

УДК 004.9:656.07

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ В СМАРТ-ГОРОДЕ

¹Яворский В.В., ²Утепбергенев И.Т., ³Чванова А.О.

¹Карагандинский государственный технический университет, Караганда,
e-mail: yavorskiy-v-v@mail.ru;

²Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы,
e-mail: i.utepbergenov@gmail.com;

³Карагандинский государственный индустриальный университет, Темиртау,
e-mail: mysteria-nastyia@mail.ru

В статье рассмотрены направления совершенствования системы городского транспорта на основе внедрения интеллектуальных транспортных систем. Проблемы совершенствования планирования и управления транспортными системами города являются важнейшими. Сложность этой проблемы обусловливается многофункциональным и сложноструктурированным составом систем городского транспорта, активным и стохастическим поведением транспортных процессов, разнообразием функционирования и взаимодействия отдельных составных частей транспортных средств. В республике Казахстан принято решение и начата реализация проекта интеллектуальной транспортной системы (ИТС). Первый этап направлен на повышение эффективности существующей дорожно-транспортной системы, формирование предложений по развитию существующих систем управления транспортными потоками и технико-экономическое обоснование следующих этапов построения ИТС столицы. Важнейшим инструментом решения транспортной проблемы современного города является умно организованный, комфортный городской общественный транспорт (ГОТ). В отношении его должно быть проведено тщательное исследование: оценка имеющейся информации о ГОТ, городской территории и пассажирообразующих объектах, пассажиропотоках на маршрутах и корреспонденциях между районами. SMART подход к созданию инфраструктуры технических средств пассажирского транспорта предполагает создание кратчайших связей между основными пунктами перемещения пассажиров, оборудование этих пунктов необходимыми техническими средствами и сооружениями, учет объемов пассажирских перевозок и требований к уровню комфорта в процессе выбора подвижного состава и типов транспортных средств.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, «умный» город, системы обработки данных, хранилища данных, смарт-системы, городской транспорт

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM OF TRAFFIC MANAGEMENT IN A SMART CITY

¹Yavorskiy V.V., ²Utepbergenov I.T., ³Chvanova A.O.

¹Karaganda State Technical Univesity, Karaganda, e-mail: yavorskiy-v-v@mail.ru;

²Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, e-mail: i.utepbergenov@gmail.com;

³Karaganda State Industrial Univesity, Temirtau, e-mail: mysteria-nastyia@mail.ru

The article deals with the directions of improvement of the urban transport system based on the introduction of intelligent transport systems. Problems of improvement of planning and management of transport systems of the city are the most important. The complexity of this problem is due to the multi-functional and hierarchical nature of transport systems, active and stochastic behavior of transport processes, the variety of functioning and interaction of individual elements of vehicles. The Republic of Kazakhstan has made a decision and started the implementation of the intelligent transport system (ITS) project. The first stage is aimed at improving the efficiency of the existing road transport system, the formation of proposals for the development of existing traffic management systems and a feasibility study of the following stages of construction of ITS for capital. The most important tool for solving the transport problem of the modern city is cleverly organized, comfortable urban public transport (UPT). With regard to it, a thorough study should be conducted: assessment of available information on UPT, urban area and passenger-forming objects, passenger traffic on routes and correspondence between districts. SMART approach to the creation of the technical infrastructure of passenger transport is to ensure the shortest possible links between the main passenger-forming points, in the equipment of these points with the necessary technical means and facilities, taking into account the volume of passenger traffic and the requirements of comfortable travel in the calculation and selection of rolling stock and types of vehicles.

Keywords: intelligent transport systems, smart city, data processing systems, data warehouses, smart systems, urban transport

Казахстан, как стремительно развивающаяся страна, нуждается в преобразовании транспортной инфраструктуры. Система городского транспорта во многом формирует стиль жизни и передвижения людей в условиях городов, площадь которых составляет десятки тысяч гектаров. Город-

ской пассажирский транспорт должен решать две задачи:

1) создание комфортных, доступных и безопасных способов перемещения;

2) снижение использования личного автотранспорта за счет повышения привлекательности общественного транспорта.

Проблемы совершенствования планирования и управления транспортными системами города являются важнейшими. Это определяется тем, что от их решения на соответствующем научно-техническом уровне зависит эффективность функционирования всех систем производства и обслуживания в городе. Сложность этих проблем обусловливается многофункциональным и сложноструктурированным составом систем городского транспорта, активным и стохастическим поведением транспортных процессов, разнообразием функционирования и взаимодействия отдельных составных частей транспортных средств. Все это делает необходимым использование современных цифровых технологий управления и решения этих задач на уровне SMART-систем [1].

В реальных условиях на уровень развития интеллектуальных информационных систем в национальном и международном масштабах оказывают влияние факторы, которые сдерживают использование данных технологий при управлении и организации дорожного движения. Среди них можно указать:

- отсутствие методов оценки эффективности работы ИТС для привлечения инвестиций;
- недостаточно развитое информационное обеспечение автомобильного транспорта;
- отсутствие методов определения параметров дорожного движения «на лету» для применения в расчетах транспортных моделей;
- отсутствие методов прогнозирования и оценки качества движения на сетевом уровне.

Цель работы: в рамках исследования необходимо проанализировать направления совершенствования системы городского транспорта на основе внедрения интеллектуальных транспортных систем.

Материалы и методы исследования

В республике Казахстан уделяют большое внимание развитию городов и преобразованию их транспортной инфраструктуры. В рамках государственной программы «Цифровой Казахстан» (Постановление правительства Казахстана № 827 от 12 декабря 2017 г.) столица – город Астана определен пилотным городом для реализации и последующего масштабирования проектов «умного города». Принято решение и начата реализация проекта интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

В исследованиях транспортных потоков применяются методы, алгоритмы и идеи нелинейной динамики и возможностей управления. Применение данных методов обусловлено наличием устойчивых и неустойчивых режимов движения транспортного потока, а также нелинейными обратными связями, потерей устойчивости в случае изменения условий

движения. Также необходимо большое число переменных для описания системы.

Для рациональной организации движения потоков транспорта необходимо решить следующие задачи: произвести оценку максимального потока в сети, определить наиболее эффективное распределение потока, определить узкие места в процессах и обеспечить их ликвидацию. Кроме того, необходимо рассчитать суммарные временные затраты при перемещении из начального в конечный пункты.

В качестве основных показателей улучшения качества обслуживания пассажиров следует указать уменьшение временных затрат на передвижение и улучшение комфортабельности поездки.

Для улучшения показателей качества в процессе проектирования транспортных систем необходимо:

- оптимизировать параметры транспортных сетей (протяженность маршрутов, плотность, дублирование маршрутов и т.п.);
- улучшить технические параметры транспортных средств;
- определить оптимальные интервалы движения и увеличить их регулярность;
- усовершенствовать структуру парка подвижного состава и повысить коэффициент его выпуска.

Для моделирования процессов составления маршрутов городского пассажирского транспорта в рамках работы был улучшен алгоритм и реализована программа поиска кратчайшего пути на графе. Актуальность разработки формализованного описания транспортной системы заключается в том, что эффективные модели и алгоритмы, разработанные применительно к одним транспортным системам, после дополнительного учета ряда специфических особенностей, могут быть использованы и для других систем. Это связано с тем, что в рассматриваемых транспортных системах имеется ряд общих основных элементов: транспортная сеть, маршрутная сеть, корреспонденции между пунктами на транспортной сети (ТС), потоки на маршрутной сети (МС), пути передвижения между пунктами ТС, способы обслуживания потоков на МС и т.п. Очевидно также, что взаимосвязь элементов и процессы движения в транспортной системе можно описать, используя графовое представление системы [1] в виде взаимосвязанных сетей, на которых формируются потоки. Интегрированное описание транспортной системы представляет собой гиперсеть [2–4].

Задача управления процессом маршрутизации транспорта может быть разбита на статическую и динамическую части.

Первый этап проекта реализации ИТС направлен на повышение эффективности существующей дорожно-транспортной системы, формирование предложений по развитию существующих систем управления транспортными потоками и технико-экономическое обоснование следующих этапов построения ИТС столицы. Необходимо построение динамической модели с возможностями последующего масштабирования, базирующейся на анализе «больших данных» получаемых из различных источников: система «Сергек», данные навигаторов, данные спутникового мониторинга, данных ТОО AstanaLRT и других источниках.

При реализации таких программ необходимо решение ряда методологических вопросов. При анализе и синтезе транспортной системы необходимо последовательно использовать несколько уровней описания [2–4]. На этапе описания проблемной си-

туации, формализованного представления транспортной системы используются методы теории графов и методы описания коммуникационных систем [5–7], при решении задач распределения ресурсов и планирования функционирования транспорта используются соответствующие методы моделирования массового поведения [8, 9]. Прежде всего, при этом должна быть решена проблема сбора, хранения и обработки большого количества данных, необходимых для управления системой. Проводится оценка имеющейся информации о движении транспорта и системе организации движения (СОД), способах получения данных. Во многих случаях решение этих задач осуществляется не на уровне современных цифровых технологий [10–12]. Поэтому должна быть реализована разработка предложений по внедрению современных систем сбора информации. Необходимо определить способы получения и форматы хранения данных и в целом структуру хранилища данных СОД, а также формирование самого хранилища данных СОД, содержащего данные о движении транспорта и дорожной ситуации, а также запуск в эксплуатацию интерфейсов этой системы.

Важнейшим инструментом решения транспортной проблемы современного города является умно организованный, комфортный городской общественный транспорт (ГОТ). В отношении его должно быть проведено тщательное исследование: оценка имеющейся информации о ГОТ, городской территории и пассажирообразующих объектах, пассажиропотоках на маршрутах и корреспонденциях между районами.

Так же как и в случае СОД прорабатывается структура хранилища данных ГОТ, разрабатываются предложения о создании и внедрении систем сбора информации, осуществляется запуск его в эксплуатацию с необходимыми интерфейсами. Формирование такой информационной базы системы позволит перейти к разработке полномасштабной информационной транспортной модели города.

В зарубежных странах для управления транспортными потоками разработаны и используются программные средства, такие как PTV VISION VISSIM, VISUM, AIMSUN и т.д. В настоящее время в развитых странах Европейского союза для планирования и организации улично-дорожной сети применяется программа PTV VISION VISSIM, которая имеет возможность анализировать движение пешеходов и транспортных средств, прогнозировать заторы, формировать оптимальные графики движения транспорта [11].

VISUM применяется для построения моделей транспортных потоков, а также оптимизации и планирования движения транспорта. Все участники движения интегрируются в единую математическую транспортную модель [12].

AIMSUN позволяет строить модели движения на городских транспортных сетях, автомагистралях, кольцевых дорогах и разветвлениях. Программа имеет возможность управления движением с помощью сообщений о загруженности транспортных линий и узлов, а также с помощью изменения графика работы светофоров. В основе работы AIMSUN лежит модель Гиппса. AIMSUN предназначен для работы специалистов управлений организации движения.

Многие крупные города имеют так называемые светофорные зоны («умные» светофоры). Для работы таких светофоров применяется адаптивная система управления переключением светофоров. Такой спо-

соб работы является продуктивным и экономичным, что доказывается практическим опытом. Согласно статистике, пропускная способность улично-дорожной сети увеличивается на 30%, а учитывая невысокую стоимость и простоту установки, применение подобной системы является рациональным и эффективным.

Выполнением проектов по транспортному моделированию занимается компания A+S из Германии (Дрезден). Компания представляет собой инновационный проектный институт. Он присутствует на рынке СНГ с 2003 г. [12]. Область деятельности компании не ограничивается СНГ и странами Европы, A+S оказывает услуги по всему миру. Направлением деятельности компании является транспортное моделирование и планирование, проектирование объектов дорожной инфраструктуры и комплексная визуализация.

Дальнейшее развитие заключается в формировании интеллектуальной транспортной системы, разработке концепции ИТС, ее структуры и поэтапной реализации. Важна работа по тщательному тестированию системы, проверке и оценке ее работоспособности и эффективности, а также постоянная разработка предложений вариантов оптимизации существующей системы управления городской транспортной системой (ГТС) и особенно ГОТ. Можно выделить три уровня обработки и хранения информации системы управления ГОТ [13].

Первый уровень информационного обеспечения системы представляет собой координирующие органы управления. Компьютеры управляющих подразделений оперативно получают и анализируют данные о городской инфраструктуре, местоположении наиболее посещаемых мест города, улично-дорожной сети, потенциальных перемещениях пассажиров и т.д.

Эти данные вместе с информацией об имеющихся транспортных ресурсах необходимы для определения рациональных вариантов развития системы транспорта. Применение этих вариантов при принятии решений способствует повышению качества планирования развития городской транспортной инфраструктуры [13].

Второй уровень соответствует управлению отдельными видами транспорта. Информация здесь предполагает сведения о транспортных ресурсах, их наличии, состоянии и готовности к эксплуатации. Кроме того, здесь же циркулируют данные о маршрутах и пассажиропотоках. Указанные сведения имеет смысл размещать на информационных порталах подразделений городского управления, курирующих вопросы пассажирского транспорта, а также на сайтах транспортных предприятий. Данная информация может быть использована для оперативного управления и определения рациональных планов перевозки пассажиров [13].

Третий уровень системы относится к работе самих транспортных единиц, осуществляющих перевозку пассажиров [13].

Очевидна глубокая взаимосвязь всего информационного обеспечения системы управления ГОТ, что указывает на необходимость формирования корпоративных транспортных ресурсов в виде хранилища данных и формирования системы обработки больших данных. Проектирование таких информационных систем необходимо производить с полным отражением в информационной системе всей производственной и информационно-технологической структуры, основанной на разработке информационно-функциональной модели

соответствующей задачи управления. Программно-техническую поддержку информационных ресурсов ГОТ может осуществить корпоративная сеть [14].

Результаты исследования и их обсуждение

Создание эффективной системы городского транспорта предполагает использования SMART подхода на всех этапах ее функционирования, начиная с проектирования и градостроительных работ. Такой подход позволит уменьшить потребность жителей в перевозках за счет приближения мест жительства к местам труда и отдыха. Состав сети городского пассажирского транспорта должен быть ориентирован на сокращение временных затрат пассажира, начиная от времени движения от дома до остановочного пункта и включая время ожидания транспорта, время поездки и пересадки.

SMART подход к формированию технической инфраструктуры предполагает формирование кратчайших связей между пассажирообразующими пунктами. Эти пункты должны иметь соответствующие технические средства. SMART подход предполагает наличие возможности учета объемов пассажирских перевозок, требований к уровню комфорта поездки и выбора состава и типа транспортных средств. Основную долю в общем объеме пассажироперевозок на городском транспорте занимают трудовые перемещения, которые, как правило, фиксированы по времени и сконцентрированы в определенном пространстве, имеют признаки устойчивых технологических решений [14]. Главным принципом обслуживания трудовых перевозок должен стать принцип «между определенными зонами города в определенный момент времени». Повысить эффективность таких перевозок возможно за счет использования и внедрения логистического управления на пассажирском транспорте.

Разработка и внедрение систем перевозок на городском пассажирском транспорте должны соответствовать приведенным классификационным признакам. Все это следует учитывать при формировании маршрутной сети, определении количества и типа транспортных единиц для обслуживания маршрутов, выборе режима движения и т.д.

Проектирование и создание систем пассажирских перевозок должно соответствовать приведенным классификационным признакам. Это необходимо учитывать при распределении маршрутов по улично-дорожной сети города, определении необходимого количества подвижного состава и типов транспортных средств для маршрутов, выбора режима движения и т.д.

Выводы

Решение рассматриваемых задач требует использования современных технологий «умного города», базирующихся на широком использовании современных ИКТ и систем обработки «больших данных». Дальнейшее развитие заключается в формировании интеллектуальной транспортной системы, разработке концепции ИТС, ее структуры и поэтапной реализации. Важна работа по тщательному тестированию системы, проверке и оценке ее работоспособности и эффективности, а также постоянная разработка предложенных вариантов оптимизации существующей системы управления городской транспортной системой и особенно городского общественного транспорта.

Список литературы

1. Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живём, работаем и мыслим / пер. с англ. Инны Гайдюк. – М.: Манн, Иванов, Фербер, 2014. – 240 с.
2. Калимолдаев М.Н., Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т. Об одной задаче маршрутизации транспорта в мегаполисе // Вестник КазНТУ имени К. Сатпаева. – 2016. – № 1. – С. 409–414.
3. Яворский В.В. Модели оценки деятельности и планирования развития социально-экономических систем. – Томск: В-Спектр, 2011. – 160 с.
4. Яворский В.В., Утепбергенов И.Т. Структурные методы совершенствования управления транспортными системами городов. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2006. – 272 с.
5. Ольховский С.Ю., Яворский В.В. Моделирование функционирования и развития маршрутизированных систем городского пассажирского транспорта. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 136 с.
6. Попков В.К. Модели и методы структурирования сложных систем // Математика, ее приложения и математическое образование: материалы IV Международной конференции. – Улан-Удэ, 2011. – С. 62–66.
7. Гадасина Л.В., Баушев А.Н. Оптимизационные задачи на сетях. – СПб: ИГУИС, 2012. – 108 с.
8. Chudak F., Dos Santos Eleuterio V. The traffic equilibrium problem. – Goiania, 2006. – 520 p.
9. Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т., Бижанова А.С. Об одной задаче маршрутизации транспорта на городских транспортных сетях // Вестник КазАТК имени М. Тынышпаева. – 2015. – № 5–6. – С. 59–64.
10. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография. – М.: Логос, 2013. – 464 с.
11. Akhmediyarova A.T., Kassymova D.T., Utegenova A.O., Utepbergenov I.T. Development and research of the algorithm for determining the maximum flow at distribution in the network // Open Computer Science. – 2016. – Vol. 6, № 1. – P. 208–213.
12. Таратун В.Е. Анализ средств имитационного моделирования для оптимизации транспортных потоков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.salogistics.ru/magazine/13/10_Taratyn_\(SUAI\).pdf](http://www.salogistics.ru/magazine/13/10_Taratyn_(SUAI).pdf) (дата обращения: 02.07.2018).
13. Петров А.И. Влияние внешней среды на устойчивость системы пассажирского общественного транспорта. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 300 с.
14. Специфика логистического подхода в вопросах организации и управления общественным пассажирским транспортом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bizbook.online/logist/spetsifika-logisticheskogo-podhoda-voprosah.html> (дата обращения: 02.07.2018).