УДК 656.051

© Д. А. Белешев, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: dimabeleshev@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-152-160

© D. A. Beleshev, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia)
E-mail: dimabeleshev@gmail.com

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

DEVELOPMENT PROBLEMS OF THE RUSSIAN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Рассматривается история развития российских интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на четырех уровнях интеллектуализации: от простейших электромеханических до сложных встраиваемых систем. Сравниваются системы России, Европы и США с позиции нормативно-правового, технического и экономического уровней обеспечения. На основании сравнения приведенных систем обосновываются проблемы развития российских ИТС — разрозненность и узконаправленность. В качестве новизны исследования предлагаются решения проблем развития российских ИТС.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система (ИТС), уровень интеллектуализации, проблемы развития, пути решения.

The article examines the history of development of intelligent transport systems in Russian at four levels of intellectualization: from the simplest electromechanical systems to complex embedded systems; the systems of Russia, Europe and the USA are compared from the position of regulatory, technical and economic levels of support. Based on the comparison analysis of the above mentioned systems, the problems of the development of intelligent transport systems in Russia (namely, fragmentation and narrow focus of the existing systems) are considered. As a novelty of the research, some solutions are offered to the problems of Russian ITS development.

Keywords: intelligent transport system (ITS), level of intellectualization, development problems, solutions.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) — информационная транспортная система, обеспечивающая реализацию функций по выработке оптимальных решений в целях безопасного и эффективного использования транспортных средств и повышения показателей качества автотранспортного комплекса с помощью средств сбора и обработки данных.

Рассмотрим уровни интеллектуализации (автоматизации) в управлении транспортными системами на основе опыта внедрения данных систем [6, 7].

Уровень 0 — неавтоматизированные светофорные объекты (простейшие электромеханические светофоры), самые простые светофоры, не объединенные в сеть с помощью дорожных контроллеров. Указанные системы — самые простые с точки зрения организации работы и не об-

ладают функциями автоматизированного управления, обеспечивая лишь связь светофорных объектов в пределах одной магистрали, не имея обратной связи с транспортным потоком.

Уровень 1 (рис. 1, а) — простейшие автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУДД), управляемые оператором и включающие в себя дорожные контроллеры, объединяющие светофоры в единую управляемую систему. Считаются первыми по настоящему автоматизированными системами управления дорожного движения и сейчас являются самыми распространенными в мире. Тем не менее, они постепенно подвергаются замене на более совершенные системы управления.

Уровень 2 (рис. 1, б) — автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУДД), включающие: светофорные контрол-

леры, средства GPS, детектирование транспортного потока, видеоконтроль за дорожным потоком, датчики состояния дорожного полотна и пр. Они являются следующей ступенью развития автоматизированных систем управления, решающих задачу эффективного управления транспортными потоками, и внедрены во многих городах России и мира.

Уровень 3 (рис. 1, в) — интеллектуальные транспортные системы, обладающие функционалом АСУДД, но способные работать как централизованно (с помощью действий оператора), так и децентрализованно (независимо от оператора, на основе работы алгоритмов управления). Этот уровень — следующая стадия развития АСУДД в более сложные интеллектуализированные системы. Отличия ИТС от АСУДД концептуально состоят прежде всего:

- в сложности алгоритмов управления, позволяющей прогнозировать поведение транспортного потока и переключать светофорные режимы (адаптивные алгоритмы управления);
- возможности совместной «работы» элементов ИТС в составе системы (децентрализации работы ИТС);
- необходимости установки дополнительных датчиков и подсистем.

Уровень 4 — полностью независимые самообучающиеся ИТС будущего, описанные концептуально в виде патентов. Возможно, данные ИТС будут встраиваться в транспортные средства или смартфоны, а их работа может быть основана на работе интернета вещей [9, 12].

Обеспечение развития ИТС осуществляется на трех уровнях: *нормативно-правовом, техническом и экономическом*. Сравним ИТС России и других стран по уровню обеспечения их развития.

На *нормативно-правовом* уровне развития количество используемых стандартов для российских ИТС меньше, чем для американских или европейских ИТС. Работа последних ориентируется более чем на 100 стандартов, затрагивающих как системы коммуникации и идентификации транспортных средств, электронного сбора платежей, так и системы контроля за передвижением транспортных средств и пр. Эти стандарты описывают не только термины и определения, но и структуру и архитектуру подсистем ИТС.

Стандарты российских ИТС описывают терминологию, схемы построения и требования к архитектуре систем. Стандартизация в области ИТС в России осуществляется лишь единственным техническим комитетом, в отличие от систем США и Европы, вопросами которых занимается группа профильных комитетов. К сожалению, она носит рекомендательный характер и отстает от европейских или американских систем по следующим причинам [2, 3, 11]:

- из-за отсутствия национальной политики по формированию правил развертывания ИТС, т. е. анализа и обоснования вариантов принятия решений по организации и внедрению данных систем, включающих вопросы как технического, так и финансового характеров;
- бессистемности (дизинтеграции) внедряемых ИТС, приводящей к наличию на практике систем разных поколений, основанных на работе собственных алгоритмов и разработок.

Для сравнения уровней *технического развития* ИТС рассмотрим различие архитектур ИТС США, Европы и России (табл. 1). Основная задача сравниваемых ИТС, а именно управление дорожным хозяйством и повышение показателей качества автотранспортного комплекса, должна заключаться в сборе и обработке данных о работе транспортных средств и транспортной системы.

Отличия архитектур американской и европейской ИТС заключаются в том, что американская архитектура ИТС стандартизированная и более сложная, а европейская — проще и ориентирована на работу общественного транспорта, в отличие от архитектуры ИТС США [1, 6].

Наиболее совершенная на сегодняшний момент американская архитектура ИТС, на которую равняются другие страны и для которой написаны как нормативно-правовые акты в виде законов, так и стандарты, которым должны подчиняться проекты, создаваемые и внедряемые в данной области. Главным недостатком архитектуры российской ИТС является то, что существующие стандарты носят скорее справочный характер, а значит, в архитектуре российской ИТС нет строго определенного набора функций, в отличие от американской или европейской ИТС.

Рис. 1. Принципиальная схема работы автоматизированных систем управления дорожным движением: а — 1-го уровня; б — 2-го уровня; в — 3-го уровня

Наконец, сравним уровни *экономического развития* ИТС России, Европы и США, а именно стоимость вложений в каждую из систем, а также годовые расходы на системы, и сведем это в табл. 2 [4, 14, 15].

Представленные в табл. 2 системы приведены на рис. 2–4.

Согласно анализу табл. 2 сделаем следующие выводы, касающиеся экономического обеспечения ИТС:

- самой «дешевой» с точки зрения вложений и обслуживания является, очевидно, самая простая система из сравниваемых — АСУДД Санкт-Петербурга, задача которой заключается только в решении задачи оптимизации транспортных потоков в краткосрочной перспективе (в отличие от других систем, решающих задачи транспортного планирования в долгосрочной перспективе);

- самыми дорогими системами, очевидно, являются более сложные системы — Мичиганская и Мюнхенская ИТС; несмотря на их меньший охват длины УДС относительно системы Санкт-Петербурга, на большую стоимость внедрения зарубежных ИТС повлияли прежде всего затраты на НИР и разработку программного обеспечения по транспортному планированию.

Итак, сравнив уровни обеспечения приведенных ИТС, отметим:

- с точки зрения *нормативно-правового уровня* развития российские ИТС проигрывают за счет слабой стандартизации, связанной с отсутствием политики по развертыванию ИТС и бессистемности существующих систем;

- с точки зрения *технического уровня* развития российские ИТС проигрывают из-за специализации на более простых системах управления дорожным движением, а именно, на развитии автоматизированных систем 1-го и 2-го уровней (в отличие от систем США и Европы, сосредоточенных на развитии систем 3-го и 4-го уровней) [10, 13];

- с точки зрения *экономического уровня* развития российские ИТС являются наиболее доступными с точки зрения вложений и владения из-за простоты их функционала относительно систем США и Европы, которые требуют вложений в НИР и разработку более сложного ПО [8].

Таблица 1

Сравнение существующих архитектур ИТС в странах мира

Архитектура	Достоинства	Недостатки	Результаты внедрения
1. Американская ИТС	– Многоуровневость и проработанность системы; – использование новейших инновационных технологий; – подход системной инженерии к проектированию; – гибкость выбора решений; – защита окружающей среды; – ведется разработка СУДД 4-го уровня интеллектуализации	– Система не затрагивает наземный общественный транспорт; – сложности при организации и внедрению локальных проектов из-за глубокой проработки архитектуры	– Увеличение средней скорости движения транспортных средств; – улучшение обнаружения ДТП на дороге; – повышение уровня безопасности на дороге; – уменьшение вредных выбросов в атмосферу; – на практике работают СУДД 2-го и 3-го уровней интеллектуализации
2. Европейская ИТС	– Использование новейших технологий; – доступность и гибкость выбора решений; – ведется разработка СУДД 4-го уровня интеллектуализации	– Бюрократизация и замедление внедрения систем; – сложности при организации и внедрению локальных проектов из-за глубокой проработки архитектуры	– Увеличение средней скорости движения транспортных средств; – уменьшение времени заторов вследствие аварий; – повышение уровня безопасности на дороге; – на практике работают СУДД 2-го и 3-го уровней интеллектуализации
3. Российская ИТС	– Должное внимание отдается управлению наземным общественным транспортом; – разработки ведутся ответственными организациями	– Архитектура не стандартизирована; – отсутствие инновационного функционала по сравнению с прочими системами; – защита окружающей среды не прописывается в архитектуре системы; – стандарты носят рекомендательный характер	– Сокращение задержек движения наземного пассажирского транспорта; – улучшенная координация работы наземного общественного транспорта*; – на практике работают СУДД 1-го и 2-го уровней интеллектуализации

* Информация с сайта «Мосгортранс». URL: <http://www.mosgortrans.ru/>

Таблица 2

Сравнение экономического обеспечения ИТС в странах мира

Название ИТС (город, страна)	Компоненты системы	Стоимость вложений в систему, тыс. руб.	Расходы на обеспечение ИТС в год, тыс. руб.
1. WMTOS (штат Мичиган, США)	Дорожные контроллеры, светофорные объекты, информационные табло, камеры-детекторы транспортного потока, датчики состояния дорожного полотна, датчики наблюдения за изменением погодных условий, ситуационный центр	≈ 1 050 000	≈ 400 000
2. COMFORT (Мюнхен, Германия)	Дорожные контроллеры, светофорные объекты, информационные табло, камеры-детекторы транспортного потока, датчики уровня видимости (туман) и наблюдения за изменением погодных условий, датчики состояния дорожного полотна, ситуационный центр	≈ 1 150 000	≈ 430 000
3. АСУДД Санкт-Петербурга (Россия)	Дорожные контроллеры, светофорные объекты, информационные табло, камеры-детекторы транспортного потока, ситуационный центр	≈ 400 000	≈ 15 000

Рис. 2. ИТС WMTOC

Рис. 3. ИТС COMFORT

Рис. 4. ИТС АСУДД Санкт-Петербурга

Таким образом, выделим следующие *проблемы развития ИТС* в России:

- рекомендательный характер ГОСТ и недостатки в стандартизации приводят к разрозненности и несогласованности каждого из проектов;
- несмотря на наличие инновационного потенциала, российские ИТС достаточно просты по функционалу и выполняют, по сути, единственную задачу — решение проблемы дорожных заторов; соответственно, на сегодняшний день российские ИТС не решают задачу управления автомобильным хозяйством на уровне субъекта (АТП, район, город и т. п.);
- российские разработки по большей части не интегрированы как между собой, так и в систему общественного транспорта.

Завершая изучение данного вопроса, тезисно отметим пути решения *проблем развития ИТС* в России [5].

В первую очередь, необходимы *четкое определение ИТС*, отличающее его от АСУДД, а также градация подсистем ИТС в зависимости от объекта управления: на городскую (управление городской УДС), магистральную (управление УДС за пределами работы городской ИТС), ИТС пассажирского автотранспорта, транспортно-го предприятия (управление работы городским пассажирским транспортом или управление отдельно взятым АТП) и пр. Градация подсистем позволит, с одной стороны, разграничить функционал каждой из подсистем, специализируясь на выполнении узкого круга функций, с другой — данная специализация позволит интегрироваться ИТС, например, в систему общественного транспорта (в случае внедрения ИТС пассажирского автотранспорта) и транспортных компаний.

Во-вторых, необходимо внедрение *обязательного стандарта*, включающего в себя минимальный рекомендуемый набор элементов, обеспечивающих выполнение функции по управлению дорожным хозяйством согласно градации ИТС в целях стандартизации и интеграции отдельных систем в единую систему управления дорожным хозяйством. Управление работой ИТС должно осуществляться как на «нижнем» уровне (АТП, ДПС, служба организации дорожного движения и т. п.), так и на «верхнем» (администрация города, Комитет по развитию транспортной инфра-

структуры, УГИБДД и т. п.) и быть закреплено документально.

Развитие *инновационного потенциала* российских ИТС возможно с помощью разработки Национальной стратегии развития ИТС, включающей не только определение целей и задач внедрения систем в стране, вариантов разработки и внедрения новых систем, а также ввод в действие международных стандартов, но и стимулирование использования новейших инновационных технологий в сфере ИТС. Пригодность новых технологий к использованию в рамках каждого отдельного проекта следует подтверждать испытаниями, проводимыми компетентными организациями, которые не заинтересованы в результатах испытаний. Стимулирование возможно как с помощью применения метода системной инженерии, так и с помощью финансирования организации и внедрения отдельных локальных проектов из средств федерального бюджета.

Итак, в результате сравнения четырех уровней развития американских, европейских и российских ИТС были поставлены *проблемы развития российских систем*, а именно разрозненность и узконаправленность работающих в стране систем управления дорожным движением.

В качестве *научной новизны* исследования были предложены решения проблем развития российских ИТС, которые заключаются:

- в градации подсистем ИТС в зависимости от объекта управления;
- во внедрении стандартов на каждую из подсистем ИТС;
- в разработке Национальной стратегии развития ИТС, целью которой должен быть анализ и обоснование вариантов принятия решений по организации и внедрению данных систем.

Библиографический список

1. Белешев Д. А. Перспективные разработки в области интеллектуальных транспортных систем // Всероссийская межвузовская конференция «Магистерские слушания». Секция «Технология транспортных процессов». СПб.: СПбГАСУ, 2017. С. 17–22.
2. Белешев Д. А. Проблемы нормативного обеспечения Российских интеллектуальных транспортных систем // материалы Всерос. науч.-практ. студенческой конф. «Математические модели техники, тех-

нологий и экономики». Санкт-Петербург, 14–15 мая 2019 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 88–93.

3. Будрина Е. В., Лебедева А. С. Исследование инновационных систем оплаты проезда на общественном транспорте // Вестник СибАДИ. 2016. № 5 (51).

4. Горев А. Э. К вопросу об экономической эффективности городского пассажирского транспорта // Транспорт Российской Федерации. 2012. № 3–4 (40–41). С. 34–36.

5. Жанказиев С. В. Научные подходы к формированию концепции построения интеллектуальных транспортных систем в России // Вестник ГИОНАСС. 2012. № 1. С. 29.

6. Жанказиев С. В., Забудский А. Ю., Морозов Д. Ю. Опыт разработки кооперативных и автономных транспортных систем в Российской Федерации // материалы Междунар. науч.-практич. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы». СПб., 2016. С. 63–67.

7. Жанказиев С. В., Воробьев А. И., Морозов Д. Ю. Тенденции развития автономных интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 5 (66). С. 26–28.

8. Меренков А. О. Организационно-экономические аспекты формирования интеллектуальных транспортных систем в сфере городского пассажирского транспорта: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Меренков Артем Олегович. М.: ФГБОУ ВО ГУУ, 2017. 175 с.

9. Николаева Р. В., Газизова З. С., Загидулина А. Д. Формирование и развитие интеллектуальных транспортных систем // Техника и технология транспорта. 2016. № 1 (1). С. 8–14.

10. Пугачёв И. Н., Маркелов Г. Я. Интеллектуальное управление транспортными системами городов // Транспорт и сервис. 2014. № 2. С. 58–66.

11. Солодкий А. И., Енокаев В. К. Методика выбора рационального варианта интеграции локальных АСУДД // Инновации на транспорте и в машиностроении: сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. Т. I ; под ред. В. В. Максарева. СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016. С. 57–60.

12. Студентова Е. А. Роль интеллектуальных транспортных систем в повышении безопасности дорожного движения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. № 6-1.

13. Фадюшин А. А., Карманов Д. С. Снижение нагрузки на транспортную сеть путем оптимизации транспортных потоков на основе моделирования движения транспорта // Транспортные и транспортно-технологические системы: сб. ст. Тюмень: ТГНУ, 2015. С. 349–351.

14. Ali M.-A., Farooq A. ITS and Traffic Control System of Munich: Technical Measures and Benefits // American

Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences. 2015. ISSN: 2313–4402.

15. Kwigizile V., Sun Z., Clark M.-L., Wiersma M.-J. Costs and Benefits of MDOT Intelligent Transportation System Deployments (Final Report) // Transportation Research Center for Livable Communities Western Michigan University. 2015. 189 p.

References

1. Beleshev D. A. *Perspektivnye razrabotki v oblasti intellektual'nykh transportnykh sistem* [Promising developments in the field of intelligent transport systems]. *Trudy Vserossiyskoy mezhvuzovskoy konferentsii «Magisterskie slushaniya». Sektsiya «Tekhnologiya transportnykh processov»* [Proc. of the All-Russian interuniversity conference “Master hearings”. Section “Technology of transport processes”]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2017, pp. 17–22.

2. Beleshev D. A. *Problemy normativnogo obespecheniya Rossijskikh intellektual'nykh transportnykh sistem* [Problems of regulatory support of the Russian intelligent transport systems]. *Trudy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy studencheskoy konferentsii «Matematicheskie modeli tekhniki, tekhnologiy i ekonomiki» Sankt Peterburg, May 14–15, 2019* [Proc. of the All-Russian scientific and practical student conference “Mathematical models of engineering, technology and economy” St. Petersburg, May 14–15, 2019]. St. Petersburg POLITEH-PRESS Publ., 2019, pp. 88–93.

3. Budrina E. V., Lebedeva A. S. *Issledovanie innovacionnykh sistem oplaty proezda na obshchestvennom transporte* [Research of innovative payment systems at public transport]. *Vestnik SibADI – Bulletin of SibADI*, 2016, no. 5 (51).

4. Gorev A. E. *K voprosu ob ekonomicheskoy effektivnosti gorodskogo passazhirskogo transporta* [On the issue of economic efficiency of urban passenger transport]. *Transport Rossiyskoy Federatsii – Transport of the Russian Federation*, 2012, no. 3(4), pp. 34–36.

5. Zhankaziev S. V. *Nauchnye podhody k formirovaniyu koncepcii postroeniya intellektual'nykh transportnykh sistem v Rossii* [Scientific approaches to the formation of the concept of creating intelligent transport systems in Russia]. *Vestnik GLONASS – GLONASS Bulletin*, 2012, no. 1, p. 29.

6. Zhankaziev S. V., Zabudskiy A. Yu., Morozov D. Yu. *Opyt razrabotki kooperativnykh i avtonomnykh transportnykh sistem v Rossijskoj Federatsii* [The experience in the development of cooperative and autonomous transport systems in the Russian Federation]. *Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Transport Rossii: problemy i perspektivy»* [Proc. of the International

scientific and practical conference "Transport in Russia: problems and prospects". 2016, pp. 63–67.

7. Zhankaziev S. V., Vorob'ev A. I., Morozov D. Yu. *Tendencii razvitiya avtonomnykh intellektual'nykh transportnykh sistem v Rossii* [Trends in the development of autonomous intelligent transport systems in Russia]. *Transport Rossiyskoy Federatsii – Transport of the Russian Federation*, 2016, no. 5(66), pp. 26–28.

8. Merenkov A. O. *Organizacionno-ekonomicheskie aspekty formirovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem v sfere gorodskogo passazhirskogo transporta*. Diss. kand. ek. nauk [Organizational and economic aspects of the formation of intelligent transport systems in the field of urban passenger transport. PhD in Sci. Ec. diss.]. Moscow, 2017, 175 p.

9. Nikolaeva R. V., Gazizova Z. S., Zagidulina A. D. *Formirovanie i razvitie intellektual'nykh transportnykh sistem* [Formation and development of intelligent transport systems]. *Tekhnika i tekhnologiya transporta – Engineering and technology of transport*, 2016, pp. 8–14.

10. Pugachyov I. N., Markelov G. Ya. *Intellektual'noe upravlenie transportnymi sistemami gorodov* [Intellectual management of urban transport systems]. *Transport i servis – Transport and service*, 2014, no. 2, pp. 58–66.

11. Solodkiy A. I., Enokaev V. K. *Metodika vybora racional'nogo varianta integratsii lokal'nykh ASUDD* [Technique of choosing the rational option of local integration of ASUDD]. *Trudy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsii na*

transporte i v mashinostroenii» [Proceedings of the IV international scientific and practical conference "Innovations in transport and engineering"]. Vol. I. Ed. by Maksarov V. V. St. Petersburg, Nacional'nyy mineral'no-syr'evoy universitet «Gornyy» Publ., 2016, pp. 57–60.

12. Studentova E. A. *Rol' intellektual'nykh transportnykh sistem v povyshenii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [The role of intellectual transport systems in improving the road traffic safety]. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki – Bulletin of TulSU. Technical Sciences*, 2015, no. 6 (1).

13. Fadyushin A. A., Karmanov D. S. *Snizhenie nagruzki na transportnuyu set' putem optimizatsii transportnykh potokov na osnove modelirovaniya dvizheniya transporta* [Reducing the load on the transport network by optimizing transport flows based on traffic modeling]. *Sb. stat. «Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy»* [In: coll. works "Transport and transport-technological systems"]. Tyumen, TGNU Publ., 2015, pp. 349–351.

14. M.-A. Ali, A. Farooq. ITS and Traffic Control System of Munich: Technical Measures and Benefits. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 2015. ISSN: 2313-4402.

15. V. Kwigizile, Z. Sun, M.-L. Clark, M.-J. Wiersma. *Costs and Benefits of MDOT Intelligent Transportation System Deployments (Final Report)*. Transportation Research Center for Livable Communities Western Michigan University Publ., 2015, 189 p.