

Научная статья

УДК 338.012

DOI 10.18101/2304-4446-2026-3-59-68

Развитие городского пассажирского транспорта в условиях цифровизации

© Булатова Надежда Николаевна

доктор экономических наук, профессор

bulatova_nad@mail.ru

© Алексеев Алексей Васильевич

кандидат технических наук, доцент

ukc.asmar.uu@gmail.com

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

Россия, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные вопросы развития городского пассажирского транспорта на основе внедрения интеллектуальной транспортной системы (ИТС) в условиях цифровой трансформации транспортной системы. Показано, как процессы цифрового преобразования аналоговых процессов меняют систему управления общественным транспортом. Соответственно в статье представлены содержание, состав, основные компоненты ИТС, что расширяет область данного исследования. Рассмотрен практический опыт применения ИТС на примере Улан-Удэнской агломерации. Проведен анализ современного состояния работы городского пассажирского транспорта (ГПТ) в условиях действующего уровня зрелости ИТС. С учетом ряда системных проблем при внедрении ИТС в систему ГПТ в работе предложен научно-методический подход к определению уровней зрелости и соответствующих мероприятий по их достижению, что позволяет перейти к системе ГПТ с помощью внедрения ИТС как сложноорганизованной управляющей системы. Особенностью исследования является разработка трехуровневой классификации зрелости ИТС и установление прямой логической связи между группами проблем ГПТ и уровнями зрелости, что позволяет регионам целенаправленно планировать развитие ИТС.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, интеллектуальная транспортная система, транспортная инфраструктура, уровни зрелости, цифровизация транспорта.

Для цитирования

Булатова Н. Н., Алексеев А. В. Развитие городского пассажирского транспорта в условиях цифровизации // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2026. № 3. С. 59–68.

Введение

Цифровая трансформация транспортной сферы в целом обусловлена прежде всего интеграцией цифровых инструментов, среди которых ключевое место занимает интеллектуальная транспортная система (ИТС). Именно ИТС обеспечивает рост эффективности общественных перевозок и улучшение качества транспортного обслуживания населения. Внедрение ИТС в систему городского пассажирского транспорта (ГПТ) в настоящее время становится объективной не-

обходимостью, поскольку это позволяет перевести транспортное обслуживание из разряда хаотичного и непредсказуемого в категорию управляемого и качественного сервиса, делая городскую среду более комфортной для жизни. В данном контексте ИТС выступает в роли управленческой структуры, функционирующей на базе цифровых технологий, она не только аккумулирует и перерабатывает информацию, поступающую от всех участников транспортного процесса, но и самостоятельно вырабатывает рациональные решения, направленные на оптимизацию работы ГПТ. Практика применения ИТС в ряде регионов уже продемонстрировала положительный социально-экономический эффект, который выражается в сокращении временных затрат пассажиров, повышении пропускной способности магистральных улиц, уменьшении негативного воздействия на окружающую среду и снижении интенсивности заторов. Вместе с тем, несмотря на инновационный характер ИТС как подхода к управлению ГПТ, ее распространение до сих пор носит фрагментарный характер. Указанное обстоятельство обусловило актуальность настоящего исследования, цель которого заключается в разработке научно-методических положений, касающихся внедрения, эксплуатации и определения перспектив ИТС в практической деятельности ГПТ.

Методы и материалы исследования

Для обеспечения эффективной работы ГПТ на базе ИТС требуется четкое понимание сущности данного цифрового инструмента, а также выработка эволюционного и стратегического видения, определяющего направления его дальнейшего развития. В связи с этим в работе применялись общенаучные методы познания, теоретические и аналитические приемы системного и функционального анализа. Фактологическую базу исследования составили, с одной стороны, практические результаты функционирования реально эксплуатируемых аппаратно-программных комплексов и данные об их фактической отдаче, а с другой — экспертные аналитические материалы в области ИТС. Кроме того, для оценки степени удовлетворенности пользователей услугами ГПТ был проведен социологический опрос населения.

Результаты исследования

Транспортная система города Улан-Удэ — это типичная для российского регионального центра система, где ее основной составляющей является городской пассажирский транспорт (ГПТ), представляющий собой комплекс транспортных средств и дорожной инфраструктуры, предназначенный для перевозки пассажиров в пределах городской черты, пригородной зоны по установленным маршрутам. К основным видам ГПТ можно отнести автобусы, маршрутное такси, трамвай, каршеринг, электрички, такси. Пассажирооборот Улан-Удэ характеризуется стабильно высокой концентрацией на автобусном сообщении. Краткая характеристика видов транспорта ГПТ дана в таблице 1.

Транспортная система города испытывает значительные пиковые нагрузки, которые усугубляются проблемами с пропускной способностью улиц и износом инфраструктуры. В принципе ГПТ со своей задачей справляется, но как большинство таких систем сталкивается с классическими проблемами, к которым можно отнести:

- пиковые нагрузки в часы «пик» (утром и вечером), особенно на маршрутах, связывающих спальные районы с центром города;

- пробки, от которых страдает город, что ведет к сбою в расписании движения общественного транспорта;
- износ парка, большая часть подвижного состава ГПТ остается старой, что ведет к нарушению безопасности движения;
- неравномерность охвата, некоторые новые микрорайоны испытывают дефицит удобных транспортных связей;
- повышение тарифов за счет инфляции, износа, роста цен на топливо и т. д.

Таблица 1

Основные виды ГПТ

№	Виды транспорта	Характеристика	Преимущества
1	Автобус	Общая протяженность городских маршрутов составляет 1 200 км: 53 действующих маршрута; 14 садово-дачных маршрутов, На 2025 год — 350 автобусов большой и средней вместимости и 1 370 автобусов малой вместимости, 80 % общего пассажирооборота города	Разветвленная маршрутная сеть, полностью покрывает территорию города, высокая маневренность, относительная доступность для пассажиров с разным уровнем дохода
2	Маршрутное такси	Промежуточный вид между автобусом и такси. Работают на тех же маршрутах, что и автобусы, но с более гибким графиком	Более высокая по сравнению с автобусом скорость доставки, повышенная комфортность
3	Трамвай	В Улан-Удэнской агломерации функционирует 6 трамвайных маршрутов Рельсовый транспорт с выделенной линией	Экологический и устойчивый к заторам вид транспорта, высокая провозная способность
4	Такси	В городе представлены все крупные федеральные агрегаторы (Яндекс GO, Ситимобил, а также множество местных таксопарков и частных водителей. Обеспечивает индивидуальную перевозку от «двери до двери»	Высокая комфортность, возможность вызова в любую точку города через мобильные приложения, цифровизация процесса (отслеживание авто)
5	Каршеринг	В городе работает каршеринговая компания («Яндекс Драйв»). Зона сервиса часто ограничена центральными районами. Оплата почасовая, поминутная, включает топливо, страховку	Отсутствие необходимости владения собственным автомобилем, удобство коротких поездок, интеграция с навигационными системами

Эти проблемы решаются городом, так, в 2026–2028 гг. планируется поступление более ста новых автобусов за счет национального проекта «Инфраструктура для жизни», а также за счет дальневосточной субсидии, которые будут работать на городских и пригородных маршрутах. Также за этот же период будут осуществлены строительство и реконструкция автомобильных дорог города и дорож-

ной инфраструктуры в целом. Периодически поднимается вопрос о строительстве трамвайных путей, развитии монорельсового транспорта и т. д.

Одной из сильных сторон ГПТ является информационное обеспечение и контроль. Для отслеживания работы транспорта в реальном времени используются мобильные приложения «Умный транспорт», «2ГИС» и портал its03.ru, а контроль за соблюдением графика осуществляется с помощью ГЛОНАСС — мониторинга через Центр управления дорожного движения (ЦУДД). На остановках размещены электронные табло с информацией о прибытии транспорта, что соответствует современным тенденциям «умного города», влияющим на комфорт для пассажиров. Данный факт в целом свидетельствует о высоком уровне цифровизации, которая стала в настоящий момент вектором развития транспортной отрасли. Сам процесс цифровизации в системе ГПТ сопровождается внедрением ИТС, которая представляет собой технологическую платформу, аккумулирующую в себе современные цифровые сервисы, информационные технологии, средства связи, телематическое оборудование, управляющие алгоритмы в единый контур. Ее функционал — на основе коммуникационных и управленческих решений в автоматическом режиме максимально эффективно регулировать и управлять системой ГПТ. Целевыми ориентирами ИТС является повышение безопасности, эффективности перевозок, обеспечение качества и комфортности транспортного обслуживания городской среды. Функционально ИТС охватывает три крупные области: управление дорожным движением, управление общественным транспортом, управление дорожной инфраструктурой (табл.2).

Таблица 2

Функциональные области ИТС

№	Область	Функциональное содержание
1	Регулирование транспортных потоков	Светофорное управление с самонастройкой, автоматическое выявление пробок и аварийных ситуаций
2	Контроль и регулирование над работы общественного транспорта	Отслеживание передвижения автобусов и трамваев онлайн, вычисление прогнозируемого времени прибытия на остановку, обеспечение приоритетного проезда на перекрестках
3	Оповещение пассажиров	Информационное табло на остановочных пунктах, приложения для смартфонов с данными о движении маршрутов и возможных задержках
4	Содействие водителям	Связь бортового оборудования транспортных средств с дорожной инфраструктурой, постоянный прием и передача сведений об остановках на трассах

В технической архитектуре ИТС выделяется три основных компонента:

- подсистема мониторинга транспортных потоков (сбор первичных данных с УДС);
- подсистема мониторинга пассажирских перевозок (отслеживание подвижного состава и пассажиропотоков);

– интеграционная платформа (мозговой центр, обеспечивающий аналитику и управление).

Полученные в улан-удэнской агломерации итоги внедрения ИТС сгруппированы в таблице 3 (количественные и качественные показатели).

Таблица 3

Итоги применения ИТС в системе ГПТ улан-удэнской агломерации

№	Показатели	Содержание
1	Количественные:	проведена модернизация 86 регулировочных объектов (светофоров), оснащенных новыми контроллерами для дистанционного управления
		размещено 150 камер кругового обзора, 232 датчика фиксации транспорта и 120 электронных табло
		запущено профильное программное обеспечение, содержащее модули для настройки светофоров, слежения за параметрами движения и метеонаблюдения
2	Качественные	внедрена практика «зеленых коридоров» (синхронизация работы нескольких светофоров через удаленную перенастройку режимов)
		используется аналитика крупных массивов информации (Big Data) для обработки сведений о скорости, плотности и маршрутах потока
		на отдельных перекрестках работают новые алгоритмы, подстраивая фазы светофора в реальном времени под фактическую загруженность
		действует система автоматического распознавания ДТП и нестандартных ситуаций, которая уменьшает время прибытия спецслужб и аварийных комиссаров в два раза
		созданы единые центры обработки данных (ЦОД) и управления движением (ЦУДД)
		намечены в перспективе стопроцентный охват магистралей датчиками транспорта, добавление в интеграционную платформу блока прогнозирования и моделирования

Несмотря на явный и видимый социально-экономический эффект от внедрения ИТС в систему ГПТ, связанный с экономией времени пассажиров, снижением эксплуатационных и повышением уровня кибербезопасности, расширением мощностей ЦОД, перевозок, сокращением ущерба от ДТП, тем не менее существует ряд системных проблем, которые мы разделили на несколько групп:

1. Институциональная разрозненность, которая связана с отсутствием единой вертикали управления процессом внедрения ИТС на муниципальном, региональном и федеральных уровне. При этом функции сбора, обработки и анализа данных распределены между несколькими ведомствами: департаментом транспорта, ГИБДД, муниципальными предприятиями, перевозчиками. Это приводит к дублированию информации, несовместимости форматов данных и отсутствию оперативного обмена информацией между службами.

2. Финансовые ограничения и несовершенство механизмов ГЧП. Внедрение ИТС требует значительных инвестиций, что в условиях сложившейся ситуации становится проблематичным. Существующие механизмы ГЧП ориентированы преимущественно на строительство инфраструктуры, но не на внедрение «умных» сервисов.

3. Кадровый дефицит в сотрудниках, которые должны обладать компетенциями в области анализа больших данных, машинного обучения и программирования.

4. Низкий уровень цифровой зрелости транспортных предприятий. Большинство перевозчиков использует устаревшие системы диспетчеризации и не готовы представлять данные в структурированном виде.

Важно отметить, что эти проблемы являются системными, взаимозависимыми и только экстенсивным путем невозможно решить эти проблемы. Требуется переход от «очаговой автоматизации» к управляемому развитию ИТС как целостной системы. Таким инструментом управления развитием выступает концепция уровней зрелости ИТС. Каждый уровень зрелости задает требования не только к техническому оснащению, но и к организационной структуре, кадровому обеспечению, интеграции участников.

Дальнейшие перспективы развития ИТС, на наш взгляд, во многом зависят от степени ее зрелости, которая, в свою очередь, находится в прямой зависимости от уровня охвата городского территориального планирования цифровыми инструментами. В связи с этим авторами была разработана классификация зрелости ИТС (табл. 4).

Таблица 4

Градация степеней цифровой зрелости ИТС

№	Требования к оснащению
Первый уровень (базовый)	– внедрение адаптивных алгоритмов работы светофоров (охват не менее пятой части от всех регулируемых перекрестков) – применение технических устройств для замера параметров дорожного движения (охват не менее 40% УДС) – наличие модуля наблюдения за транспортным потоком – функционирование объединяющей программной платформы (ЦОД)
Второй уровень (продвинутый)	– работа центрального узла управления движением и ситуационного центра – создание объединяющей программно-аппаратной платформы – наличие ситуационного центра (ЦУДД) и центра мониторинга
Первый и второй уровни отличаются между собой объемом внедренных технических средств	
Третий уровень (высший)	а) Цифровой двойник транспорта, представляющий собой единую централизованную платформу, агрегирующую состояние всех объектов ГПТ в реальном времени б) Искусственный интеллект для прогнозирования заторов ЛТП и пассажиропотоков

	в) Big Data для планирования позволяет провести анализ данных для оптимизации маршрутов и планирования инфраструктуры г) Технология V2X — Объединение транспорта, инфраструктуры и людей в единую сеть д) Концепция «Мобильность как услуга» (MaaS) — Совмещение транспорта на одной цифровой платформе с единым приложением е) Беспилотный транспорт (БП), создание цифрового центра управления БП ж) Интеллектуальные парковочные пространства — динамичное ценообразование, автоматизация парковочных мест з) «Зеленое развитие» — поддержка экологических видов передвижения, стимулирование экологических видов транспорта, минимизация углеродного следа
--	--

Каждая последующая ступень развития ИТС позволяет последовательно преодолевать определенные группы системных ограничений:

– затруднения, связанные со сбором и начальной обработкой информации (отсутствие датчиков, видеокамер, навигационных приемников ГЛОНАСС / GPS, недостаточный уровень цифровых навыков у персонала — снимаются при выходе на первую (начальную) ступень зрелости. На данном этапе устанавливаются приборные средства фиксации и формируется базовая инфраструктура для отслеживания дорожной обстановки;

– проблемы координации и управления (разрозненность ведомств, отсутствие централизованного реагирования на ДТП и ЧС, невозможность удаленного управления светофорами, отсутствие интеграции с перевозчиками) устраняются при достижении второго уровня зрелости. На этом уровне создаются Центр управления дорожным движением (ЦУДД), интеграционная платформа, подсистема диспетчеризации;

– стратегические ограничения (отсутствие прогнозных моделей, невозможность сценарного моделирования, разрозненность видов транспорта, низкая адаптивность к изменениям) преодолеваются на интегральной (высшей) ступени. На этом уровне внедряются цифровой двойник, искусственный интеллект для прогнозирования, технологии V2X, платформа MaaS и т. д.

Предлагаемые уровни зрелости — это не только самостоятельная классификация, а инструментальный решения проблем. Движение от первого уровня к интегральному — это последовательное закрытие проблем ГПТ, начиная с самых простых и заканчивая сложными (системными). Для наглядного представления данной логики авторами составлена матрица соответствия (табл. 5), которая показывает, какая группа проблем и через какие конкретно механизмы устраняется при достижении каждого уровня зрелости.

Логика, заложенная в предлагаемой классификации уровней зрелости как инструмента решения проблем внедрения ИТС в ГПТ, заключается в следующем методологическом выводе: нельзя перейти на следующий уровень зрелости, не решив проблемы предыдущего уровня. И наоборот — если в регионе не устрани-

ны проблемы координации (второй уровень), нельзя заявлять о «цифровой экосистеме» (интегральный уровень), поскольку фундамент под ней отсутствует.

Таблица 5
Соответствие уровней зрелости ИТС и решаемых проблем

Уровень зрелости	Проблемы	Механизм решения
Первый уровень	– отсутствие данных о транспортных потоках – отсутствие данных о местоположении ГПТ – невозможность мониторинга в реальном времени – низкая цифровая грамотность водителей – отсутствие единого формата данных	– установка детекторов транспорта, камер видеофиксации, ГЛОНАСС / GPS-трекеров на подвижной состав – внедрение базового ПО сбора и хранения данных
Второй уровень	– разрозненность ведомств (ГИБДД, транспорт, муниципалитет) – отсутствие централизованного реагирования ДТП и ЧС – невозможность удаленного управления светофорами – отсутствие интеграции с перевозчиками – дублирование информации	– создание Центра управления дорожным движением и Центра обработки данных – внедрение интеграционной платформы, агрегирующей данные со всех источников – запуск подсистемы диспетчеризации и адаптивного светофорного управления
Интегральный уровень	– отсутствие прогнозов загорев, пассажиропотоков, ДТП – невозможность моделирования транспортных потоков – разрозненность видов транспорта – отсутствие единого приложения для пассажиров – низкая адаптивность к изменениям (погодные условия, аварии) – невозможность интеграции беспилотного транспорта	– создание цифрового двойника улично-дорожной сети и транспортных потоков – внедрение искусственного интеллекта для кратко- и среднесрочного прогнозирования – пилотное внедрение V2X – разработка экологических маршрутов

Таким образом, выполненная оценка состояния функционирования городского пассажирского транспорта в условиях применения цифрового инструмента — интеллектуальной транспортной системы — позволила охарактеризовать сложившуюся систему отслеживания и регулирования дорожного движения. Архитектура ИТС на материале улан-удэнской агломерации демонстрирует модульный подход к развертыванию программно-аппаратных комплексов. Их работа подтвердила социально-экономическую эффективность: сокращение времени поездок, снижение эксплуатационных издержек, уменьшение ущерба от аварийности. Достигнутая в настоящий момент ступень цифровизации ИТС соответст-

вует первому и второму рангам зрелости ИТС. Вместе с тем с эволюционной природой цифровых преобразований возникает объективная необходимость принципиально иных высокотехнологичных подходов. Значение ИТС выходит далеко за рамки повышения комфорта и безопасности передвижения. По сути она превращается в один из ведущих катализаторов цифровой трансформации всей транспортной системы. В данном исследовании авторы предлагают комплексный научно-методический подход к развитию ИТС в системе ГПТ, заключающийся в выделении уровней зрелости ИТС. В отличие от существующих подходов, ограничивающихся охватом улично-дорожной сети детекторами и светофорным управлением, интегральный уровень предполагает создание единой цифровой транспортной экосистемы, способной упорядочить и оптимизировать процессы моделирования всей системы ГПТ.

Как изменится конфигурация ИТС, как будет создаваться цифровой двойник, как будут осуществляться прогнозирование и транспортное моделирование представляются авторам направлениями дальнейших исследований в части развития сложной высокоорганизованной системы ГПТ на основе внедрения интегрированного уровня зрелости ИТС.

Литература

1. Бабкин А. В., Михайлов П. А., Здольникова С. В. Методика оценки цифровой зрелости предприятия на основе анализа внешних и внутренних факторов // *Цифровая трансформация экономических систем: проблемы и перспективы (ЭКОПРОМ-2022): материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с зарубежным участием*. Санкт-Петербург: Изд-во ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. 819 с.
2. Булатова Н. Н., Дугина Е. Л., Доржиева Е. В. // *Цифровое развитие региональной транспортно-логистической инфраструктуры* // *π-Economy*. 2024. Т. 17, вып. 1. С. 41–54. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17103>.
3. Васильева М. Е., Волкова Е. М., Романов А. С. Интеллектуальные транспортные системы в российских агломерациях: сущность, структура и направления развития // *Инновационные транспортные системы и технологии*. 2023. Т. 9, № 4. С. 117–128. doi: 10.17816/transsyst202394117-128.
4. Гулый И. М. Методология оценки экономических эффектов инвестирования в цифровые технологии на транспорте // *Транспортные системы и технологии*. 2019. Т. 5, № 4. С. 124–133.
5. Евстигнеев И. В. Основы создания интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях России. Москва: Перо, 2021. 294 с.
6. Рахимов О. О., Лякина М. А. Цифровая платформа как элемент управления транспортной системой городской агломерации // *Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: материалы LXXXII Всероссийской научно-технической конференции*. 2022. С. 101–105.
7. Швецова Е. В., Шуть В. Н. Интеллектуальный транспорт с разделяющимися частями // *Математические методы в технике и технологиях: материалы XXXIII Международной научной конференции: в 12 т. Т. 3* / под общей редакцией А. А. Большакова. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. С. 87–93.
8. Current World Population. Available at: <https://www.worldometers.info/world-population/> (accessed December 1, 2023).

Статья поступила в редакцию 08.05.2026; одобрена после рецензирования 24.08.2026; принята к публикации 24.08.2026

Development of Urban Passenger Transport in the Era of Digital Transformation

Nadezhda N. Bulatova

Dr. Sci. (Econ.), Prof.
bulatova_nad@mail.ru

Aleksey V. Alekseyev

Cand. Sci. (Engineering), A/Prof.
ukc.asmap.uu@gmail.com

East-Siberian State University of Technology and Management
40v Klyuchevskaya St., Ulan-Ude 670013, Russia

Abstract. The article addresses topical issues in urban passenger transport development based on the implementation of intelligent transport systems (ITS) in the era of digital transformation of the transport sector. It demonstrates how the digitalization of analog processes transforms the public transport management system. We have expanded the scope of this study by characterizing the content, composition, and main components of ITS. The article examines practical experience of ITS application using the case study of Ulan-Ude agglomeration. An analysis of the current state of urban passenger transport operations under the existing level of ITS maturity has shown a number of systemic problems. We have proposed a scientific and methodological approach to defining maturity levels and the corresponding measures required to achieve them. This approach enables the transition to an urban passenger transport system that incorporates ITS as a complex supervisory control system. A distinctive feature of this study is the development of a three-tier classification of ITS maturity and the establishment of a direct logical link between groups of transport problems and maturity levels, allowing regions to plan targeted ITS development.

Keywords: urban passenger transport, intelligent transport system, transport infrastructure, maturity levels, transport digitalization.

For citation

Bulatova N. N., Alekseyev A. V. Development of urban passenger transport in the era of digital transformation. *Bulletin of Buryat State University. Economy and Management*. 2026; 3: 59–68 (In Russ.).

The article was submitted 08.05.2026; approved after reviewing 24.08.2026; accepted for publication 24.08.2026.