение роли анализа затрат и выгод, низкое качество исходных данных, недостаточная прозрачность результатов и слабая обоснованность ряда оценок.

Подходы Международного транспортного форума к оценке

Международный транспортный форум (International Transport Forum, ITF) действует при Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и является аналитическим центром по вопросам транспортной политики. ITF выступает в качестве платформы для обсуждения вопросов политики во всех видах транспорта, анализа тенденций транспортного развития, обмена знаниями и мнениями между лицами, принимающими решения в сфере транспорта.

В руководстве для органов управления транспортной политикой ITF провел углубленные исследования вопросов транспортной политики и сравнил два методических подхода к их оценке [13]. Документ представляет собой руководство по планированию транспортной системы на основе поставленных целей и заданных показателей их достижения (концепция «vision-led planning», т.е. «подход, основанный на видении»). Одним из важных инструментов концепции, заложенных в этом документе, является постоянный мониторинг и анализ результатов транспортного планирования различными методами для своевре-

менной корректировки параметров проекта.

Основными аналитическими методами в данном документе являются:

- метод «сканирования горизонта», заключающийся в систематическом выявлении и анализе ранних признаков изменений во внешней среде (зарождающихся трендов, слабых сигналов и потенциальных «черных лебедей» - маловероятных, но сильно влияющих событий);

- «метод Дельфи», представляющий собой продвинутый вариант метода «мозгового штурма» для экспертного прогнозирования и принятия решений, основанный на сборе и обработке мнений группы независимых экспертов.

Помимо субъективных экспертных методов, в документе для эффективного анализа также предлагается использовать специализированные программные платформы (например, Cube, VISUM или TransCAD) и инженерные методы анализа пропускной способности. В сочетании с другими аналитическими подходами, такими как моделирование спроса на поездки или сценарное прогнозирование, анализ пропускной способности дает четкое представление об ограничениях инфраструктуры и операционной деятельности.

Но так как анализ пропускной способности проводится для отдельных участков улично-дорожной сети или отдельных видов транспорта и участников дорожного движения, оценить эффективность всей транспортной системы в целом по этому показателю невозможно.

Также методы математического моделирования, заложенные в специализированных программных платформах, обладают погрешностью и не могут точно воссоздать процессы, происходящие в реальной транспортной системе.

Система программно-целевого планирования и мониторинга обеспечивает структурированный подход к подстройке транспорта, инвестиций и политики к целям стратегического видения на основе КПЭ. В данном документе это количественные или качественные показатели, отражающие такие приоритеты, как безопасность, мобильность,

мультимодальность, доступность, экологичность, надежность и защита уязвимых групп населения.

Для оценки экономической эффективности проекта развития транспортной системы предлагается использовать метод «анализа затрат и выгод» (Cost-benefit analysis, CBA) для сравнения суммарных ожидаемых затрат от реализации различных сценариев с суммарными ожидаемыми выгодами, чтобы помочь лицам, принимающим решения, выбрать наиболее эффективный вариант.

При этом методы оценки воздействия могут препятствовать транспортному планированию, основанному на концепции. Например, когда анализ затрат и выгод (CBA) фокусируется исключительно на экономии времени в пути или пройденных автомобилями километрах, может оказаться более рентабельно сохранить текущие условия, чем вносить изменения в транспортную систему, тем самым накапливая долговременные проблемы по другим КПЭ (например, мобильности, экологичности или защиты уязвимых групп населения). Поэтому для принятия решений необходимо сочетать количественные инструменты с качественными методами.

В другом отчете отмечается, что расширение пропускной способности автомобильных дорог только за счет строительства новых дорог не является эффективным подходом к удовлетворению пикового спроса, особенно в городах с хорошо развитой дорожной сетью [14]. Этот подход к решению проблемы транспортных заторов часто является неустойчивым, поскольку неудовлетворенный спрос быстро заполняет новое дорожное пространство и заторы возвращаются. ИТС позволяют оптимизировать использование существующей улично-дорожной сети и максимизировать ее пропускную способность.

По нашему мнению, целесообразно использовать следующие рекомендации:

- использовать ИТС в качестве меры реагирования на возникновение транспортных заторов;
- улучшать пропускную способность пересечений;

- использовать движение по укрепленной обочине дороги в пиковые часы;

- использовать оплату за проезд по дорогам в качестве инструмента управления транспортными потоками;

- использовать безбарьерную систему взимания платы за проезд по дорогам.

Еще в 2009 году Рабочая группа по повышению надежности сетей наземного транспорта, созданная Международным транспортным форумом, определила четыре инструмента для оптимизации пропускной способности дорог:

- проактивный мониторинг дорог и улучшенное управление дорожными инцидентами;

- использование платы за проезд для повышения эффективности и безопасности дорожной инфраструктуры;

- предоставление участникам дорожного движения информации для планирования поездки;

- увеличение пропускной способности дорог за счет инфраструктурных и организационных мероприятий, а также за счет улучшения качества обслуживания.

Анализ опыта внедрения ИТС в различных европейских странах и городах Азии (Сингапур, Токио, Тайбэй) показал:

- внедрение ИТС для увеличения пропускной способности дорог экономически более эффективно, чем строительство новых полос;

- при внедрении ИТС приоритетными являются сервисы, направленные на сбор данных о метеорологических и дорожных условиях, транспортной обстановке, дорожных инцидентах;

- внедрение ИТС – достаточно капиталоемкое мероприятие, поэтому в первую очередь ИТС развертываются на выбранных участках дорожной сети по результатам транспортного планирования;

- ключевым измеримым показателем операционной эффективности ИТС и качества обслуживания являются снижение времени в пути и задержки на участках улично-дорожной сети (в первую очередь – на пересечениях);

- основное направление транспортного планирования – выявление

узких мест на улично-дорожной сети (Bottleneck Detection) на основании данных с бортовых навигационно-связных устройств, средств электронного взимания платы за проезд, установленных на транспортных средствах, а также по данным сетей мобильной связи;

- обеспечение предсказуемости поездок за счет повышения качества информирования участников дорожного движения о метеорологических явлениях, состоянии дорожной инфраструктуры, транспортной ситуации и скоростных режимах является критически важным результатом функционирования ИТС, влияющим на качество и надежность поездки;

- для упреждающего управления дорожным движением целесообразно использовать адаптивные системы управления, отслеживающие дорожные условия и координирующие управление сигналами светофора путем регулировки длительности фаз сигналов в зависимости от преобладающих условий движения и параметров транспортных потоков;

- важной мерой по ликвидации транспортных заторов является введение безбарьерной системы взимания платы за проезд;

- политика ценообразования платы за проезд по участкам дорог и парковку, а также введение электронной оплаты являются важным инструментом оптимизации распределения транспортных потоков;

- эффективное внедрение ИТС требует реализации не только технических, но и организационных мероприятий: обеспечение обмена данными между смежными с ИТС информационными системами, кадровое обеспечение процессов создания и эксплуатации ИТС квалифицированным персоналом, а также – обеспечение устойчивого финансирования ИТС на всех стадиях жизненного цикла.

Методология ITF представляет собой передовую адаптивную систему оценки, построенную на принципах программно-целевого планирования и сбалансированном сочетании точных математических моделей с экспертным прогнозированием. Сильной стороной подхода ITF является глубокая интеграция цифровых технологий, доказанная

экономическая эффективность решений без избыточного дорожного строительства, а также одновременный учет социальных эффектов и глобальных трендов. Тем не менее, практическое применение методологии ограничено ее высокой чувствительностью к качеству исходных данных и объективной сложностью точного моделирования реальных транспортных потоков. В силу этого ключевым условием успешности методики ITF остается создание устойчивой цифровой инфраструктуры сквозного обмена данными и постоянное повышение квалификации транспортных аналитиков.

Подходы США к оценке

Подготовка научно-методического аппарата для оценивания эффективности внедрения ИТС в США началась практически одновременно с внедрением ИТС. В 2000 году Техасский транспортный институт (Texas Transportation Institute) подготовил отчет по оценке воздействия ИТС («Оценка воздействия интеллектуальных транспортных систем: основа для более широкого анализа»), в котором были сформулированы основные подходы к оценке эффективности ИТС:

- определены цели и показатели эффективности ИТС;
- предложена классификация видов оценки эффективности ИТС;
- даны рекомендации по повышению качества оценки ИТС на основе метрик эффективности;
- предложены новые методы оценки метрик эффективности ИТС.

В отчете сформулированы цели ИТС и показатели эффективности:

1) Повышение эффективности и пропускной способности транспортной системы:

- транспортные потоки / объемы / количество транспортных средств²;
- время интермодальной перемещения³;
- эксплуатационные расходы инфраструктуры⁴;

- пропускная способность полосы движения;
- отношение объема к вместимости;
- часы задержки транспортных средств;
- длина очереди;
- количество остановок;
- ограничения пропускной способности, связанные с инцидентами;
- средняя загруженность транспортных средств;
- совместное использование транспортных средств («transit» и HOV³).

2) Повышение мобильности:

- стоимость поездки⁴;
- количество совершенных поездок;
- индивидуальное время в пути;
- надежность индивидуального времени в пути;
- транспортные заторы и задержки, связанные с инцидентами;
- пройденное транспортным средством расстояние;
- количество возможностей завершить поездку;
- количество аварий;
- количество инцидентов безопасности;
- подверженность авариям и инцидентам;

3) Повышение безопасности:

- количество несчастных случаев⁴;
- количество погибших⁴;
- количество инцидентов;
- количество травм;
- время между инцидентом и уведомлением;
- время между уведомлением и реагированием;
- время между прибытием и оформлением;
- медицинские расходы;
- материальный ущерб;
- расходы на страхование.

4) Сокращение энергопотребления и экологических издержек:

- выбросы NOx;
- выбросы SOx;
- выбросы CO;
- выбросы ЛОС⁴;
- объем потребляемого топлива (в литрах);

- топливная эффективность автомобиля.

5) Повышение экономической эффективности:

- экономия времени в пути⁴;
- экономия эксплуатационных расходов⁴;
- экономия административных и нормативных затрат;
- экономия затрат на рабочую силу;
- затраты на техническое обслуживание и амортизацию транспортных средств;
- затраты на сбор информации.

6) Создание условий для рынка ИТС:

- рабочие места в секторе ИТС;
- продукция сектора ИТС;
- экспорт сектора ИТС.

Цели и, соответственно, показатели их достижения классифицируются:

1) По уровню оценки:

- макроуровень (национальный);
- микроуровень (штат, местная община, частная компания или участник дорожного движения).

2) По уровню влияния:

- основные (соотношение цены и качества);
- косвенные (побочные эффекты).

3) По времени действия:

- краткосрочные;
- среднесрочные;
- долгосрочные.

4) По виду выгод:

- текущие;
- будущие;
- ожидаемые;
- потенциальные.

5) По виду показателя:

- количественные;
- качественные.

Для повышения качества оценивания в исследовании предложен подход к измерению метрик эффективности внедрения ИТС с учетом потенциальных положительных и отрицательных воздействий ИТС. Например, при оценке эффекта от изменения режима использования видов транспорта учитывается потенциальное положительное воз-

² «*» отмечены показатели, уже используемые на тот момент Министерством транспорта США (USDOT) для оценки эффективности транспортной системы (т.н. «few good measures»): время в пути (travel time); пропускная способность (throughput); аварии (crashes); количество погибших (fatalities); удовлетворенность пользователя (user satisfaction or user acceptance); стоимость (cost).

³ HOV modes (High-Occupancy Vehicle) – режим использования личного транспорта для поездок с несколькими пассажирами.

⁴ Летучие органические соединения (Volatile Organic Compounds, VOC).

действие (возможность совершить поездку в любое время на личном автомобиле) и потенциальные отрицательные воздействия (снижение заинтересованности в использовании общественного транспорта, рост потребления топлива, ухудшение качества воздуха). Итоговыми метриками эффективности воздействия в этом случае будут: контроль качества воздуха, контроль расхода топлива, опросы водителей об удобстве поездок и транспортном поведении (travel behavior) и другие.

В документе, наряду с использованием традиционных на тот момент методов оценки показателей и метрик эффективности ИТС (основные параметры транспортного потока, загрузка и доля общественного транспорта и другие), предложены также:

- интервью (опросы, анкетирование) целевых групп пользователей ИТС;
- статистические методы;
- имитационное моделирование;
- прогнозирование с использованием экстраполяции на основе демографических и имитационных моделей;
- тематические исследования.

Большое внимание в отчете уделяется описанию первичных данных для анализа эффективности ИТС и порядка их сбора и обработки.

В 2012 году в США исследователи отмечали проблему, связанную с тем, что в условиях экономического спада финансирование федеральным правительством транспортной инфраструктуры будет зависеть от того, насколько эффективно штаты используют выделенные средства и какое влияние реализованные проекты будут иметь на общенациональные интересы. При этом единые показатели такой оценки, принятые во всех заинтересованных ведомствах, отсутствуют [15]. Авторы предлагают использовать систему оценки эффективности для достижения трех целей:

- 1) выделение ограниченных ресурсов на приоритетные транспортные направления;
- 2) обоснование финансирования транспорта для государственных администраторов;
- 3) привлечение ответственных подразделений Министерств

транспорта (Departments of Transportation, DOTs).

В общем случае оценка проводится на основе сбалансированного подхода (Balanced Scorecard) по четырем показателям:

- финансовые показатели;
- показатели, связанные с клиентами;
- показатели внутренних бизнес-процессов;
- показатели обучения и роста.

Увеличение количества показателей нецелесообразно, т.к. полезность оценки снижается из-за информационной перегрузки и расфокусировки.

Федеральное управление автомобильных дорог США (The Federal Highway Administration, FHWA) предлагает использовать следующие показатели:

- Безопасность (safety) – количество погибших и пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях.
- Сохранность дорожного покрытия и искусственных сооружений (system preservation) – количество объектов транспортной инфраструктуры в хорошем состоянии.
- Надежность (system reliability) – способность прогнозировать время в пути с учетом транспортных заторов и выбора мультимодального маршрута.
- Экономическая устойчивость грузоперевозок (freight movement and economic vitality) – доступность коммерческих перевозок и транспортная работа.
- Экологическая устойчивость (environmental sustainability) – уровень выбросов вредных веществ и использование альтернативных видов топлива.
- Жизнепригодность (liveability) – степень повышения «качества жизни» пользователей транспорта и живущих рядом с транспортной инфраструктурой.

- Комитет по транспорту и инфраструктуре Конгресса США (U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure) использует следующие показатели:

- Экономический рост (economic growth) – потенциальный вклад инфраструктуры в экономику штата или страны.

- Транспортная связность (national connectivity) – способность транспортной инфраструктуры связывать внутренние и внешние рынки.

- Городская доступность (metro accessibility) – расширение доступа (удобство и охват) и снижение загруженности улично-дорожной сети для жителей и коммерческих организаций.

- Энергетическая безопасность и охрана окружающей среды (energy security and environmental protection)

- использование экологически чистых и доступных на территории США альтернативных возобновляемых источников энергии для минимизации зависимости от иностранных поставок и утилизации.

- Безопасность (safety) – количество смертельных случаев и аварий на наземном транспорте.

Американская ассоциация государственных чиновников дорожного хозяйства и транспорта (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO) применяет следующие показатели эффективности:

- Безопасность (safety) – количество смертельных случаев и аварий на наземном транспорте и их последствия для общества и экономики.
- Сохранность (preservation) – количество объектов транспортной инфраструктуры в хорошем состоянии.
- Загруженность (congestion) – время в пути и его изменение в пиковые и непииковые периоды, влияющее на коммерческие и личные поездки, особенно в городских районах.

- Системность (systems operations) – действенность и эффективность административных мер по управлению ресурсами в штатных и нештатных ситуациях, в том числе управление персоналом.

- Экологичность (environment) – минимизация или предотвращение негативного воздействия транспортных отходов на окружающую среду.

- Экономика грузоперевозок (freight/economics) – легкость перемещения коммерческих транспортных средств по стране, получение доступа к коммерческим зонам, а также объем экономической активности, создаваемой в сфере грузоперевозок.

- Показатели эффективности Министерства транспорта США (U.S.

Department of Transportation, USDOT):

- Безопасность (safety & security) – количество погибших и пострадавших на наземном транспорте и их стоимость для общества и экономики.

- Безопасность (safety & security) – количество погибших и пострадавших на наземном транспорте и их стоимость для общества и экономики.

- Снижение транспортных заторов (reduced congestion) – время в пути и его изменение в пиковые и непиковые периоды, влияющее на коммерческие и личные поездки, особенно в городских районах.

- Глобальная связность (global connectivity) – легкость, с которой транспортная система США облегчает передвижение пассажиров и грузов по всему миру, связь с интермодальными перевозками.

- Охрана окружающей среды (environmental stewardship) – минимизация или предотвращение негативного воздействия транспортных отходов на окружающую среду, использование альтернативных видов топлива.

- Жизнестойкость (security, preparedness and response) – готовность предотвращать или минимизировать последствия сбоев в работе транспортной системы, включая ущерб от кражи или саботажа, предотвращение и реагирование на стихийные бедствия или террористические атаки, восстановление системы после произошедшего события, а также предотвращение его повторения.

- Гибкость (organizational excellence) – способность USDOT совершенствовать механизмы управления в соответствии с заданными целями, а также способность меняться в соответствии с новыми требованиями.

В качестве дополнительных показателей эффективности могут выступать простой, быстрый и равноправный доступ к объектам: здравоохранения, образования, работы, отдыха, культуры и быта, а также к общественным и коммерческим объектам.

Очевидно, что большая часть перечисленных выше показателей в той или иной степени повторяет или дополняет друг друга. Общими для них являются группы показателей, относящихся к:

- безопасности (safety; safety & security; security, preparedness and response);

- транспортной доступности (system reliability; freight movement and economic vitality; national connectivity; metro accessibility; freight/economics; reduced congestion; global connectivity; healthcare access; education access; work access; recreation access; commerce access etc.);

- сохранности транспортной инфраструктуры и совершенствованию системы управления (system preservation; preservation; systems operations; organizational excellence);

- охране окружающей среды (environmental sustainability; liveability; energy security and environmental protection; environment; environmental stewardship);

- экономической деятельности (freight movement and economic vitality; economic growth; freight/economics).

Федеральное управление автомобильных дорог США (FHWA) определяет оценку эффективности как использование фактических данных для определения прогресса в достижении конкретных организаци-

онных целей [16]. Сюда входят как количественные данные (например, измерение времени, затрачиваемого клиентами на дорогу), так и качественные (например, измерение уровня удовлетворенности клиентов и их восприятия).

Отчеты по оценке эффективности операционного офиса FHWA можно условно классифицировать по:

- периодичности (ежемесячные, ежеквартальные, ежегодные);

- территориальному охвату (федеральный уровень, уровень штатов и местный уровень).

Отчеты о загруженности городских дорог (Urban Congestion Report, UCR) содержат сравнение данных за отчетный период с данными за аналогичный период предыдущего года.

Типовой отчет содержит следующие данные для статистических территориальных единиц США (Metropolitan Statistical Area, MSA):

- время «перегрузки» дорожной сети (Congested hours)⁵;

- индекс времени в пути (Travel Time Index, TTI)⁶;

- индекс планируемого времени в пути (Planning Time Index, PTI)⁷.

С середины 2013 года в отчетах используются агрегированные данные о скорости, времени в пути и статистической AADT⁸ из Национального набора данных для исследований в области управления эффективностью (National Performance Management Research Data Set, NPMRDS). Данные предоставляют коммерческие организации INRIX, TomTom и HERE.

Эту национальную базу данных в настоящее время поддерживает команда из Университета Мэрилен-

⁵ Рассчитывается как агрегированное с весовыми значениями по загруженности дорог и усредненное по количеству рабочих дней и дневных часов (с 6.00 до 22.00) значение «заторовой» скорости транспортного средства (обычно – 90% от скорости свободного потока (free-flow speed, FFS)).

⁶ Показатель TTI используется для оценки уровня транспортных заторов и рассчитывается как отношение среднего времени в пути в «час пик» к времени в пути на том же участке в условиях свободного движения.

⁷ Показатель PTI используют в транспортном планировании для оценки надежности планирования времени в пути. PTI рассчитывается как отношение 95-го перцентиля времени в пути к времени в пути на том же участке при свободном движении.

⁸ Статический AADT (Annual Average Daily Traffic) – среднегодовая суточная интенсивность движения, т.е. показатель среднего количества транспортных средств, проезжающих по участку дороги за сутки в течение года. Статический AADT является фиксированным значением для конкретного участка дороги, рассчитанным на основе исторических данных и не обновляемым в реальном времени. В отличие от динамических показателей, он не отражает мгновенные изменения трафика (транспортные заторы, аварии, погодные условия). В NPMRDS статистический AADT рассчитывается для Traffic Message Channel (TMC) – уникальных направленных участков дороги протяженностью от 800 до 1600 метров в городских и пригородных районах и от 8 до 16 километров в сельской местности.

да (University of Maryland, UMD) совместно с другими организациями. База данных охватывает национальную систему автомобильных дорог США в 50 штатах, округе Колумбия и Пуэрто-Рико, а также дороги вблизи

26 ключевых пограничных переходов с Канадой (20 переходов) и Мексикой (6 переходов). Информация собирается с помощью автомобильных датчиков с интервалом 5 минут с более чем 400 000 дорожных участков длиной от 0,8 до 16 километров. Доступ к базе данных могут бесплатно получить сотрудники государственных и местных транспортных ведомств США.

Панель мониторинга эффективности в национальном разрезе содержит следующие показатели:

- состояние дорожного покрытия на автомагистралях между штатами (доля дорог в хорошем состоянии)⁹;
- состояние мостов в национальной системе автомобильных дорог (доля мостов в хорошем состоянии)¹⁰ [17].

Панели мониторинга эффективности в разрезе штатов содержат следующие показатели:

- безопасность дорожного движения (количество смертельных случаев);
- состояние дорожной инфраструктуры (доля мостов в хорошем состоянии);
- надежность автомагистралей (индекс надежности времени в пути для грузовых автомобилей);
- сокращение выбросов (кг оксидов азота в день) [18].

Панели мониторинга эффективности в разрезе городских районов содержат следующие показатели:

- годовое количество часов чрезмерной задержки в часы пик (Peak Hour Excessive Delay per Capita, PHED) на душу населения;
- время поездки на автомобиле, рассчитанное более чем на одного пассажира (Non-Single Occupancy Vehicle, Non-SOV) [19].

Причем оценка эффективности показателей PHED и времени поездки на Non-SOV производится путем сравнения фактического значения с достижением целевого показателя

на двух- и четырехлетний сроки планирования.

Таким образом мы можем сделать вывод о том, что система оценки эффективности ИТС в США представляет собой высокоразвитую, многоуровневую и жестко регламентированную по времени структуру (от ежемесячного до ежегодного мониторинга), которая обеспечивает сквозной контроль на федеральном уровне, уровне штатов и муниципалитетов. Ее главное преимущество заключается в глубокой детализации и сбалансированности показателей, где финансовые и операционные метрики гармонично сочетаются с оценкой безопасности, экологии, сохранности дорожного покрытия и удовлетворенности пользователей. Эффективность системы напрямую опирается на мощную национальную инфраструктуру непрерывного сбора данных о транспортных потоках. Однако ключевыми уязвимостями подхода США остаются барьеры при интеграции данных между различными уровнями управления и критическая зависимость достоверности отчетов от качества и регулярного обновления исходной информации.

Подходы КНР к оценке

ИТС в Китайской Народной Республике создаются в рамках централизованной государственной политики, определенной документами стратегического планирования, в частности программным документом «Основные направления укрепления транспортной мощи Китая» (Outline for Building China's Strength in Transport, 2019), утвержденным Центральным комитетом Коммунистической партии Китая и Государственным советом Китая [20]. Этот документ определяет развитие интеллектуального, цифрового и интегрированного транспорта как приоритет национальной политики до 2050 года и содержит восемь основных направлений развития транспортного комплекса.

В разделе 2 о развитии транспортной инфраструктуры указана необходимость всестороннего по-

вышения уровня интеллектуальности городской транспортной инфраструктуры.

В разделе 3 о развитии транспортных средств указано на необходимость дальнейшего развития исследований и разработки интеллектуальных подключенных транспортных средств («умные» транспортные средства, автономное вождение и взаимодействие транспортных средств с дорогой).

В разделе 4 о транспортных услугах указано на необходимость усиления комплексного управления городскими транспортными заторами на дорогах и уделение приоритетного внимания развитию городского общественного транспорта.

В разделе 5 о научно-технических инновациях большое внимание уделяется научным исследованиям и разработкам в области технологий скоординированной эксплуатации и обслуживания региональных интегрированных транспортных сетей, технологий совместного управления городским интегрированным транспортом, созданию универсальной и передовой транспортной информационной инфраструктуры, созданию интегрированной системы центров обработки больших данных на транспорте.

В разделе 6 о безопасности на транспорте, в рамках повышения безопасности дорожного движения, указано на укрепление инфраструктуры информирования, создание системы предотвращения дорожных происшествий и в целом на комплексное управление безопасностью дорожного движения.

В разделе 7 об охране окружающей среды в рамках борьбы с ее загрязнением указано на необходимость координированного контроля за топливом, дорогами и транспортными средствами, контроля за снижением уровня шума и вибрации на транспортных магистралях.

В разделе 8 о международном сотрудничестве указано на необходимость создания взаимосвязанной глобальной транспортной сети.

В разделе 9 о кадровом обеспечении призывается развивать талан-

⁹ По состоянию на 2022 год доля автомагистралей между штатами с дорожным покрытием в хорошем состоянии составляет 62%.

¹⁰ По состоянию на 2022 год доля мостов в хорошем состоянии составляет 41%.

ты в области транспортной науки и формировать армию высококвалифицированных транспортных работников.

Оценка эффективности развития интеллектуального, цифрового и интегрированного транспорта подразумевает достижение целевых показателей, заявленных в программном документе.

Заложенная в программном документе стратегия конкретизируется в 14-м пятилетнем плане. В ноябре 2024 года был опубликован «План действий по сокращению затрат и повышению качества и эффективности в сфере транспорта и логистики», за реализацию которого отвечают Министерство транспорта КНР и Национальная комиссия по развитию и реформам. В этом плане конкретизированы количественные и качественные показатели по 18 задачам (в том числе – увеличение протяженности путей различных видов транспорта и количества транспортных узлов), достижение которых и будет являться подтверждением эффективности выполнения мероприятий плана.

В части 18 14-го пятилетнего плана «Создание надежной цифровой экосистемы» приведены следующие сценарии по разделу 01 «Интеллектуальный транспорт»:

- развитие транспортных услуг для беспилотных автомобилей и си-

стем совместной инфраструктуры транспортных средств;

- содействие внедрению интеллектуальных систем управления дорожным движением, координации светофоров и приоритетного проезда для автобусов;

- создание интеллектуальных железных дорог, «умной» гражданской авиации, «умных» портов, цифровых каналов судоходства и «умных» парковок [21].

В результате реорганизации в 2018 году по решению Центрального комитета Коммунистической партии Китая было создано Главное государственное управление по контролю и регулированию рынка, подчиненное непосредственно Государственному совету КНР [22]. Функции ранее существовавшего Национального управления стандартизации были взяты на себя Департаментом стандартов и управления технологиями и Департаментом стандартов и управления инновациями.

В составе Главного управления по контролю и регулированию рынка объектами стандартизации, которые можно отнести к ИТС, занимаются:

- TC223 Национальный технический комитет по стандартизации объектов транспортной техники (Автомобильные дороги);

- TC268 Национальный технический комитет по стандартизации

интеллектуальных транспортных систем [23]-[24].

В настоящее время по данным TC268 разработан 141 стандарт, из которых:

- действует – 110;
- отменено – 21;
- скоро выйдет – 13 [24].

Еще 41 стандарт находится в различной степени готовности к утверждению.

К сожалению, ни один стандарт TC268 не относится к аспекту стандартизации – оценке эффективности ИТС.

С нашей точки зрения китайская система оценки эффективности ИТС представляет собой жестко централизованную государственную модель, полностью интегрированную в контур долгосрочного стратегического планирования. Ее ключевой особенностью является выраженный приоритет масштабных инфраструктурных проектов, технологического лидерства (интеллектуальные коридоры, беспилотный транспорт) и национальных интересов над частными. Оценка эффективности базируется на жестком ежегодном контроле производственных и технологических метрик, где коммерческий возврат инвестиций рассматривается в неразрывной связи с социальными и экологическими эффектами. Сильной стороной такого подхода выступает гарантированная концентрация ресурсов и высокая скорость внедрения инноваций, однако жесткая централизация и ориентация преимущественно на глобальные проекты могут снижать гибкость системы при решении локальных транспортных задач.

Обсуждение

Каждый из рассмотренных нами выше подходов к оценке эффективности ИТС характеризуется применением различных направлений и показателей оценки (рисунок 2).

Диаграмма наглядно демонстрирует, что единого универсального подхода к оценке ИТС в мире в настоящее время не существует. Каждая международная структура или страна смещает фокус оценки ИТС в сторону своих стратегических национальных или институциональных приоритетов. То есть позициони-

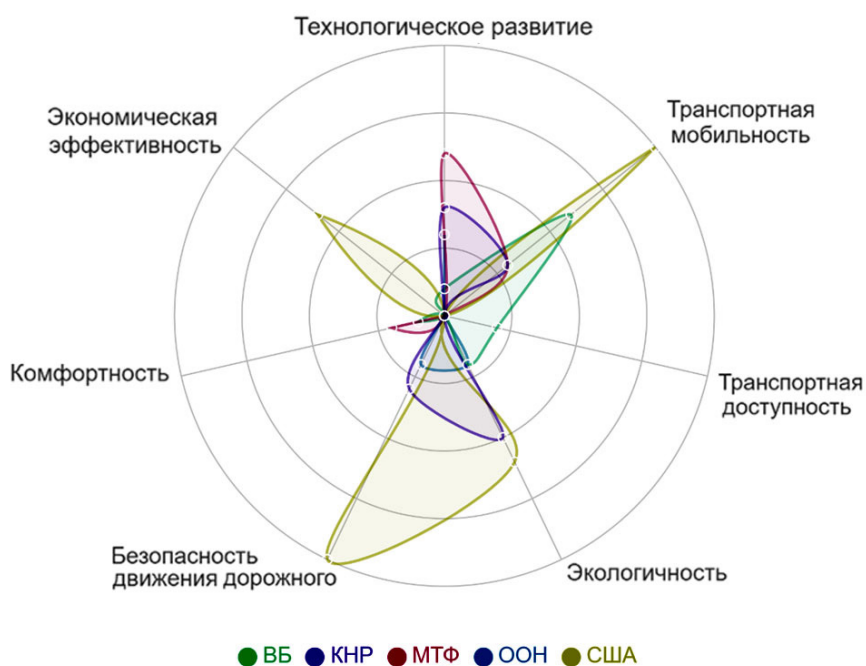


Рисунок 2 – Позиционирование подходов оценки эффективности ИТС

рование подходов к оценке ИТС в глобальном масштабе – это борьба приоритетов. КНР и Международный транспортный форум оценивают процесс цифрового развития и применения инноваций как таковой. США, ООН и Всемирный банк оценивают конечный прагматический результат – сэкономленные часы, объемы финансов и количество спасенных жизней.

При этом стоит учитывать, что дорожно-транспортный комплекс России имеет принципиальные отличия от аналогичных систем других стран, в т.ч.:

- значительная протяженность по разным часовым поясам, частям света и климатическим зонам;
- неравномерность заселения территории страны, чередование высокоурбанизированных местностей и районов минимально заселенных, что ведет к разрозненному внедрению ИТС;
- доминирование таких критериев эффективности ИТС, как стабильность, прогнозируемость и окупаемость грузоперевозок.

Таким образом, мы полагаем, что разработка отечественных подходов к оценке эффективности ИТС должна обосновываться на применении передового международного опыта. При этом критически важно адаптировать зарубежные подходы под особенности дорожно-транспортного комплекса Российской Федерации и минимизировать или устранить те уязвимости и системные недостатки, которые присущи зарубежным подходам.

Заключение

Проведенный анализ международных подходов к оценке эффективности ИТС показал, что, несмотря на высокий уровень проработки отдельных аспектов (безопасность дорожного движения, мобильность, экологическая устойчивость), единая общепризнанная методика интегральной оценки эффективности функционирования ИТС в мировой практике отсутствует. Документы ООН, Всемирного банка, Международного транспортного форума, а также национальные системы США и КНР предлагают различные наборы показателей и методов, ори-

ентированные на специфику своих институциональных моделей. Общей тенденцией является переход к достижению измеримых изменений в транспортной системе – снижению аварийности, сокращению времени в пути, уменьшению выбросов загрязняющих веществ, повышению мобильности и доступности транспортных услуг, а не факту внедрения оборудования или объему инвестиций в ИТС.

Вместе с тем зарубежные подходы не могут быть напрямую адаптированы к российской нормативной базе и условиям масштабного внедрения ИТС. Отсутствуют формализованные процедуры учета как технических, так и социально-экономических эффектов, не решен вопрос сопоставимости результатов между разными регионами, не закреплена связь показателей эффективности ИТС с целями транспортной политики.

Следовательно, в условиях активного внедрения ИТС на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации, сопровождающегося значительными инвестициями, возникает объективная необходимость формирования национальной системы оценки эффективности их функционирования. Такая система должна обеспечивать:

- объективное измерение достигнутых результатов (изменение параметров транспортной системы, а не только факт развертывания оборудования);
- учет как технических, так и социальных, экономических, экологических и управленческих эффектов;
- сопоставимость результатов между различными субъектами Российской Федерации и муниципальными образованиями;
- связь показателей эффективности ИТС с целями государственной транспортной политики и национальных проектов.

Список литературы

1. Давыдов Р.Д., Ахмадов Г.Д., Белов М.Ю., Панкратов А.И. Методология анализа технических и программных элементов как основы эффективного управления национальной сетью интеллектуальных транспортных систем // Вестник Мо-

сковского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 4 (83). – С. 67–78.

2. Анохов И.В., Торопов Н.Ю. Оценка эффективности сложных технических систем на примере интеллектуальных транспортных систем // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2024. – № 3 (41). – С. 1–10.

3. Журавлев А.Д., Торопов Н.Ю. Концептуальные подходы к оценке эффективности функционирования интеллектуальных транспортных систем // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2026. – № 1 (84). – С. 107–117.

4. Евстигнеев И.А. Международный опыт определения функциональных индикаторов эффективности интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2026. – № 2 (48) – С. 1–11.

5. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН A/RES/70/1 от 25 сентября 2015 года. – Женева: ООН, 2017. – URL: <https://sdgs.un.org/ru/2030agenda> (дата обращения: 17.06.2026).

6. Методология сбора данных по ключевым показателям эффективности для «умных» устойчивых городов / Объединение в интересах «умных» устойчивых городов (U4SSC). – Женева: Европейская экономическая комиссия ООН: Международный союз электросвязи, 2017. – 127 с. – URL: <https://unece.org/DAM/hlm/documents/Publications/U4SSC-CollectionMethodologyforKPIsforSSC.rus.pdf> (дата обращения: 17.06.2026).

7. Руководящие принципы для разработки добровольных местных обзоров в регионе ЕЭК / Европейская экономическая комиссия ООН. – Женева: ООН, 2022. – 71 с. – URL: <https://unece.org/sites/default/files/2022-02/VLR%20guidelines%20ru.pdf> (дата обращения: 17.06.2026).

8. План реализации Десятилетия устойчивого транспорта Организации Объединенных Наций (2026–2035 гг.) / Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН (ДЭСВ ООН). – Нью-

Йорк: ООН, 2025. – 46 с. – URL: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2025-12/Implementation%20Plan%20for%20the%20Decade%20of%20Sustainable%20Transport%20%282026-2035%29.pdf> (дата обращения: 17.06.2026).

9. Проект пересмотренной «дорожной карты» ЕЭК ООН по интеллектуальным транспортным системам: записка Секретариата: [сессия Комитета по внутреннему транспорту, Женева, 23–26 февраля 2021 г.]. – Женева: Европейская экономическая комиссия ООН. – 20 с. – (Документ ЕЭК ООН; ECE/TRANS/2021/15). – URL: <https://unece.org/DAM/transport/doc/2011/sc2/ECE-TRANS-SC2-2011-infdoc01r.pdf> (дата обращения: 17.06.2026).

10. Среднесрочный обзор осуществления Стратегии КБТ на период до 2030 года: записка Секретариата: [сессия Комитета по внутреннему транспорту, Женева, 25–28 февраля 2025 г.]. – Женева: Европейская экономическая комиссия ООН. – 18 с. – (Документ ЕЭК ООН; ECE/TRANS/2025/3). – URL: https://unece.org/sites/default/files/2025-01/ECE_TRANS_2025_3r.pdf (дата обращения: 17.06.2026).

11. Анализ затрат и выгод в проектах Всемирного банка: отчет Группы независимой оценки / Группа независимой оценки (IEG). – Вашингтон: Всемирный банк, 2010. – 140 с. – URL: https://ieg.worldbankgroup.org/sites/default/files/Data/Evaluation/files/cba_full_report1.pdf (дата обращения: 17.06.2026).

12. Мобильные мегаполисы: Вопросы городского транспорта: Оценка поддержки, оказываемой Группой Всемирного банка: отчет Группы независимой оценки / Группа независимой оценки (IEG). – Вашингтон: Всемирный банк, 2017. – 149 с. – URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/309551506621356068/pdf/Mobile-metropolises-urban-transport-matters-an-IEG-evaluation-of-the-World-Bank-Group-s-support-for-urban-transport.pdf> (дата обращения: 17.06.2026).

13. Транспорт, основанный на видении: руководство для директивных органов / Международный транспортный форум (МТФ). – Париж: Организация экономического сотрудничества и развития, 2026. – URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/vision-led-transport-planning.pdf> (дата обращения: 17.06.2026).

14. Умное использование дорог / Международный транспортный форум (МТФ). – Париж: Организация экономического сотрудничества и развития, 2026. – URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2019/03/smart-use-of-roads_13a2f5bd/42794582-en.pdf (дата обращения: 17.06.2026).

15. Hales D., Rosen D., Schwarzbach H., Wheeler A., Xenophontos Ch. Performance-Based Transportation Management: The Case of U.S. State DOTs // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2012. – Vol. 48. – P. 535–543. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812027681> (дата обращения: 17.06.2026).

16. Измерение эффективности работы транспорта [Электронный ресурс] / Федеральное управление шоссейных дорог, Министерство транспорта США. – Вашингтон. – URL: https://ops.fhwa.dot.gov/perf_measurement/index.htm (дата обращения: 17.06.2026).

17. Национальная отчетность об эффективности работы [Электронный ресурс] / Федеральное управление шоссейных дорог, Министерство транспорта США. – Вашингтон. – URL: <https://www.fhwa.dot.gov/tpm/reporting/national/> (дата обращения: 17.06.2026).

18. Интерфейс мониторинга и отчеты об эффективности работы на уровне штатов [Электронный ресурс] / Федеральное управление шоссейных дорог, Министерство транспорта США. – Вашингтон. – URL: <https://www.fhwa.dot.gov/tpm/reporting/state/> (дата обращения: 17.06.2026).

19. Урбанизированные территории [Электронный ресурс] / Феде-

ральное управление шоссейных дорог, Министерство транспорта США. – Вашингтон. – URL: https://www.fhwa.dot.gov/tpm/reporting/state/urbanized_areas.cfm (дата обращения: 17.06.2026).

20. ЦК КПК и Госсовет КНР опубликовали «Программу создания мощной транспортной державы» [Электронный ресурс] / Правительство Китайской Народной Республики. – Пекин, 2019. – URL: https://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm (дата обращения: 17.06.2026).

21. Политика и нормативные акты [Электронный ресурс] / Государственный комитет по развитию и реформам Китайской Народной Республики. – Пекин. – URL: https://en.ndrc.gov.cn/policies/index_3.html (дата обращения: 17.06.2026).

22. Организационная структура [Электронный ресурс] / Комитет по стандартизации Китайской Народной Республики. – Пекин. – URL: <https://www.sac.gov.cn/zzjg/index.html> (дата обращения: 17.06.2026).

23. Национальный технический комитет по стандартизации объектов транспортной инженерии (автомобильные дороги) [Электронный ресурс] / Единая государственная платформа информационных услуг в области стандартов; под ред. Государственного управления по регулированию рынка и Комитета по стандартизации КНР. – Пекин. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=E8B3F666CD4BF112E05397BE0A0A5815 (дата обращения: 17.06.2026).

24. TC268 Национальный технический комитет по стандартизации интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс] / Единая государственная платформа информационных услуг в области стандартов; под ред. Государственного управления по регулированию рынка и Комитета по стандартизации КНР. – Пекин. – URL: https://std.samr.gov.cn/search/orgDetailView?data_id=EC51A59BB701F95CE05397BE0A0ABD75 (дата обращения: 17.06.2026).

Давыдов Ростислав Дмитриевич

Родился в 1996 году. Окончил магистратуру, по специальности «технология транспортных процессов», МАДИ, в 2020 году. С 2024 года начальник отдела технологического развития ИТС ФАУ «РОСДОРНИИ». Имеет отраслевые награды.

Петрыкин Владислав Олегович

Родился в 1996 году. Окончил магистратуру, по специальности «технология транспортных процессов», МАДИ, в 2020 году. Заместитель начальника отдела комплексного аудита локальных проектов интеллектуальных транспортных систем Управления проектов интеллектуальных транспортных систем ФАУ «РОСДОРНИИ»

Торопов Николай Юрьевич

Родился в 1973 году. Окончил Высшее военно-морское инженерное училище им. Дзержинского. Заместитель директора департамен-

та цифровой трансформации ФАУ «РОСДОРНИИ»

Журавлев Антон Дмитриевич

Родился в 1986 году. В 2009 году окончил Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, факультет «Специальное машиностроение» по специальности «Ракетостроение», квалификация инженер. Заместитель генерального директора ФАУ «РОСДОРНИИ»

Davydov Rostislav D.

Was born in 1996. He completed his master's degree in Transport Process Technology at MADI in 2020. Since 2024, he has served as Head of the ITS Technological Development Department at FAI ROSDORNII. He holds industry awards.

Petrykin Vladislav O.

Was born in 1996. He completed his master's degree in Transport

Process Technology at MADI in 2020. He currently serves as Deputy Head of the Department for Comprehensive Audit of Local Intelligent Transport System Projects within the Intelligent Transport Systems Project Directorate at FAI ROSDORNII.

Toropov Nikolai Y.

Was born in 1973. He graduated from the Dzerzhinsky Higher Naval Engineering School. He serves as Deputy Director of the Digital Transformation Department at FAI ROSDORNII.

Zhuravlev Anton D.

Was born in 1986. In 2009, he graduated from Bauman Moscow State Technical University, Faculty of Special Machinery, specializing in Rocket Engineering, with the qualification of Engineer. He serves as Deputy General Director of FAI ROSDORNII.