



ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник трудов
IV Международной научно-практической конференции

11–12 апреля 2019 года

ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции 11–12 апреля 2019 года

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Ассоциация транспортных инженеров

ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник трудов
IV Международной научно-практической конференции

11–12 апреля 2019 года

Санкт-Петербург
2019

УДК 656; 711.4; 711.7

Рецензенты:

канд. техн. наук, профессор *А. С. Афанасьев*
(Санкт-Петербургский горный университет);

д-р техн. наук, профессор *С. А. Евтюков*
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

Транспортное планирование и моделирование : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф.
[11–12 апреля 2019 г.] ; СПбГАСУ. – СПб., 2019. – 194 с.

ISBN 978-5-9227-0984-2

Представлены статьи участников IV Международной научно-практической конференции
«Транспортное планирование и моделирование».

Редакционная коллегия:

А. Э. Горев,
А. И. Солодкий,
Е. А. Шестеров

ISBN 978-5-9227-0984-2

© Авторы статей, 2019
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2019

ВВЕДЕНИЕ

11 и 12 апреля 2019 года в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете состоялась IV Международная научно-практическая конференция «Транспортное планирование и моделирование». В работе конференции приняли участие 320 специалистов из 170 организаций. Выступили 78 докладчиков из России, стран СНГ и Европы.

Организаторами конференции являлись Ассоциация транспортных инженеров (АТИ), Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Санкт-Петербургский научный центр РАН, Ассоциация дорожных и транспортных исследований Германии (FGSV). Конференция прошла при поддержке и участии представителей Министерства транспорта РФ, Комитета по транспорту Правительства Санкт-Петербурга, МОО «Координационный совет по организации дорожного движения» и РосдорНИИ.

Цель проведения конференции – ознакомление широкой научной общественности и специалистов профильного бизнеса с научными разработками и передовым опытом в области транспортного планирования и моделирования, развития инновационной деятельности, а также содействие обмену научными взглядами, идеями и мнениями внутри профессионального сообщества, интеграции науки, производства и образования.

Основные темы для рассмотрения на конференции:

- Транспортное планирование.
- Моделирование транспортных систем.
- Интеллектуальные транспортные системы.
- Организация дорожного движения.
- Городской пассажирский транспорт.
- Эксплуатация транспортных систем.
- Нормативно-правовое и нормативно-техническое обеспечение транспортно-го планирования и моделирования.
- Кадровое обеспечение.

Статьи в сборнике печатаются в авторской редакции.

А. И. Солодкий,
Президент Ассоциации транспортных инженеров

УДК 621.436

Александр Сергеевич Афанасьев,
канд. воен. наук, профессор
Александр Сергеевич Рыбаков,
студент
(Санкт-Петербургский горный университет)
E-mail: a.s.afanasev@mail.ru,
SunoFisher@yandex.ru

Alexander Sergeevich Afanasyev,
PhD of Military Sci., Professor
Alexander Sergeevich Rybakov,
student
(Saint Petersburg Mining University)
E-mail: a.s.afanasev@mail.ru,
SunoFisher@yandex.ru

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ СОПУТСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМЕ КОМПРЕССОРНОГО ЦИКЛА

DIAGNOSING OF DIESEL ENGINES IN PARAMETERS OF THE ACCOMPANYING PROCESSES IN THE MODE OF THE COMPRESSOR CYCLE

В статье рассмотрен разработанный метод диагностирования – определения относительной компрессии дизельного двигателя в режиме компрессорного пуска по стартерным токам.

В работе подобран диагностический прибор: DiaMag 2, являющийся осциллографом (мотор-тестером), и представлена схема измерительной установки с последовательной инструкцией подключения. Рассмотрен алгоритм выполнения работ по определению «относительной компрессии» двигателя.

Ключевые слова: автомобиль, транспортные средства, компрессия, дизельный двигатель, диагностирование.

The article the developed diagnosing method– definitions of relative compression of the diesel engine in the mode of compressor start-up on starter currents is considered.

In work the diagnostic unit is picked up: DiaMag 2 which is oscillograph (motor tester) the scheme of measuring installation with the consecutive instruction of connection is also submitted. The algorithm of performance of work by definition of “relative compression” of the engine is considered.

Keywords: car, vehicles, compression, diesel engine, diagnosing.

Транспортные средства, выполняющие различный спектр работ, нуждаются в диагностировании, необходимом для определения их технического состояния без разборки.

Диагностированием – называют процесс определения технического состояния объекта без его разборки [1].

Для проведения диагностических работ необходимо использовать дорогостоящее стационарное оборудование, иметь соответствующие помещения, транспортные средства с двигателем внутреннего сгорания, находящиеся в состоянии, обеспечивающем их пуск.

В результате поиска в статье рассмотрены нормативные документы Положение о ТО и ТР АТС, технический регламент Таможенного союза, различные статьи, кандидатские диссертации на тему диагностирования дизельных двигателей по параметрам сопутствующих процессов в режиме компрессорного цикла [1,2,3,4,5,6].

Так в Положении о ТО и Р, в техническом регламенте не рассматриваются вопросы, относящиеся непосредственно к диагностированию дизельных двигателей и определению «относительной компрессии». Это связано с тем, что данные нормативные документы рассматривают автомобиль как единое целое, и не допускают его эксплуатацию при несоответствии требованиям регламентирующих документов.

Анализ существующих методов и средств контроля технического состояния дизельного двигателя, рассмотренных в диссертациях других авторов, показал, что на сегодняшний день большинство из них требуют предварительной разборки двигателя перед диагностированием, имеют высокую трудоемкость, а также не обладают достаточной точностью при постановке диагноза [2,3,4,5,6]. В качестве примера рассмотрим определение «абсолютной компрессии» дизельного двигателя, она осуществляется с помощью демонтажа свечей накаливания и подключения компрессометра в свечное отверстие. По измеренным показателям возможно определить техническое состояние каждого из цилиндров двигателя. Основываясь на полученной информации, производится анализ в результате которого определяется техническое состояние двигателя. Данный метод диагностирования заключается в следующем: на современных автомобилях моторное пространство сконструировано таким образом, чтобы задействовать каждый свободный участок. Для осуществления работ по определению «абсолютной компрессии» двигателя внутреннего сгорания необходимо произвести демонтажные работы навесного оборудования. Данная операция очень трудоёмкая и занимает большой промежуток времени. Также существует статистика на предприятии «ЕС Сервис», занимающемся обслуживанием автомобилей марки BMW, которая основана на том, что свечи накаливания в процессе эксплуатации автомобиля и воздействия агрессивной окружающей среды – окисляются в резьбовом соединении и во время демонтажа, возможно разрушение свечи накаливания и разделения корпуса на части, одна из которых остаётся в резьбовом соединении в головке блока цилиндров. Для демонтажа обломившейся части необходимо произвести работы по разборке двигателя и отделения головки блока цилиндров непосредственно от блока цилиндров и дальнейшего высверливания оставшейся в резьбовом соединении головки блока цилиндров части корпуса свечи накаливания.

Снижению затрат на ТО, ремонт и повышению уровня работоспособности ДВС в значительной мере способствует комплексный подход к разработке эффективного метода, средств и технологий диагностирования и автоматизированных управляющих систем на базе микропроцессорной техники с минимальными требованиями к контролепригодности ДВС.

На рис. 1 представлены основные методы диагностирования, рассмотрим каждый из них [7].

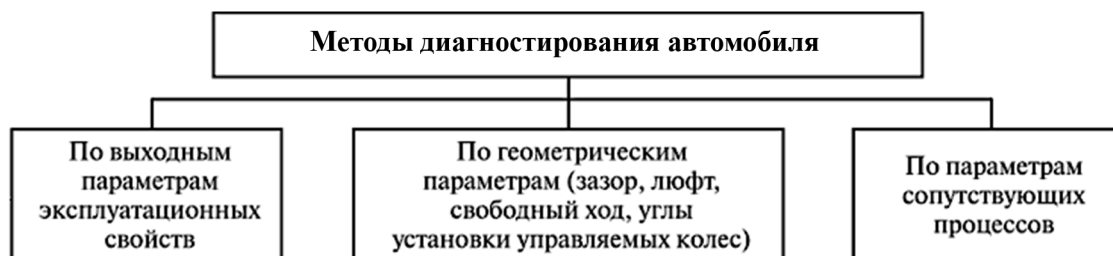


Рис. 1. Методы диагностирования автомобилей

Методы I группы базируются в основном на имитации скоростных и нагрузочных режимов работы автомобиля и определении при заданных условиях выходных параметров. Методы диагностирования по параметрам эксплуатационных свойств дают общую информацию о техническом состоянии автомобиля.

Методы II группы базируются на объективной оценке геометрических параметров в статике и основаны на измерении значения этих параметров или зазоров, определяющих взаимное расположение деталей и механизмов. Преимущество методов этой группы – возможность постановки точных диагнозов, простота средств измерения, а недостатки – большая трудоемкость, малая технологичность, невозможно после сборки выставить трущиеся поверхности в том положении, в котором были раньше после приработки.

К III группе относятся методы, оценивающие параметры сопутствующих процессов. При этом анализируются показатели, косвенно влияющие на работу узлов и агрегатов транспортных

машин, например тепловое поле, шумы, виброакустические процессы и т.д. Измеряемые этим методом параметры образуют подмножество внутренних процессов [7].

Для определения относительной компрессии двигателя воспользуемся методом, основанным на параметрах сопутствующих процессов по колебательным параметрам. Данный метод широко используют при создании средств технического диагностирования автомобилей, например оценки колебаний напряжения, тока, электрического сопротивления в электрических цепях (на этой основе созданы мотор-тестеры), параметров вибро-акустических сигналов, получаемых при работе зубчатых зацеплений, клапанных механизмов, подшипников и т.д.; пульсации давления в гидравлическом аккумуляторе и трубопроводах (на этой основе созданы дизель тестеры для диагностирования дизельной топливной аппаратуры) [8,9].

Методы, с помощью которых оцениваются колебания силы тока в электрических цепях, используются для диагностирования «компрессорного цикла» двигателя, отличительной его чертой от реального рабочего цикла, является подвод энергии извне, то есть при принудительном прокручивании коленчатого вала (КВ) двигателя внутреннего сгорания без подачи топлива. Этот цикл имеет место при стартерной прокрутке КВ на режиме пуска двигателя. По характерным осциллограммам силы тока осциллографом отображаются процессы, характеризующие изменение момента сопротивления на валу якоря электродвигателя и степень его корреляции с током потребляемым стартером. Участки осциллограмм содержат информацию о состоянии «относительной компрессии» двигателя [8, 10].

При износе цилиндропоршневой группы, нарушения плотности посадки клапанов, а также низкой частоте вращения КВ при стартерной прокрутке давление в конце сжатия значительно уменьшается. В дизельном двигателе это приводит к отсутствию самовоспламенения топлива и невозможности пуска. На осциллограмме изображается меньшая сила тока, по сравнению с силой тока в работоспособном цилиндре [11].

Научную новизну представляют.

1. Метод определения относительного значения компрессии дизельного двигателя по величине стартерного тока, потребляемого при пуске.
2. Модель процесса диагностирования, учитывающая связь параметров технического состояния двигателя с величиной силы стартерного тока, потребляемого в пусковом режиме.
3. Установленные закономерности между диагностическими признаками и компрессионными свойствами двигателя и системы пуска.
4. Алгоритм диагностирования технического состояния дизельного двигателя на основе разработанного метода, позволяющий повысить оперативность и достоверность диагноза с использованием компьютерных технологий.

Для проведения данного метода диагностирования необходимо иметь: переносной компьютер (ноутбук), диагностический прибор – осциллограф (мотор-тестер), преобразователь тока, пьезоэлектрический датчик (входит в комплект к диагностическому прибору).

Произведем подбор диагностического прибора – осциллографа (мотор-тестера), необходимого для проведения работ.

1. Диагностический прибор: Bosch FSA740, многофункциональное стационарное устройство диагностирования, совмещает в себе осциллограф, мультиметр, сканер и позволяет производить моторную диагностику. Производится в Германии. Цена: 950-1042 тыс. руб. Данный прибор позволяет производить весь спектр работ, но из-за высокой цены потенциальный клиент – станции технического обслуживания (СТО) не могут его себе позволить.

2. Диагностический прибор: MotoDoc III, многофункциональное переносное устройство для диагностирования, совмещает в себе осциллограф, мультиметр. Производится в России. Цена: 60-70 тыс. руб.

3. Диагностический прибор: Autoscope IV – USB осциллограф Постоловского, многофункциональное переносное устройство для диагностирования, совмещает в себе осцилло-

граф, мультиметр, в отличие от MotorDoc III изготовлен из качественных материалов, и имеет большее число дополнительных датчиков. Производится в России. Цена: 94-106 тыс. руб.

4. Диагностический прибор: DiaMag 2, многофункциональное переносное устройство для диагностирования, совмещает в себе осциллограф, мультиметр. Отличительная особенность от выше озвученных приборов – меньшая функциональность и число измеряемых параметров. Производится в России. Цена: 20-30 тыс. руб.

В результате анализа был подобран диагностический прибор – DiaMag 2. он позволяет произвести измерение «относительной компрессии», а также имеет приемлемое соотношение цена/качество. Для проведения диагностических работ данный прибор необходимо доукомплектовать преобразователем тока АРРА-32.

Составим схему подключения данного диагностического прибора, полученные результаты представлены на рис. 2.

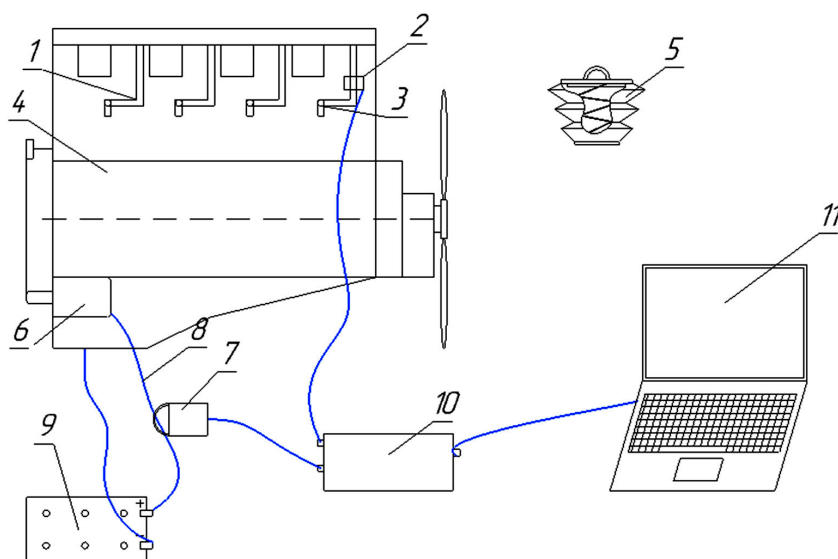


Рис. 2. Измерительно-вычислительный комплекс для диагностирования дизелей на основе анализа силы стартерного тока в режиме компрессорного цикла:

1 – топливопровод; 2 – пьезоэлектрический датчик; 3 – форсунка 1-го цилиндра; 4 – двигатель; 5 – заглушка воздухозаборника; 6 – стартер; 7 – преобразователь тока АРРА-32; 8 – плюсовой провод стартера; 9 – аккумуляторная батарея; 10 – диагностический прибор; 11 – персональный компьютер

Алгоритм выполнения теста при помощи мотор-тестера представлен на рис. 3.

Рассмотрим подробнее последовательность выполнения работ с использованием диагностического комплекса [9].

1. Напряжение АКБ должно соответствовать техническим нормам – необходимо подключить аккумулятор к зарядному устройству.

Данный показатель является основополагающим, в результате несоответствия напряжения АКБ, ток подаваемый на стартер будет ниже, а следовательно появится погрешность и неточность в измеряемых показателях дельты тока.

2. Отключите подачу топлива – например, через демонтаж предохранителя топливного насоса или отсоединения разъемов с топливных форсунок.

3. Подключите жгуты мотор-тестера к двигателю в соответствии с руководством по эксплуатации прибора. Способ подключения:

– кабель синхронизации. Как правило, возможна синхронизация по пьезоэлектрическому датчику, установленному на форсунку первого цилиндра;

Синхронизация необходима для упрощения дальнейшего определения неисправного цилиндра или цилиндров двигателя, а также на её основе появляется точка отсчёта, которая обозначается на осциллограмме.

– токовые клещи для снятия осциллограммы стартерного тока – подключаются на плюсовой провод стартера.

Преобразователь тока АРРА-32 служит для определения силы тока на плюсовом проводе, подведённом к стартеру. На данной силе тока и строится вся осциллограмма зависимости.

1. Выполнение теста основано на прокрутке двигателя стартером, следуя командам мотор-тестера (как правило, мотор-тестер указывает, когда сбор данных завершён).

2. Проанализируйте полученные данные. Данные должны быть представлены примерно в таком виде, как на рис. 4.

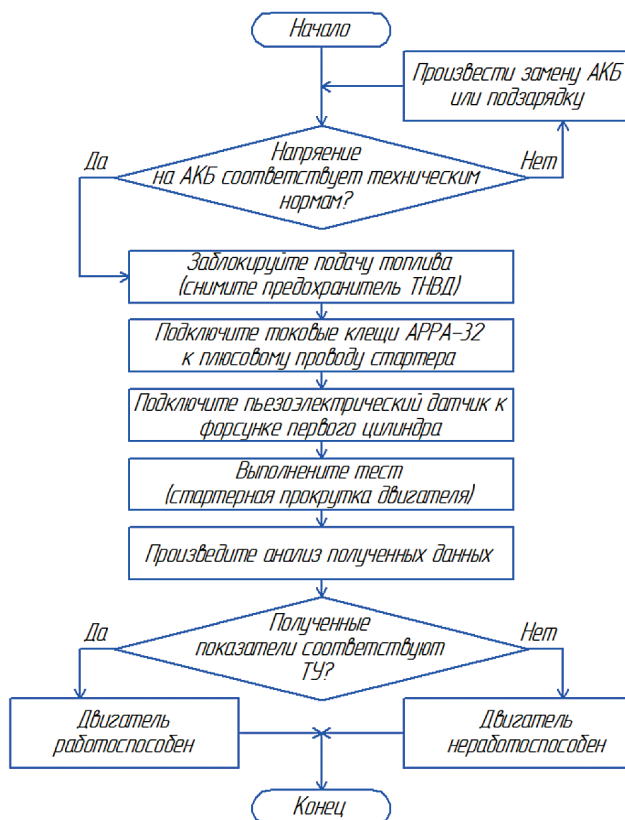


Рис. 3. Алгоритм проведения диагностирования дизельных двигателей с использованием мотор-тестера

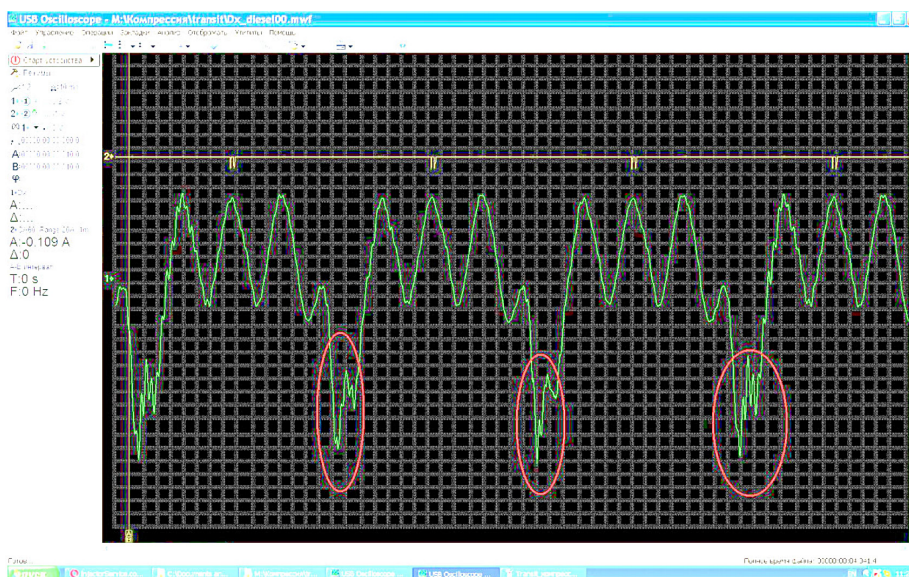


Рис. 4. Осциллограмма определения «относительной компрессии» четырёхцилиндрового дизельного двигателя с неисправным 4-ым цилиндром

Таким образом, разработанный метод позволяет с достаточной для практики точностью и достоверностью диагностировать дизельные двигатели без разборки, используя при этом современное измерительное оборудование, доступное большинству СТО. Рассмотренный алгоритм диагностирования дизельных двигателей по параметрам сопутствующих процессов позволяет определить неисправности двигателей внутреннего сгорания, руководствуясь показателями, полученными в результате стартерной прокрутки. Метод можно применять в автотранспортных предприятиях, в полевых условиях при проведении плановых технических обслуживаний автомобилей, при покупке новой техники или на вторичном рынке, а также при поиске неисправностей в случае возникновения отказов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» – М.: Решение Комиссии Таможенного союза, 2011. 456с.
2. Иванов Р.В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потерь [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук. – Волгоград, 2010. – 40 с.
3. Понизовский А.Ю. Оценка технического состояния цилиндропоршневой группы автотракторных дизелей по разности расходов воздуха на впуске и выпуске в пусковом режиме [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2010. – 111 с.
4. Пичугин А.И. Повышение эффективности диагностирования цилиндропоршневой группы автомобильных двигателей путем совершенствования методов и средств распознавания ее состояний [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук. – Саратов: Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2011. – 23 с.
5. Сазонов К.А. Диагностирование цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания пневматическим способом при низких рабочих давлениях [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук. – Челябинск, 1997. – 22 с.
6. Кривцова Т.И. Совершенствование метода диагностирования компрессионных свойств дизельных двигателей тракторов и автомобилей сельскохозяйственного назначения по характеристикам стартерного тока: автореф. дис. канд. техн. наук. – Улан-Удэ, 2011. – 20 с.
7. Федотов А. И. Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении. М.: Издательский центр «Академия», 2015. 347 с.
8. Афанасьев А. С., Техническая диагностика на транспорте. Учебное пособие, СПб.: Свое издательство, 2018. – 107с.
9. Афанасьев А.С., Рыбаков А.С. Определение относительной компрессии дизельного двигателя по параметрам сопутствующих процессов. III Всероссийская межвузовская конференция: Магистерские слушания.: Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 2018.
10. Афанасьев А.С., Гайдашов Ю.А., Марченко М.А. Моделирование процессов компрессорного цикла дизеля. – СПб.: В сборнике Инновации на транспорте и в машиностроении сборник трудов IV международной научно-технической конференции: в 5 томах. Под редакцией В.В. Максарова. 2016. с. 16-19.
11. Афанасьев А.С., Гайдашов Ю.А., Марченко М.А. Диагностирование дизелей по параметрам сопутствующих процессов в режиме компрессорного цикла. – СПб.: В сборнике Инновации на транспорте и в машиностроении сборник трудов III международной научно-технической конференции: в 5 томах. Под редакцией В.В. Максарова. 2015. с. 9-12.
12. Бурячко В. Р. Мась С. В. Хабиров Р. М. Теоретические основы эффективности энергопреобразования в поршневых двигателях. СПб.: ВАТТ, 1993 158 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ ОБ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

OBTAINING DATA ABOUT THE ROAD NETWORK FROM OPEN SOURCES

Транспортное планирование и моделирование транспортных систем неотрывно связано с получением, обработкой, анализом, модификаций геопространственных данных о транспортной инфраструктуре. Получение таких данных не всегда является простой задачей и требует использования различных источников. Однако, в данный момент в Российской Федерации нет достаточно полных данных обо всех автомобильных дорогах в виде географической информации. В статье описывается активно развивающийся метод получения геопространственных данных из открытых источников, таких как картографический сервис «Open Street Map» для построения моделей улично-дорожных сетей городов. Такие данные используются прежде всего как информация о существующих объектах. Далее описывается комбинация этих данных с данными о планируемом развитии улично-дорожной сети, получаемых из государственных геоинформационных систем и иных источников. В конечном счете предлагается перспективное развитие геоинформационных моделей улично-дорожных сетей за пределы задач транспортного моделирования.

Ключевые слова: геоинформационные системы, картография, краудсорсинг, транспортное моделирование, классификация улично-дорожной сети.

Transport planning and modeling of transport systems are inextricably linked to the acquisition, processing, analysis, modification of geospatial data on transport infrastructure. Obtaining such data is not always an easy task and requires the use of different sources. However, at the moment in the Russian Federation there is not enough complete data on all roads in the form of geographical information. The article describes an actively developing method of obtaining geospatial data from open sources, such as the map service «Open street map» for building models of street and road networks of cities. Such data is used primarily as information about existing objects. The following describes combining these data with data on the planned development of the road network, obtained from state geographic information systems and other sources. In the end, the perspective development of geoinformation models of street and road networks beyond the problems of transport modeling is proposed.

Keywords: geoinformational systems, cartography, crowdsourcing, transport modelling, classification of road network.

Введение

Современные принципы транспортного планирования подразумевают и анализ разнообразных факторов, влияющих на состояние транспортных систем, и прогнозирование множества показателей, характеризующих эффективность их развития. Подобные задачи трудновыполнимы без построения математических транспортных моделей, основанных на геопространственных данных.

Моделирование транспортных систем, так или иначе, не обходится без получения геопространственных данных об улично-дорожной сети. Такие данные необходимы для оценки важнейших характеристик транспортной системы, таких как протяженность, плотность, площадь улично-дорожной сети, ее связность и пропускная способность. Получение этих данных является одной из основных задач подготовительного этапа математического моделирования транспортных систем.

Набор связных геопространственных данных об улично-дорожной сети с заданными характеристиками на исследуемой территории можно назвать геопространственной моделью улично-дорожной сети. Такая модель состоит из дорожного графа (представления сети улиц и дорог в модели) и информации о его свойствах.

Дорожный граф (network) представляет собой набор векторных геопространственных данных о положении в пространстве элементов улично-дорожной сети, каждому из которых задаются необходимые параметры. Граф состоит из узлов и ребер (см. рис. 1). Узлы, как правило, находятся в местах пересечения отрезков сети (связей) или их концов. Ребра графа условно соответствуют трассам линейных сооружений, составляющих транспортную сеть, или маршрутам движения транспорта по ним.

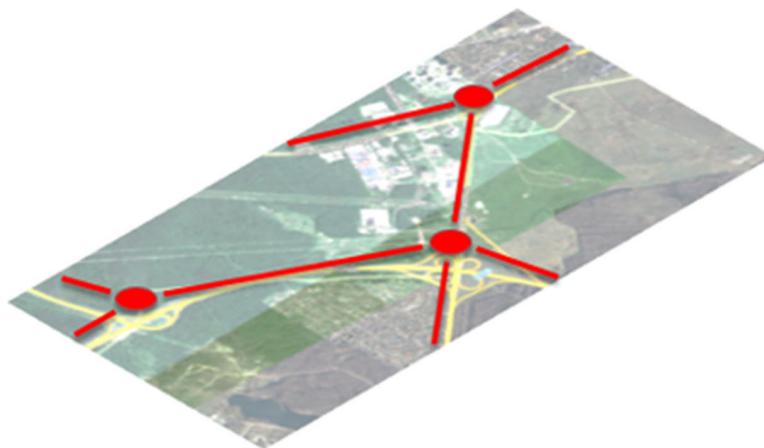


Рис. 1. Принцип построения дорожного графа

Открытые источники геопространственных данных об улично-дорожной сети

Наличие и доступность геопространственных данных о существующей улично-дорожной сети зависит от уровня развития инфраструктуры хранения открытых данных и результатов деятельности государственных и иных организаций, компетентных в данной области. В различных странах и их регионах качество этих данных значительно различается от полного отсутствия до высочайшей детализации и точности. В Российской Федерации в ряде регионов имеются геoinформационные системы (Геопорталы России | GISGeo, 2019), содержащие подобного рода данные, но на данный момент их качество и подробность в большинстве случаев недостаточны, либо данные отсутствуют в открытом доступе. Это сильно затрудняет построение точных математических моделей транспортных систем и требует больших трудозатрат на исследование улично-дорожной сети. Получение данных у коммерческих поставщиков значительно увеличивает стоимость работ и снижает целесообразность разработки высококачественных моделей.

Аналогично развитию программного обеспечения с открытым исходным кодом, получил развитие картографический сервис «Open Street Map» (OSM) (Картографический веб-сервис «OpenStreetMap»), основанный на технологии краудсорсинга в картографии (Heipke, 2010). Картографические данные сервиса вносятся пользователями на основе данных GPS-навигаторов, принадлежащих самим пользователям и постоянно обновляются ими в соответствии с определенными правилами и стандартами. Получение и внесение такого рода данных требует от пользователей некоторых специфических знаний и опыта, поэтому их можно охарактеризовать как условно профессиональных картографов-волонтеров, добровольно и безвозмездно осуществляющих внесение данных. Действия начинающих, неопытных пользователей находятся под контролем региональных сообществ опытных пользователей, многие из которых являются компетентными, профессиональными специалистами в этой области. Таким образом достигается приемлемый баланс между профессионализмом и массовостью краудсорсинга.

В последнее время краудсорсинг все больше применяется и в картографических сервисах коммерческих компаний (Что такое Народная карта Яндексa – Народная Карта Яндексa.

Помощь, 2019), что позволяет повысить актуальность данных и доказывает перспективность технологии краудсорсинга. Пользователи, вносящие информацию в такие сервисы, являются ценным источником информации и поощряются системами рейтингов и наград (Как добавлять контент на Google Карты и получать за это баллы – Компьютер – Справка – Карты, 2019), а в некоторых случаях – даже денежными вознаграждениями (Яндекс.Толока – заработок в интернете без вложений, 2019). Владельцы сервисов стараются максимально снизить порог вхождения новых пользователей в процесс краудсорсинга, максимально упрощая интерфейс и правила участия. Верификация и коррекция данных осуществляется сотрудниками компаний или наиболее опытными пользователями с высоким рейтингом, получившими соответствующие права («модераторы»).

Применение открытых источников данных о транспортной сети, основанных на краудсорсинге (Misra A. et al., 2014), имеет как положительные, так и отрицательные стороны. К положительным можно отнести их открытость и максимальную доступность, а также высокую актуальность при достаточной активности пользователей, вносящих информацию. К отрицательным сторонам можно отнести высокую вероятность ошибок и зависимость качества данных от плотности населения и активности пользователей в отдельных регионах. Пользователи более охотно вносят данные о территории своего проживания или посещаемых ими мест, о которых они владеют большим объемом информации. Для исключения ошибок используются специальные инструменты и методики верификации и коррекции данных, что позволяет повысить их качество.

Как указано в статье (Баранов & Иванов, 2017), данные OSM широко используются при анализе транспортной доступности (Сомов, 2015), получении графа дорожной сети для построения математических транспортных моделей (Urpoor & Fiore, 2011) и других подобных задач. Помимо стандартных функций сервиса имеются различные сторонние инструменты получения данных для локальной работы. Так, сервис «Geofabrik» (GEOFABRIK // Home, 2019) позволяет получать большие объемы данных по целым регионам и странам в виде архивов, в то время как интерфейс сайта openstreetmap.org позволяет получить данные лишь по выбираемым пользователем областям небольшого размера (во избежание чрезмерной нагрузки на сервер). Данные OSM имеют хорошо проработанный, стандартизированный формат, позволяющий хранить огромное количество разнообразной информации о пространственных объектах. Ряд программных комплексов для математического транспортного моделирования имеет возможность использования данного формата данных посредством конвертации (Neumann & Zilske, 2016) или напрямую (Behrisch, Bieker, Erdmann, & Krajzewicz, 2011).

При разработке математических транспортных моделей данные таких картографических сервисов как OSM требуют тщательной проверки и верификации, а в некоторых случаях и коррекции. Однако, трудозатраты при работе с такими данными значительно ниже, чем при исследовании улично-дорожной сети силами разработчика и использовании неполных, низко детализированных данных государственных информационных систем. Наилучшим решением является использование этих данных как первоначальной основы с последующей доработкой и комбинацией с другими источниками данных, с обязательной верификацией с помощью выборочного исследования улично-дорожной сети. В некоторых случаях целесообразно преобразовывать в формат OSM данные, полученные из иных источников, для последующего их использования при разработке математических транспортных моделей в программных комплексах, приспособленных для работы с этим форматом.

Далее рассмотрен пример методики получения данных OSM, их последующей доработки и верификации. Данная методика успешно применяется лабораторией «Оптимальные транспортные системы» (OTS Lab – Транспортное планирование, 2019) в рамках разработки математических транспортных моделей городов в среде программной платформы с открытым исходным кодом MATSim (Axhausen, Horni, & Nagel, 2016).

Получение и подготовка геопространственных данных о существующей улично-дорожной сети

Данные OSM публикуются в системе координат WGS 84 / Псевдомеркатор (EPSG:3857). Во избежание искажений при отображении геопространственных данных, при дальнейшей работе производится преобразование в плоскую систему координат: для Санкт-Петербурга – WGS 84 / UTM zone 35N (EPSG:32635).

Геопространственные данные в формате *.osm представляют собой векторные графические данные о точечных, линейных и площадных объектах с заданными семантическими атрибутами в собственном формате. Атрибуты задаются в формате «ключ=значение».

Линейные объекты улично-дорожной сети определяются по характерному атрибуту в виде ключа «highway=*». Значения этого ключа показывают класс участка улично-дорожной сети. Для соотнесения классов улиц и дорог, используемых в OSM с классификацией, указанной в действующих нормативных документах (см. таблицу), используется информация, представленная на веб-странице Highway:International equivalence (Highway: International equivalence, 2019).

Соотнесение различных классификаций

Картографический класс в формате сервиса OSM (Картографический веб-сервис «OpenStreetMap»)	Класс автомобильной дороги по ГОСТ Р 52398-2005 (ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования, 2006) (техническая категория автомобильной дороги по СП 34.1330.2012 (Свод правил СП 34.1330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*, 2013))	Категория улицы или дороги по СП 42.1330.2011 (Свод правил СП 42.1330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений, 2011)	Категория улицы или дороги по РНГП СПб (Закон Санкт-Петербурга от 14 февраля 2014 года №23-9 О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга, 2014)	Категория улицы или дороги по СП 42.1330.2016 (Свод правил СП 42.1330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений, 2016)
Motorway (шоссе)	Автомагистрали (IA) Скоростные автомобильные дороги (IB)	-	-	-
Trunk (магистраль)	Обычные автомобильные дороги (IB, II, III, IV, IV)	Магистральные дороги регулируемого движения	(отсутствует)	Магистральные городские дороги 2 класса – регулируемого движения
Primary (первичный)		Магистральные улицы городского значения непрерывного движения	Магистральные улицы городского значения непрерывного движения	Магистральные улицы общего городского значения 1 класса – непрерывного движения
		Магистральные улицы городского значения регулируемого движения	Магистральные улицы городского значения регулируемого движения I класса	Магистральные улицы общего городского значения 2 класса – регулируемого движения

<p>Картографический класс в формате сервиса OSM (Картографический веб-сервис «OpenStreetMap»)</p>	<p>Класс автомобильной дороги по ГОСТ Р 52398-2005 (ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования, 2006) (техническая категория автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 (Свод правил СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*, 2013))</p>	<p>Категория улицы или дороги по СП 42.13330.2011 (Свод правил СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений, 2011)</p>	<p>Категория улицы или дороги по РНГП СПб (Закон Санкт-Петербурга от 14 февраля 2014 года №23-9 О региональных нормах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга, 2014)</p>	<p>Категория улицы или дороги по СП 42.13330.2016 (Свод правил СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений, 2016)</p>
<p>Secondary (вторичный)</p>	<p>Обычные автомобильные дороги (IВ, II, III, IV, IV)</p>		<p>Магистральные улицы городского значения регулируемого движения II класса</p>	<p>3 класса – регулируемого движения</p>
<p>tertiary (третичный)</p>		<p>Магистральные улицы районного значения: – транспортно-пешеходные; – пешеходно-транспортные</p>	<p>Магистральные улицы районного значения</p>	<p>магистральные улицы районного значения</p>
<p>residential (селитебный)</p>		<p>улицы в жилой застройке</p>	<p>улицы в жилой застройке</p>	<p>улицы в зонах жилой застройки</p>
<p>service (обслуживающий)</p>		<p>улицы и дороги научно-производственных, промышленных и коммунально-складских районов</p>	<p>улицы и дороги научно-производственных, промышленных и коммунально-складских районов</p>	<p>улицы в общественно-деловых и торговых зонах</p>
				<p>улицы и дороги в производственных зонах</p>

Примечание. Объекты с иными значениями «highway=*», не указанными в данной таблице (например, «service», «living_street»), в дорожный граф, как правило, не включаются, так как относятся к внутриквартальным проездам или иным не включаемым в улично-дорожную сеть путям движения.

Получение и подготовка геопространственных данных о проектируемой улично-дорожной сети

В большинстве случаев используются следующие источники данных о проектируемых объектах:

– Открытые данные государственных геоинформационных систем (Геопорталы России | GISGeo, 2019).

– Опубликованные материалы генерального плана города (поселения) (в Санкт-Петербурге – Региональная геоинформационная система (Региональная геоинформационная система, 2019)).

– Опубликованные материалы градостроительной документации, содержащие данные о планируемой улично-дорожной сети (в Санкт-Петербурге – Градостроительный портал (Карта – Градостроительный портал Санкт-Петербурга, 2019)).

– Опубликованные материалы проектной (конкурсной) документации по объектам улично-дорожной сети.

При наличии данных в векторном графическом формате производится их преобразование в формат данных OSM с помощью специального программного обеспечения. Некоторые из указанных выше источников данных доступны лишь в виде растровых изображений и текстового описания объектов, поэтому производится приблизительная упрощенная отрисовка трасс планируемых объектов картографическом редакторе.

Обработка и преобразование данных в формат MATSim XML

Полученные данные загружаются в картографическом редакторе «JOSM» (JOSM с самого начала, 2019) в виде векторных графических слоев. С целью создания единого графа транспортной сети данные объединяются в один слой и объединяются в узлах. Далее, при необходимости, производится редактирование итогового слоя с корректировкой геометрии и атрибутов.

Для преобразования данных из формата *.osm в формат MATSim XML, применяется плагин (подключаемый модуль) «MATSim» (matsim-org/josm-matsim-plugin, 2019), либо самостоятельный исполняемый файл, аналогичный по функционалу. Конвертация, помимо преобразования формата, подразумевает упрощение геометрии путем удаления промежуточных точек полилиний, за исключением точек их начала и конца, а также пересечений. Данная операция не влияет на параметры моделируемой сети (данные о протяженности ребер графа сохраняются в виде атрибута), но позволяет значительно повысить производительность вычислений за счет многократного уменьшения количества узлов. При преобразовании данных в формат MATSim XML на основе геометрии и атрибутов данных OSM задаётся следующая информация:

– Пропускная способность («matsim:capacity») исходя из количества полос и пропускной способности одной полосы, задаваемой в настройках (см. рис. 1).

– Количество полос («matsim:permlanes») – из ключа OSM «lanes».

– Скорость свободного потока («matsim:reespeed») – из ключа OSM «maxspeed» (требует корректировки).

– Длина отрезка («matsim:length») – из фактической длины отрезка в формате *.osm.

– Разрешенные виды транспорта («matsim:modes») – в текущей версии плагина для всех ребер с ключами OSM «highway=*» задается значение по умолчанию «matsim:modes=car».

Скорость свободного потока в простейшем случае принимается равной разрешенной скорости, однако, это не всегда соответствует фактической ситуации. Кроме того, для ключа «maxspeed» зачастую задается не числовое значение, а указание на скорость по умолчанию для данного региона и расположения дороги (например, значение «RU:Urban» означает разрешенную скорость в населенных пунктах согласно Правилам дорожного движения Российской Федерации, то есть 60 км/ч). В некоторых случаях стандартные значения разрешенной скорости задаются численно. Ключи «maxspeed», содержащие стандартные значения (60, 90, 110 км/ч), при подготовке дорожного графа удаляются – тогда вместо стандартного значения разрешенной скорости используется значение по умолчанию, задаваемое в настройках плагина как скорость свободного потока для каждого класса дорог, что позволяет достичь более реалистичных скоростей движения в модели. При этом участки с ограничением скорости ниже или выше стандартной, сохраняют этот атрибут и при конвертации передаются в дорожный граф MATSim XML как скорость свободного потока. При необходимости картографический редактор «JOSM»

позволяет скорректировать эти значения в графе формата *.osm для учета возможных отклонений скорости свободного потока от разрешенной на участках с ограничением скорости.

	hierarchy	lanes	freespeed	freespeedFactor	laneCapacity	oneway
motorway	1	3.0	26.38888889	1.0	2100.0	<input checked="" type="checkbox"/> oneway
motorway_link	2	1.0	16.66666667	1.0	1400.0	<input checked="" type="checkbox"/> oneway
trunk	2	2.0	22.22222222	1.0	2000.0	<input type="checkbox"/> oneway
trunk_link	2	1.0	13.88888889	1.0	1000.0	<input type="checkbox"/> oneway
primary	3	3.0	13.88888889	1.0	820.0	<input type="checkbox"/> oneway
primary_link	3	1.0	11.11111111	1.0	760.0	<input type="checkbox"/> oneway
secondary	4	2.0	12.5	1.0	760.0	<input type="checkbox"/> oneway
secondary_link	4	1.0	8.33333333	1.0	600.0	<input type="checkbox"/> oneway
tertiary	5	1.0	11.11111111	1.0	460.0	<input type="checkbox"/> oneway
tertiary_link	5	1.0	11.11111111	1.0	460.0	<input type="checkbox"/> oneway
minor	6	1.0	9.72222222	1.0	580.0	<input type="checkbox"/> oneway
undclassified	6	1.0	9.72222222	1.0	580.0	<input type="checkbox"/> oneway
residential	6	1.0	8.33333333	0.5	560.0	<input type="checkbox"/> oneway
service	6	1.0	5.55555556	1.0	300.0	<input type="checkbox"/> oneway
living_street	6	1.0	5.55555556	1.0	300.0	<input type="checkbox"/> oneway

Рис. 2. Окно настройки значений по умолчанию плагина «MATSim»

Информация о наличии одностороннего движения получается из ключа OSM «oneway» и учитывается путем преобразования одного ребра графа *.osm с односторонним движением в такое же одно ребро графа MATSim XML. При наличии двухстороннего движения по одному ребру графа *.osm при конвертации в формат MATSim XML создается дополнительное ребро для обратного движения.

Разрешенные виды транспорта для различных частей графа задаются вручную в редакторе или с помощью дополнительных программных средств значением ключа «matsim:modes» следующим образом:

- «pt; car;» – общественный транспорт и личный автотранспорт (для магистральных улиц и дорог),
- «pt;» – только общественный транспорт (для линий рельсового общественного транспорта, выделенных полос для движения общественного транспорта),
- «car;» – только личный автотранспорт (для местных улиц),
- «walk;» – только пешеходы (движение запрещено).

Проверка и корректировка геометрии и атрибутов выполняется для устранения ошибок сети, влияющих на корректность моделирования. Операция произведена автоматически.

Результаты подготовки данных и их использование

В результате описанных выше действий разработчик получает полноценную, связную и точную, но в тоже время максимально облегченную модель улично-дорожной сети, пригодную для запуска расчетов. Верификация данных проводится путем анализа связности графа в специальном программном обеспечении, оценки соответствия интенсивностей движения и уровней загрузки фактической ситуации (см. рис. 3), проверки соответствия количества полос движения и пропускной способности с помощью выборочного полевого исследования и/или с применением систем видеofиксации. Наличие ошибок выявляется главным образом в части нарушения связности и расхождения фактически измеренных и полученных в транспортной модели

значений интенсивности транспортных потоков в калибровочном сценарии¹. При необходимости, по результатам верификации в дорожный граф вносятся правки.

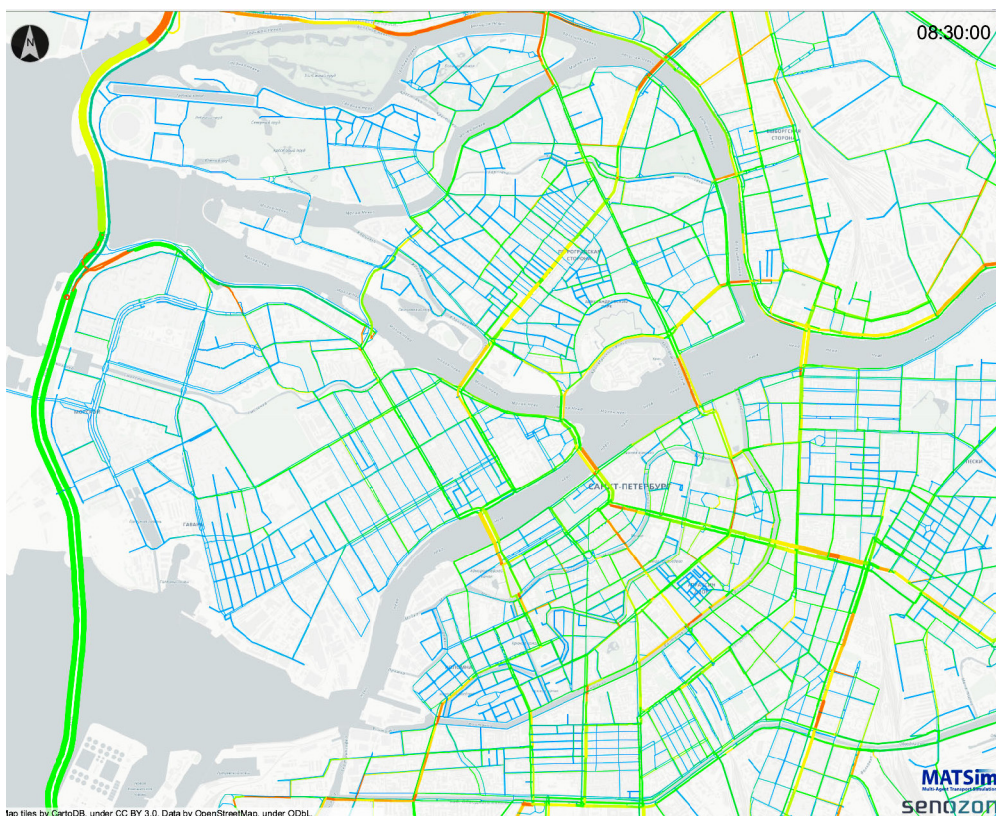


Рис. 3. Пример визуализации результатов моделирования на графе дорожной сети

С помощью картографического редактора «JOSM» разработчик может вносить изменения в исходный файл дорожного графа формата *.osm с последующей конвертацией в формат MATSim XML. Таким образом возможно создание нескольких вариантов дорожного графа для сценарного моделирования. Рекомендуется при этом иметь общий дорожный граф, содержащий все возможные объекты улично-дорожной сети, а для сценарного моделирования получать специальные дорожные графы путем удаления объектов, не относящихся к данному сценарию.

Стоит отметить, что картографический редактор «JOSM» рассчитан на редактирование данных, хранящихся на сервере OSM и подразумевает версиюность таких правок. Инородные объекты, отличные от исходной карты, внесенные в граф, помечаются как новые с присвоением временного идентификатора (ID). Временный ID задается заново при каждой загрузке данных, в связи с этим, в процессе работы над графом ID могут меняться. Данные о версии измененных объектов и постоянный ID задаются только при отправке на сервер OSM. В то же время, для сценарного транспортного моделирования важно сохранение ID объектов, общих для разных сценариев, что невозможно обеспечить в описанной выше методике, поскольку граф транспортной модели, включающий планируемые мероприятия, отличается от исходной карты и не должен загружаться на сервер.

Решение данной проблемы заключается в задании постоянного ID и данных о версии с помощью дополнительного программного средства. Такое программное средство применяется лабораторией «Оптимальные транспортные системы» для обработки графа формата *.osm перед каждой конвертацией в формат MATSim XML, что обеспечивает идентичность графа для

¹ Сценарий моделирования, соответствующий фактической ситуации на момент получения исходных данных.

различных сценариев в неизменяемой части. В дальнейшем возможна реализация данного программного средства как плагина «JOSM».

Перспективы использования открытых данных об улично-дорожной сети

На основе дорожного графа, подготавливаемого для транспортной модели города, возможна разработка полноценной геоинформационной модели улично-дорожной сети с последующей публикацией в виде геоинформационной системы. Формат данных, аналогичный формату OSM является, по мнению автора, наиболее удобным и гибким для подобных задач, поскольку имеет возможность неограниченного расширения атрибутов при условии их стандартизации в рамках отдельного проекта или на уровне региона. При этом, сам по себе OSM неограниченно и безвозмездно предоставляет большой объем данных, собранных с помощью технологии краудсорсинга, отсутствующих в государственных геоинформационных системах. Такая система позволит собрать максимальный объем всевозможной информации об улично-дорожной сети и сделать ее доступной как для специалистов по транспортному планированию и других областей, связанных с транспортной инфраструктурой, так и для населения в целом. Наличие большого набора программных продуктов с открытым исходным кодом, предназначенных для работы с таким типом данных, делает данный формат данных наиболее универсальным, открытым и экономически выгодным для разработчиков транспортных и геоинформационных моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геопорталы России | GISGeo [Электронный ресурс] // gisgeo.org: [сайт]. [2019]. URL: <http://gisgeo.org/gisportal/geoportals.html> (дата обращения: 05.04.2019).
2. Картографический веб-сервис «OpenStreetMap» [Электронный ресурс] URL: <http://www.openstreetmap.org/>
3. Heipke C. Crowdsourcing geospatial data // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2010. Vol. 65. No. 6. pp. 550-557.
4. Что такое Народная карта Яндекс – Народная Карта Яндекс. Помощь [Электронный ресурс] // yandex.ru: [сайт]. [2019]. URL: <https://yandex.ru/support/nmaps/> (дата обращения: 05.04.2019).
5. Как добавлять контент на Google Карты и получать за это баллы – Компьютер – Справка – Карты [Электронный ресурс] // support.google.com: [сайт]. [2019]. URL: https://support.google.com/maps/answer/6304221?hl=ru&ref_topic=3257381 (дата обращения: 05.04.2019).
6. Яндекс.Толока – заработок в интернете без вложений [Электронный ресурс] // toloka.yandex.ru: [сайт]. [2019]. URL: <https://toloka.yandex.ru/> (дата обращения: 05.04.2019).
7. Misra A. et al. Crowdsourcing and its application to transportation data collection and management // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2014. № 2414.
8. Баранов Д.А., Иванов С.В. Функциональный баланс как основа для классификации городских улиц и дорог // *Сб. трудов II Междунар. науч.-практ. Конф. Транспортное планирование и моделирование*. СПбГАСУ. – СПб., 2017. С. 28-38.
9. Сомов Э.В. Геоинформационное картографирование обеспеченности населения общественным транспортом на примере г. Москвы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук, МГУ имени М.В. Ломоносова, М., 2015. 6 с.
10. Uppoor S., Fiore M. 2011 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC) // *Large-scale urban vehicular mobility for networking research*. Amsterdam. 2011. pp. 62-69.
11. GEOFABRIK // Home [Электронный ресурс] // www.geofabrik.de: [сайт]. [2019]. URL: <https://www.geofabrik.de/> (дата обращения: 04.05.2019).
12. Neumann A., Zilske. MATSim JOSM Network Editor // In: *The multi-agent transport simulation MATSim*. London: Ubiquity Press, 2016. pp. 65–66.
13. Behrisch M., Bieker L., Erdmann J., Krajzewicz D. SUMO – Simulation of Urban MObility: An Overview. Berlin: Institute of Transportation Systems German Aerospace Center, 2011.
14. OTS Lab – Транспортное планирование [Электронный ресурс] // otslab.ru: [сайт]. [2019]. URL: <http://otslab.ru/ru/> (дата обращения: 05.04.2019).

15. Axhausen KW, Horni A, Nagel K, editors. The multi-agent transport simulation MATSim. London: Ubiquity Press, 2016.
16. Highway: International equivalence [Электронный ресурс] // OpenStreetMap Wiki: [сайт]. [2019]. URL: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Highway:International_equivalence (дата обращения: 05.04.2019).
17. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. Москва: Стандартинформ, 2006.
18. Свод правил СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. 2013.
19. Свод правил СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Москва: Стандартинформ, 2011.
20. Закон Санкт-Петербурга от 14 февраля 2014 года №23-9 О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга. Санкт-Петербург. 2014.
21. Свод правил СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Москва: Стандартинформ, 2016.
22. Региональная геоинформационная система [Электронный ресурс] // rgis.spb.ru: [сайт]. [2019]. URL: <http://rgis.spb.ru/map/> (дата обращения: 05.04.2019).
23. Карта – Градостроительный портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] // portal.kgainfo.spb.ru: [сайт]. [2019]. URL: <https://portal.kgainfo.spb.ru/kgamap> (дата обращения: 05.04.2019).
24. JOSM с самого начала [Электронный ресурс] // josm.ru: [сайт]. [2019]. URL: <http://josm.ru/> (дата обращения: 05.04.2019).
25. [matsim-org/josm-matsim-plugin](https://github.com/matsim-org/josm-matsim-plugin) [Электронный ресурс] // github.com: [сайт]. [2019]. URL: <https://github.com/matsim-org/josm-matsim-plugin> (дата обращения: 05.04.2019).

УДК 656.078

Игорь Александрович Бахирев,
канд. техн. наук, руководитель
Денис Николаевич Власов,
д-р техн. наук, зам. начальника
Павел Павлович Немов,
ведущий инженер
Павел Игоревич Козлов,
ведущий инженер
(Транспортно-инженерный центр
Института Генплана Москвы)
E-mail: pnemov@genplanmos.ru,
pkozlov@genplanmos.ru

Igor Aleksandrovich Baxirev,
PhD of Tech. Sci., director
Denis Nikolaevich Vlasov,
Dr. of Tech. Sci., deputy director
Pavel Pavlovich Nemov,
postgraduate student, leading engineer
Pavel Igorevich Kozlov,
postgraduate student, leading engineer
(Transport Engineering Center
of Genplan Institute of Moscow)
E-mail: pnemov@genplanmos.ru,
pkozlov@genplanmos.ru

АНАЛИЗ РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПРИГОРОДНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ В ГОРОДСКУЮ ТРАНСПОРТНУЮ СИСТЕМУ

THE EXISTING SUBURBAN RAILWAY TRANSPORT ANALYSIS FOR DEVELOPMENT AND INTEGRATION TO CITY TRANSPORT SYSTEM

В статье рассматривается анализ работы существующих пригодных железнодорожных направлений на примере Киевского направления Московской железной дороги и Московских центральных диаметров (МЦД-1, МЦД-2). Анализ производился на основе данных теоретической модели московского региона, построенной специалистами ГАУ «Институт Генплана Москвы» по агрегированным данным сотовых операторов, с целью определения сценария транспортного поведения пассажиров в периоды «пиковой» нагрузки, а также с использованием данных натурных обследований, выполненных методом анкетирования пассажиров на остановочных пунктах железнодорожных направлений. По результатам проведенного анализа была спрогнозирована перспективная загрузка существующих остановочных пунктов рассматриваемых направлений пассажиропотоками.

Ключевые слова: Московские центральные диаметры, пассажиропоток, транспортное моделирование, транспортное планирование.

The article discusses the existing suburban railway directions analysis on the example of the Kiev direction of the Moscow Railway and Moscow Central Diameters (MCD-1, MCD-2). The analysis was carried out on the basis of data of a theoretical model of the Moscow region, built by experts of the GAU “Genplan institute of Moscow” according to aggregated data of cellular operators, in order to determine the scenario of passenger transport behavior during periods of “peak” load, as well as using data from field surveys carried out by questioning passengers on stopping points of railway directions. According to the results of the analysis, a prospective load of the existing stopping points of the considered directions of passenger traffic was predicted.

Keywords: Moscow central diameters, passenger traffic, transport modeling, transport planning.

Успех реализации проекта Московского центрального кольца подтолкнул столичные власти к дальнейшему развитию идеи интеграции системы пригородно-городских железнодорожных сообщений в общую транспортную систему Москвы с целью повышения качества и скорости обслуживания пассажиров, укрепления транспортных связей с Московской агломерацией.

Впервые о возможности создания сквозных диаметральных направлений в столице заговорили в конце 60-х годов, хотя, на тот момент фактически уже действовало сквозное железнодорожное сообщение в виде движения пригородных электропоездов с Курского направления на Белорусское и Рижское, через Алексеевскую соединительную линию.

В целях повышения удобств для населения столицы и пригородной зоны, снижения концентрации пассажиров на московских вокзалах и ограничения развития пассажирских станций в центральной части города Генпланом 1971 года предусматривалось соединение тупиковых линий в железнодорожные диаметры [1]. Было намечено создать Савеловско-Смоленский, Курско-Октябрьский и Рижско-Горьковский наземные железнодорожные диаметры, а также в Генплане предусматривалась возможность организации в отдаленной перспективе двух подземных железнодорожных линий, проходящих через центр в тоннелях, но эта идея так и не встретила одобрения у министерства путей сообщения СССР показавшейся на тот момент излишне технически сложной.

В настоящее время ведущими проектными организациями города Москвы проводится разработка планировочной документации, позволяющей реализовать идею Московских центральных диаметров (МЦД), по проекту предполагается организация семи сквозных маршрутов движения электропоездов по всем направлениям пригородного пассажирского железнодорожного сообщения [2]. Реализация основных целей в столь масштабных инфраструктурных проектах позволит завершить формирование единой системы транспорта Московской агломерации, повысит скорость, безопасность и качество пассажирских перевозок, улучшит пешеходную связность и проницаемость территории города, а также приведет к интенсификации развития городских программ реновации жилых территорий, реорганизации промышленных и производственных зон города, возникновению новых общественных пространств [3]. На первую очередь развития столичной железнодорожной инфраструктуры предусматривается формирование двух диаметральных направлений движения: Лобня-Одинцово (МЦД-1) и Нахабино-Подольск (МЦД-2), а также развитие железнодорожной инфраструктуры Киевского направления Московской железной дороги на участке от Киевского вокзала до остановочного пункта Апрелевка (рис. 1).

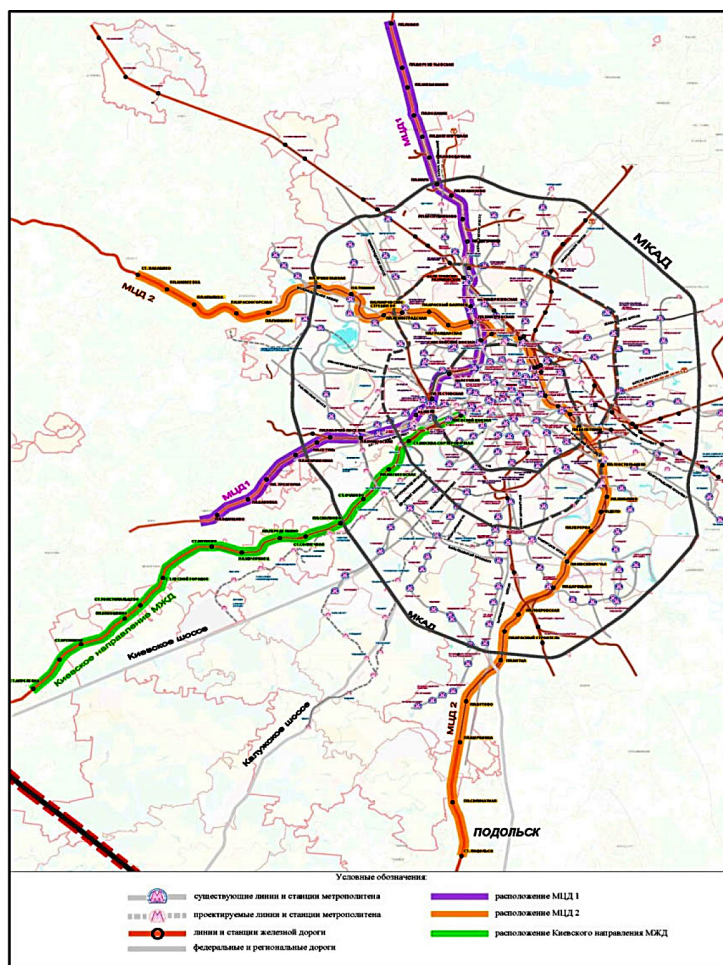


Рис. 1. Первая очередь развития железнодорожной инфраструктуры города Москвы

Проведенный специалистами ГАУ «Институт Генплана Москвы» анализ существующего состояния территорий, расположенных вблизи остановочных пунктов рассматриваемых железнодорожных направлений выявил ряд существенных проблем по транспортному обслуживанию:

- отсутствие возможности удобного подъезда и подхода пассажиров к остановочному пункту железной дороги;
- недостаточное развитие маршрутной сети наземного пассажирского транспорта вблизи остановочных пунктов на территории НАО, в т. ч. из-за отмены и корректировки ряда маршрутов после открытия Солнцевской линии метрополитена;
- работа городского пассажирского транспорта происходит в ненормативных условиях или подвоз вообще не осуществляется [4];
- отсутствие инфраструктуры транспортно-пересадочных узлов.

Также, специалистами института на данных направлениях был выполнен значительный объем работ по определению сценария транспортного поведения пассажиров в периоды «пиковой» нагрузки, основывающийся на данных теоретического моделирования и натурных обследований.

В основу теоретической модели транспортного поведения пассажиров рассматриваемых направлений легли разработанные в 2014-2016 гг. Институтом Генплана Москвы методы и алгоритмы обработки информации, собираемой операторами сотовой связи в ходе оказания услуг связи, методологическая база, позволяющая сформировать массив данных, содержащих базовые атрибуты, характеризующие транспортное поведение жителей Москвы и Московской области: место проживания абонента, место работы абонента, поездки между различными территориями, поездки на метрополитене с учетом станций входа и выхода, факт нахождения на заданной территории, цели пребывания. Разработанные алгоритмы были внедрены на стороне операторов сотовой связи, работающих на территории Московского региона: «МТС», «Билайн», «Мегафон».

Таблица 1

Общая характеристика железнодорожных направлений

№ п/п	Название линии железной дороги	Протяженность участка железной дороги, км	Количество остановочных пунктов железной дороги, шт.	Размеры движения поездов в утренний час «пик», ед. час	Размеры движения поездов по диаметрам в утренний час «пик», ед. час	Общая нагрузка ЖД линий на рассматриваемых участках, тыс. чел.			
						В сутки	В утренний час «пик»		
							Посадка	Высадка	Всего
1	МЦД 1	52,1	24	10	5 пар	210,0	10,7	19,3	30,0
	Смоленское (Одинцово-вокзал)								
	Савеловское (Лобня-вокзал)								
2	МЦД 2	80,0	30	11	5 пар	235,0	15,3	12,7	28,0
	Курское (Подольск-вокзал)								
	Рижское (Нахабино-вокзал)								
3	Киевское направление железной дороги	42,0	15	10	–	156,0	12,5	12,5	25,0

Анализ полученных данных матрицы корреспонденций позволил выявить следующие закономерности: наибольшая доля трудовых миграционных корреспонденций в Москву исходит из района десяти километровой зоны от МКАД и составляет более 40 %, 20-40 % трудовых корреспонденций, связанных с поездкой в пределы МКАД занимает следующий, более широкий пояс Московской области протяженностью 10-20 км. При дальнейшем удалении от Москвы доля миграционных корреспонденций снижается до 15% и ниже, в тоже время, по ряду районов вблизи внешней границы Московской области доля поездок в пределы МКАД заметно выше, что предположительно связано с крайне низкой обеспеченностью данной территории местами приложения труда (МПТ).

Стоит отметить, что анализ агрегированных данных операторов сотовой связи, позволяет утверждать о формировании в московском регионе структуры каскадной маятниковой миграции с постоянной тенденцией к увеличению, что обуславливается непрерывным ростом МПТ и заселением значительного количества жилого фонда Московской области москвичами (рис. 2).

Натурные обследования рассматриваемой территории, в свою очередь, проводились методом анкетирования на остановочных пунктах в часы «пик», в ходе опроса пассажиров специальными выявлялись цели поездок, регулярность пользования железнодорожным направлением, предпочтительные способы подхода/подъезда к остановочным пунктам, возможные пересадки на маршруте следования и среднее время в пути. Всего, с учетом выборки, в опросе принимало участие порядка полутора тысяч человек (рис. 3, 4).

Сравнение результатов полученных путем натурных опросов пассажиров с результатами теоретического моделирования показало высокую степень сходимости данных. В настоящее время промоделированы сценарии перспективной загрузки остановочных пунктов МЦД-1 и МЦД-2, что позволило сформировать идеологии расчетных этапов их реализации.

Результаты опросов показали, что в настоящее время, в часы пик (8:00-9:30 «в Москву» и 17:00-19:30 «из Москвы») практически исчерпаны провозные способности пригородных электропоездов населенность, прилегающих к остановочным пунктам территорий, значительно превышает нормативную и близка к критической, как следствие, пригородный железнодорожный транспорт не способен обеспечить качественное удовлетворение существующего спроса на пригородные железнодорожные перевозки, отмечается присутствие значительного дисбаланса между расселением жителей и дислокацией рабочих мест.

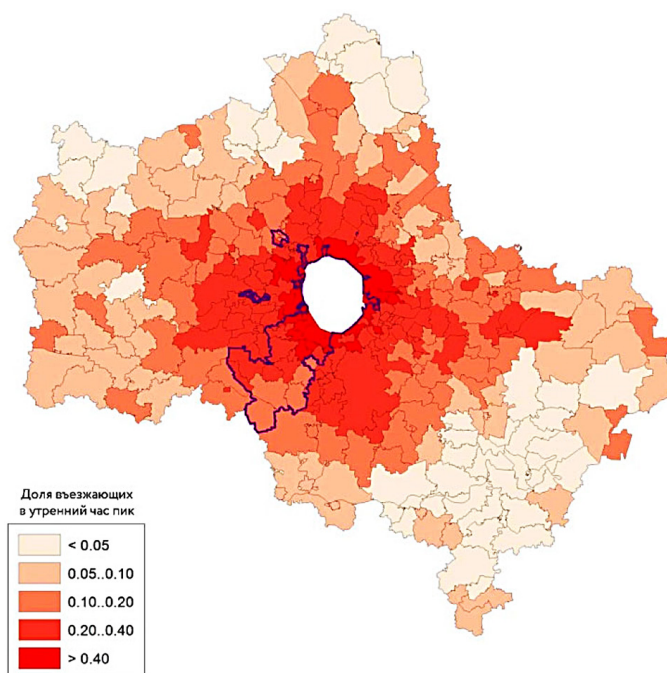


Рис. 2. Въезд в пределы МКАД в утренний час пик из районов за МКАД (по транспортно-планировочным районам)

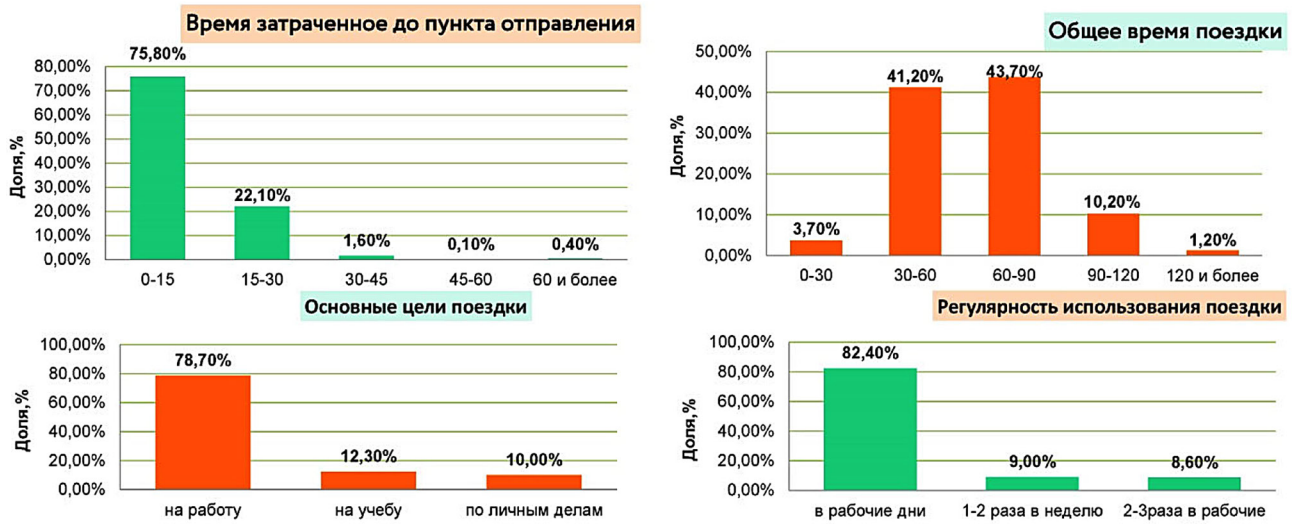


Рис. 3. Результаты опроса пассажиров МЦД-1, МЦД-2, Киевского направления Ж/Д

На период пуска происходит увеличение интенсивности движения на срединных участках города, выравнивается интервал движения поездов на всем протяжении – от Лобни до Одинцово и от Нахабино до Подольска; вводятся новые 6-7-вагонные «брендовые» составы.

К 2025 году строительство специальных пар путей для МЦД-1, 2 обеспечит 5-ти минутный интервал движения 11-вагонных составов, при этом останутся незначительное количество составов пригородных поездов, следующих до ж/д вокзалов.

Полученные данные будут учитываться на последующих этапах проектирования при расчете транспортных и пешеходных коммуникаций на территории вблизи остановочных пунктов пригородного-пассажирского железнодорожного сообщения.

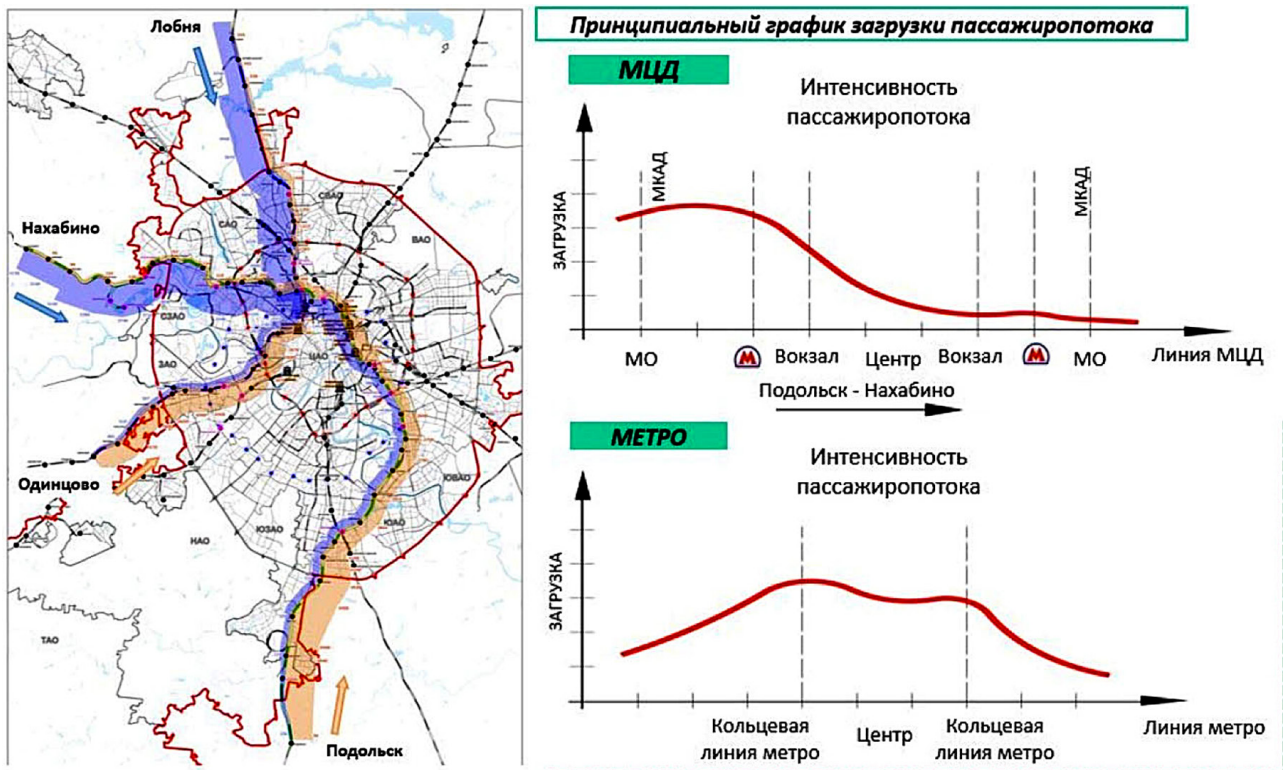


Рис. 4. Пассажиропоток в утренний час «пик» по данным опроса

ЛИТЕРАТУРА

1. О Генеральном плане развития Москвы 1971 г. – Строительство и архитектура Москвы. – 1971 – №№7–8.
2. О Генеральной схеме развития Московского железнодорожного узла ППМ от 18.11.2008 г. № 1070 – ПП.
3. Власов Д.Н. Научно–методологические основы развития агломерационных систем транспортно-пересадочных узлов: на примере Московской агломерации: дисс. д-ра техн. наук: 05.23.22 / Власов Денис Николаевич. – Москва: Моск. гос. строит. ун-т. – 2013. – 444 с.
4. Бахирев Игорь Александрович. Расчётные скорости при проектировании улично-дорожной сети в городах : дисс. к-та техн. наук : 05.23.11 / Бахирев Игорь Александрович; Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т. – Москва, 2008. – 171 с.

УДК 656.1

Олег Викторович Белый,
д-р техн. наук, профессор
Людмила Дмитриевна Барина,
канд. техн. наук, доцент
Любовь Эдуардовна Забалканская,
канд. физ.-мат. наук, доцент
(ФГБУН Санкт-Петербургский научный
центр Российской академии наук)
E-mail: barinova@spbrc.nw.ru,
ecoipt@yandex.ru

Oleg Viktorovich Belyi,
Dr. of Tech. Sci., Professor
Liudmila Dmitrievna Barinova,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Liubov Eduardovna Zabalkanskaya,
PhD of Physics and Mathematics, Associate Professor
(St. Petersburg Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences)
E-mail: barinova@spbrc.nw.ru,
ecoipt@yandex.ru

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВИДА ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ НОВЫХ ГОРОДСКИХ РАЙОНОВ

RATIONALIZATION OF THE CHOICE OF THE PUBLIC TRANSPORT OPTIONS FOR NEW CITY AREAS

Поездки, совершаемые общественным транспортом, являются одним из наиболее устойчивых видов передвижений. Транспортное обслуживание существенных пассажиропотоков, возникающих при заселении новой жилой застройки, предполагает использование для этой цели магистральных видов общественного транспорта. В статье проанализированы особенности различных видов транспорта, в том числе и с использованием разных видов подвижного состава. Сравнение метрополитена, скоростного трамвая и скоростного автобуса было произведено на основе критериев устойчивой мобильности, учитывающих эффективность, доступность, безопасность и экологичность данных видов транспорта при условии обслуживания существенных пассажиропотоков.

Ключевые слова: устойчивая мобильность общественный транспорт, эффективность потребления ресурсов, безопасность, универсальная доступность, экологическая безопасность.

Trip by public transport is one of the most sustainable forms of travel. Transport service of significant passenger traffic arising by the settlement of new residential areas, involves the use of the Mass Transit Options. The article analyzes the features of different types of public transport, including using different types of rolling stock. Comparison of metro, light rail and bus rapid transit was made on the basis of sustainable mobility criteria, taking into account the efficiency, availability, safety and environmental friendliness of these types of transport, subject to the maintenance of significant passenger traffic.

Keywords: sustainable mobility, public transit, universal access, efficiency of resources consumption, green mobility.

Планирование транспортного обслуживания населения в новых бурно развивающихся районах города требует оценки возможности применения различных видов общественного транспорта с использованием подвижного состава с разными типами двигателей. Объём пассажиропотоков в новостройках, находящихся на значительном отдалении от магистральной сети, может быть весьма значительным, что диктует потребность расширения сети магистральных маршрутов.

Проанализируем основные виды магистрального общественного транспорта (ОТ), на основе таких критериев устойчивой мобильности, как [1]:

- универсальная доступность предоставляемой транспортной услуги – территориальная, физическая для людей с ограниченными возможностями, социально-экономическая, основанная на стоимости транспортного обслуживания;
- эффективность как с точки зрения финансовых затрат, так и с точки зрения расхода всех прочих ресурсов;
- безопасность как важнейший фактор качества жизни;

– экологичность (*green mobility*), т.е. экологическая эффективность транспортной деятельности с точки зрения минимизации воздействия как на окружающую природную среду в широком смысле, так и на городскую среду.

Территориальная доступность различных видов ОТ определяется, в первую очередь, расположением и степенью обособления транспортных коммуникаций. Если нормативная доступность подвозящего транспорта, движущегося в общем потоке – не более 500 м от места жительства и работы (учёбы), а также различных социальных сервисов, то для магистрального транспорта, в особенности на полностью выделенной инфраструктуре этот показатель может быть увеличен до 1000-1500 м.

Обеспечение физической доступности магистрального транспорта на эстакаде и в тоннеле требует особого внимания, поскольку возникает необходимость подъёма-спуска на соответствующие уровни. При обособлении центральной полосы для общественного транспорта, особенно для BRT, также во многих случаях используются подземные переходы для выхода на посадочную площадку.

Ценовая доступность зависит с одной стороны от политики муниципальных властей, устанавливающих уровень субсидий и инвестиции в развитие ОТ, а с другой стороны определяется экономической эффективностью функционирования ОТ.

Очевидно, что капитальные затраты на создание инфраструктуры существенно зависят от расположения транспортных коммуникаций и вида транспорта. Обобщённые данные по соотношению капитальных затрат на км (в млн. \$) и провозной способности (пасс/час в одном направлении) по данным Всемирного банка [2] приведены на рис. 1.

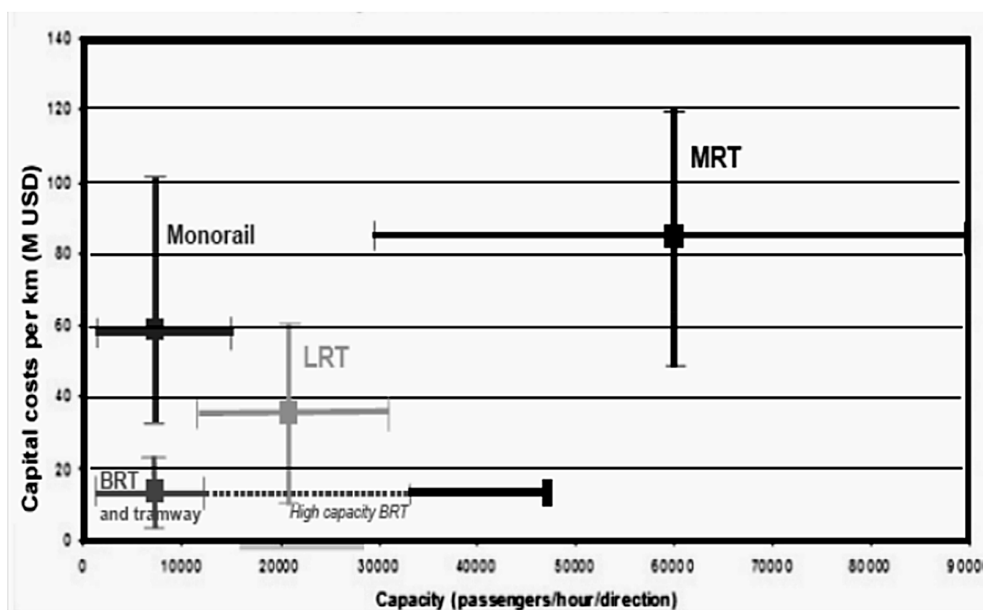


Рис. 1. Соотношение капитальных затрат и провозной способности различных магистральных видов ОТ

Очевидно, что наибольших капитальных затрат требует строительство метрополитена, поэтому создание и функционирование данного вида транспорта экономически эффективно лишь в том случае, когда необходимо обслуживать пассажиропотоки не менее 30 тыс. пасс./ч в одном направлении. Строительство линий метрополитена оправдано в крупных городах, имеющих плотную застройку, с растущим уровнем благосостояния населения для обслуживания пассажиропотоков не менее 35 тыс. пасс./ч.

Следует также отметить, что эффективность, в том числе и экологическая, функционирования транспорта существенно зависит от заполнения подвижного состава, следовательно, во многом определяется выбором маршрута и расположением станций, взаимодействием с другими видами транспорта, т.е. закладывается на этапе создания инфраструктуры.

Высокая провозная способность *BRT* может быть обеспечена только использованием автобусов повышенной вместимости в пакетном режиме, что значительно увеличивает объём выбросов отработавших газов и других загрязнителей.

При сравнении экономической эффективности магистральных видов ОТ следует обратить особое внимание на приведённые затраты в полном жизненном цикле и их структуру. Для рельсовых видов транспорта капитальные затраты являются более существенной частью стоимости полного жизненного цикла, тогда как для *BRT* (в т.ч. на основе троллейбусов) определяющими являются операционные расходы.

Обобщённые данные о зависимости операционных расходов, включая амортизацию (в *US\$*/место-км), от провозной способности (пасс/час в одном направлении) приведены на рис. 2 [2].

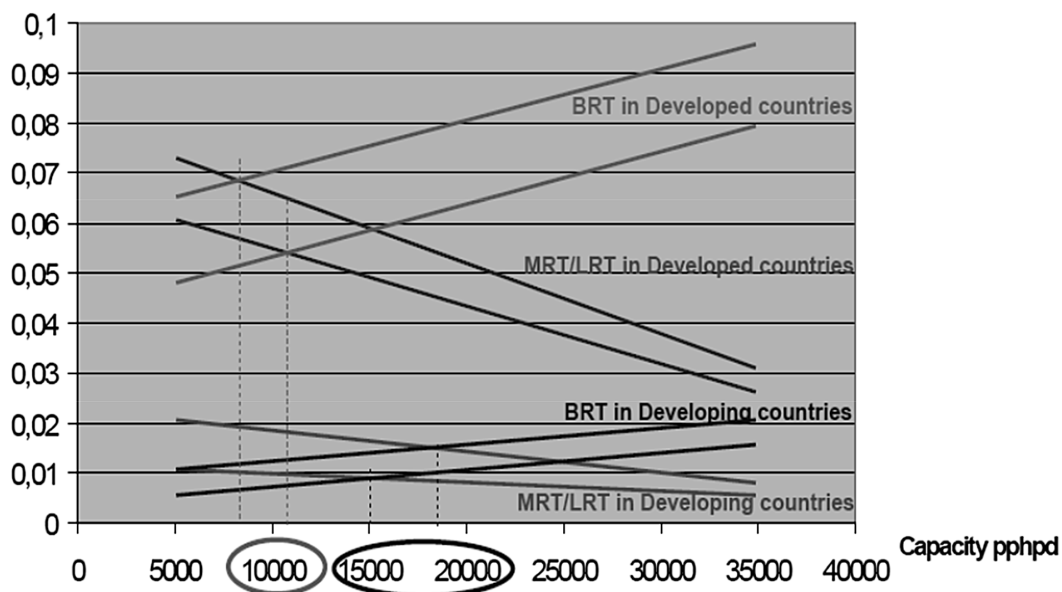


Рис. 2. Сравнение операционных расходов различных видов магистрального транспорта в развивающихся и развитых странах мира

Очевидно, что с увеличением обслуживаемого пассажиропотока операционные расходы для рельсовых видов транспорта уменьшаются, а для *BRT* растут как в развивающихся, так и в развитых странах. То есть в долгосрочной перспективе ЛРТ является более эффективным чем *BRT* для обслуживания пассажиропотоков более 15-20 тыс. пасс/час в одном направлении, хотя затраты на его создание существенно превышают затраты на *BRT*.

Уровень окупаемости (соотношение между сбором от оплаты проезда и операционными расходами) некоторых рельсовых систем ОТ в крупных городах мира приведён в табл. 1 [3]

По данным, приведённым в табл. 2, можно видеть, что операционные расходы метрополитена окупаются сбором платы за проезд (при условии высокого уровня заполнения, в том числе и за счёт ценовой доступности для населения).

Необходимо обратить внимание и на тот факт, что полный анализ стоимости жизненного цикла различных видов ОТ требует учёта внешних издержек, в том числе и связанных с глобальным воздействием на окружающую среду, а также с загрязнением городской среды.

Сравнивая стоимость подвижного состава [3], можно констатировать, что стоимость автобусов с улучшенными экологическими характеристиками сравнима для «чистого» дизеля, газовых и гибридных автобусов, но существенно превышает стоимость обычных автобусов, хотя и уступает стоимости подвижного состава рельсового транспорта, за исключением автобусов на топливных элементах, стоимость которых сравнима со стоимостью вагона метро. Однако следует принять во внимание, что качество жизни жителей города существенно зависит от ка-

чества городской среды. Поэтому при выборе подвижного состава ОТ следует учитывать экологические характеристики транспортных средств, а также экологические характеристики и доступность различных энергоносителей, учитывая весь их жизненный цикл.

Таблица 1

Уровень окупаемости

Рельсовая система ОТ	Уровень окупаемости операционных расходов рельсовых видов ОТ
Куала-Лумпур Putra LRT	0,50
Куала-Лумпур Star Metro	0,90
Метро Буэнос-Айрес	0,77
Метро Сан-Пауло	1,06
Метро Сингапур	1,50
Манила Лёгкое метро	1,80
Метро Гонконг	2,20

Эффективность использования городского пространства различными видами транспорта существенно зависит от расположения транспортных коммуникаций (наземные коммуникации, эстакада или тоннель) и от степени их обособления. Капитальные затраты на наземные коммуникации наименьшие, однако они занимают наибольшее городское пространство. Эстакадный транспорт требует пространства под размещение опор для эстакад, а также посадочных станций. Подземные транспортные коммуникации требуют наземного пространства для организации входа и выхода пассажиров, однако именно они требуют наибольших капитальных затрат. Для всех видов транспорта также необходимо пространство для размещения объектов по обслуживанию подвижного состава, при этом метрополитен требует больше пространства, чем наземные виды транспорта. Потребление пространства в процессе движения может быть измерено соотношением скорости движения транспортного средства и пространства на одного пассажира. Наилучшая эффективность использования пространства при передвижении характерна для рельсовых видов транспорта и пешеходов, автотранспорт может быть эффективным только при условии 100 % заполнения.

Обобщённые данные об эффективности потребления энергии с учётом провозной способности различных видов транспорта приведены в табл. 2 [4]

Следует отметить, что уровень заполнения транспортного средства может изменять его энергоэффективность в разы [5], что необходимо учитывать при организации транспортного обслуживания населения в крупных городах. Без данных о перемещениях, объёмах планируемых пассажиропотоков невозможно обеспечить выбор оптимального способа транспортного обслуживания.

Таблица 2

Эффективность энергопотребления городского общественного транспорта

Виды общественного транспорта	Автобус	BRT (одна линия)	LRT	Метро и пригородные электрички
Провозная способность (пасс/час)	9000	17000	22000	15000-60000
Потребление энергии (МДж на пасс/км)	0,32-0,91	0,24	0,53-0,65	0,15-0,35

Ещё одним существенным фактором являются условия движения (равномерность скоростного профиля), поэтому при высоком уровне обособления транспортных коммуникаций энергоэффективность, как правило, существенно возрастает. Также необходимо упомянуть тот факт, что наличие современного электродвигателя позволяет рекуперировать энергию торможения, что является важным фактором энергосбережения при движении в городском цикле для всех видов электротранспорта.

Корректное сравнение энергопотребления и связанного с ним выброса экотоксикантов различных транспортных средств, как правило, осуществляется на конкретном маршруте. Так при тестировании газовых, гибридных (ДВС+ электромотор) и дизельных автобусов на одном и том же маршруте в Нью-Йорке и Бостоне установлено, что выбросы твёрдых частиц у гибридов и автобусов на КПП (компримированный природный газ) сравнимы и существенно меньше, чем выбросы дизельных автобусов, даже на *ULSD* (дизельное топливо с пониженным содержанием серы). Выбросы неметановых углеводородов у газовых автобусов выше [6]. Наименьшее потребление моторного топлива, в дизель-эквиваленте, у гибридного автобуса и наибольшее автобуса на КПП.

В качестве подвижного состава наземного пассажирского транспорта, в частности в BRT-системах, могут быть использованы также троллейбусы (Кито) и электробусы (Лос-Анджелес, Шанхай. Париж и т.д.). Важнейшими преимуществами транспортных средств *BEV* (*battery-electric bus*) является, так называемый, «ноль» -выброс (не происходит загрязнение городской среды отработавшими газами в процессе движения), а также существенно более низкий уровень шумового и вибрационного воздействия.

Исследования сравнительной энергоэффективности троллейбусов и электробусов отечественного производства («Тролза» и ЛиАЗ), проведённые в МАМИ (Московский государственный машиностроительный университет) показали, что «наиболее энергоэффективной концепцией пассажирского транспорта на базе тягового электропривода является использование электробусов с зарядкой на конечных остановочных пунктах».[7]

Ещё одним видом автобусов с «ноль» – выбросом являются автобусы на топливных элементах *FCEB* (*Fuel Cell Electric Buses*). В этом случае для выработки электрического тока в электрохимическом двигателе используется водород. Зарядка подобного автомобиля происходит значительно быстрее, чем обычного электромобиля и расстояние, проходимое на одной заправке, как правило, больше чем у электромобиля (до 400 км), нет проблемы утилизации аккумуляторов, так как топливные элементы подвергаются рециклингу. Однако возникают серьёзные проблемы, связанные с получением, транспортировкой и хранением водорода, в том числе и проблемы безопасности. Для перевозки и хранения водорода необходимы особо прочные ёмкости, что и определяет высокую себестоимость *FCEB*, поскольку баки изготавливаются из новейших высокопрочных материалов.

Переходя к сравнению экологических характеристик *FCEB* с другими видами автобусов, отметим, что топливная экономичность (в милях на галлон топлива в дизель-эквиваленте) в 1,4 раза выше, чем дизелей и в 1,9 раз выше, чем у автобусов на КПП, однако почти в 2 раза ниже, чем у ВЕВ. Показатели энергоэффективности и выбросов в полном жизненном цикле (*WTW*) водорода существенно зависят от его происхождения. В случае получения водорода из природного газа показатели энергоэффективности и выбросы *WTW* автобусов на водороде хуже, чем у дизельных автобусов и автобусов на КПП. Однако если водород получен как побочный продукт химической промышленности или электролизом воды с использованием мощности электростанций в ночное время, уровень *WTW* выбросов и потребления энергии существенно снижается. [8]

Очевидно, что использование различных энергоносителей играет существенную роль в обеспечении экологической безопасности городского автотранспорта общего пользования. Поэтому при принятии управленческих решений, нацеленных на повышение экологической

устойчивости городского пассажирского транспорта, следует принимать во внимание факторы, связанные с доступностью соответствующих энергоносителей, а также их потенциал не только в снижении воздействия непосредственно на городскую среду, но и в снижении глобального негативного воздействия транспорта на окружающую природную среду в масштабах планеты.

Электротранспорт не является источником выбросов отработавших газов в процессе движения, однако использует электроэнергию, при производстве которой эти выбросы присутствуют. Сравнение выбросов «климатических» газов различных видов ОТ требует проведения *WTW* анализа, поскольку сравнительные характеристики выбросов различных видов магистрального транспорта и различных видов используемых транспортных средств зависят от первичного источника энергии, технологий её получения и распределения или технологий переработки природных энергоносителей в моторное топливо.

Следует учитывать и наличие некоторых особенностей, увеличивающих негативное воздействие *ВЭВ* на окружающую природную среду, отсутствующих у автобусов с ДВС. Один из наиболее существенных – аккумуляторная батарея, которая требует замены в течение жизненного цикла транспортного средства несколько раз, при этом не подлежит рециклингу на нынешнем уровне развития технологий. Проблема снижения воздействия на окружающую среду в процессе производства и утилизации аккумуляторов требует отдельного внимания исследователей. Стоимость таких автобусов также достаточно высока, (прогнозируется её существенное снижение в последующее десятилетие), но обслуживание менее затратное.

В отличие от электробусов, рельсовый электротранспорт и троллейбусы получают энергию непосредственно от электросети. В этом случае выбросы и энергоэффективность *WTW* зависят, в том числе от эффективности передачи энергии в электросетях. Минимизация потери энергии при её передаче от источника к электродвигателю обеспечивает энергоэффективность городского электротранспорта.

Сравнительные характеристики негативного воздействия различных видов транспортных средств на городскую природную среду приведены в табл. 3.

Обращаясь к социальному аспекту безопасности транспортного обслуживания необходимо подчеркнуть, что ОТ является одним из самых безопасных способов совершения городских перемещений. При этом по данным статистики США по количеству транспортных происшествий для различных видов транспорта, уровень безопасности составляет 0,38 смертельных случаев на миллиард пасс/миль для городского рельсового транспорта и 0,2 смертельных случаев на миллиард пасс/миль для автобусов различного назначения. [9] Сравнение данных по происшествиям в США для метро и ЛРТ показывает, что, несмотря на то, что общее количество смертельных исходов для происшествий в метрополитене выше, относительные показатели (на миллион пасс-миль) выше у ЛРТ. При этом количество смертельных исходов в следствии крушением составов, в два раз меньше, чем смертельных случаев на платформе. Это связано в первую очередь с тем, что в эту статистику включены данные по суицидам (отношение попыток суицида в метро и ЛРТ приблизительно 8:1) [10]. Следовательно, обеспечение безопасности рельсовых видов транспорта требует более существенных усилий, что, как правило, связано с большей скоростью передвижения и большим весом подвижного состава, обеспечивающими большую провозную способность этих видов транспорта, в особенности это касается метрополитена.

Проведённый сравнительный анализ позволяет сделать заключение о том, что устойчивое развитие системы ОТ возможно только на основе использования различных видов транспорта в их взаимодействии. При выборе магистральных видов транспорта для обслуживания новых районов необходимо учитывать множество различных факторов, начиная с планируемых пассажиропотоков и заканчивая факторами безопасности, в том числе и экологической.

Данные по выбросам различного подвижного состава ОТ

Вид загрязнения	Автобус с ДВС	ВЕВ	троллейбус	трамвай
Выбросы «климатических газов»				
Источники выбросов	Выбросы ДВС	Выбросы в процессе получения электроэнергии		
Химическое загрязнение городской среды				
Источники выбросов	<ul style="list-style-type: none"> • – Выбросы ДВС • – Испарение АЗС и из топливного бака в процессе движения 	Выбросы при ремонте рельсов		
	продукты износа механических частей и покрышек транспортного средства, а также дорожного покрытия		продукты износа механических частей, колес и рельсов	
	Выбросы и сбросы предприятий по обслуживанию подвижного состава			
	Отходы предприятий по обслуживанию подвижного состава			
Шумовое и вибрационное воздействие				
Уровень шума	85-90 дБА		76 дБА	72 дБА
Электромагнитное излучение				
Среднее значение величины магнитной индукции, мкТл	100		120	120
Максимальное значение величины магнитной индукции, мкТл	140		160	160

ЛИТЕРАТУРА

1. Sustainable Mobility for All. Global Mobility Report 2017: Tracking Sector Performance // сайт Всемирного банка, url: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28542/120500.pdf>, (дата обращения 29.06.2018)
2. Alternatives Analysis and Characteristics of Urban Transport Modes// Workshop and Training on Urban Transport Planning and Reform. Baku, April 14-16, 2009, url: <http://siteresources.worldbank.org/AZERBAIJANEXTN/Resources/301913-1241195959430/E04.pdf> (дата обращения 20.11.2018)
3. L. Wright, K.Fjelistrem, Mass Transit Options// сайт SUTP Международного союза работников общественного транспорта. url: http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A_Sourcebook/SB3_Transit-Walking-and-Cycling/GIZ_SUTP_SB3a_Mass-Transit-Options_EN.pdf (дата обращения 12.11.2017)
4. S.K. Ribeiro, M. J. na Figueroa, F. Creutzig, C. Dubeux, Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future. Chapter 9 – Energy End-Use: Transport, url: https://www.researchgate.net/figure/corridor-capacity-of-different-modes-of-transportation-people-hr-on-a-35-mile-wide_fig8_262030493 (дата обращения 19.11.2018)
5. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities // ITDP.org: Institute for Transportation and Development Policy, url: <https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/Sustainable-Transport-Mass-Transit-Options.pdf> (дата обращения 26.04.2017)

6. Bus systems for the future. Achieving Sustainable Transport Worldwide, url: <https://esteast.unep.ch/assets/publications/Local-sustainable-transport-policies/bus-systemsfor-the-futureachieving-sustainable-transport-worldwide.pdf> (дата обращения 20.03.2018)
7. Хрипач Н.А., Шустров Ф.А., Петриченко Д.А., Анализ эффективности энергопотребления безрельсового пассажирского транспорта на базе тягового электропривода // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; url: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15724> (дата обращения: 20.11.2018)
8. Clean Hydrogen In European Cities, url: <http://chic-project.eu> (дата обращения 5.04.2018)
9. The Hidden Traffic Safety Solution: Public Transportation //электронный ресурс, url: www.apta.com/resources/reportsandpublications/Documents/APTA-Hidden-Traffic-Safety-Solution-Public-Transportation.pdf (дата обращения 21.11.2018)
10. N. Jasmin, Safety performance comparison between light rail transit and subway, url: <http://archives.njit.edu/vol01/etd/2010s/2013/njit-etd2013-003/njit-etd2013-003.pdf> (дата обращения 21.11.2018)

УДК 656.7:658, 385:656.2.071

Анатолий Викторович Бобылев,
канд. техн. наук, доцент
Владимир Анатольевич Глинский,
канд. техн. наук, доцент
Геннадий Михайлович Прутков,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
университет гражданской авиации)
E-mail: a_bob53@mail.ru,
vglinskiy@yandex.ru,
gen-prut@rambler.ru

Anatoly Viktorovich Bobylev,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Vladimir Anatolyevich Glinskiy,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Gennady Mikhailovich Prutkov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint-Petersburg State University
Of Civil Aviation)
E-mail: a_bob53@mail.ru,
vglinskiy@yandex.ru,
gen-prut@rambler.ru

СОЗДАНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ АЛЬЯНСОВ ПЕРЕВОЗЧИКОВ В НЕЙТРАЛЬНОЙ ТЕРМИНАЛЬНОЙ СЕТИ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

THE CREATION OF MULTIMODAL ALLIANCES OF CARRIERS IN THE NEUTRAL TERMINAL NETWORK OF DELIVERY OF GOODS

В статье показано, что разработки в авиационной логистике могут послужить концептуальной базой для усовершенствования мультимодальных терминальных альянсов, а наиболее удобным разрешением задач консолидации грузов является приобретение экспедиторами статуса грузового агента через процедуру «разделения накладных» на домашнюю и мастер накладные. Сформулированы принципы классификации терминально-сетевых продуктов экспедитора в моделируемой мультимодальной терминальной сети.

Ключевые слова: альянсы перевозчиков, мультимодальные перевозки грузов. концептуальная база, терминальные сети, транспортно-экспедиционная компания, грузовой агент, терминально-сетевые продукты, консолидация.

The article shows that developments in aviation logistics can serve as a conceptual basis for the improvement of multimodal terminal alliances, and the most convenient solution to the problems of cargo consolidation is the acquisition of the status of freight agent by freight forwarders through the procedure of “splitting invoices” into home and master invoices. The principles of classification of terminal network products of the forwarder in the simulated multimodal terminal network are formulated.

Keywords: alliances of carriers, multimodal transportation of goods. conceptual framework, terminal networks, freight forwarding company, freight agent, terminal network products, consolidation.

Введение

На смену сетевого метода построения маршрута путем последовательного перемещения груза в узлах с одной транспортной моды на другую с изменением правового режима («теория сети») начинается активное внедрение «теории единства», когда перевозка реализуется единым «контрактным перевозчиком» без смены правового режима по договору смешанной перевозки (ДСП) [1-4].

В 1972 г. в гражданской авиации была создана мировая нейтральная среда продаж авиaperевозок – система BSP (Billing and Settlement Plan), которая получила наибольшее распространение в мире. *BSP как единая организация не существует. Ее институты создаются в отдельно взятых странах по инициативе авиаперевозчиков и грузовых агентов под эгидой IATA.* Продажа на бланках *BSP* осуществляется при наличии договора на продажу аккредитованными агентствами *BSP*. *К примеру, Грузовые Агенты IATA ведут продажу на нейтральных бланках BSP IATA – на бланках нейтральной авиагрузовой накладной (Neutral Air Waybill).*

Основной чертой *BSP/CASS* является использование единых стандартных перевозочных документов (СПД). В РФ используется бланк автоматизированного оформления. При работе

BSP на территории страны, участники системы BSP прекращают продажу своих услуг через агентскую сеть на собственных бланках. Вместо бланков авиакомпании оформляют авиаперевозки на единых бланках СПД (IATA, или ТКП).

Использование *BSP IATA* позволяют на практике реализовать базовые принципы логистики – доставка «от двери до двери» (DTDS) и «точно в срок» (JIT), что позволяет исключить перепополнения складских помещений излишним грузом, а также минимизировать совокупные транспортные расходы на каждом участке маршрута (как на авиационном фрахте, так и на участках подвозки/довозки).

Сотрудничество FIATA/IATA и Международной Торговой палаты (МТП/ICC) при взаимодействии с крупнейшими альянсами перевозчиков ведет к повышению качества экспедиторских услуг на конкретной транспортной моде за счет внедрения унифицированных экспедиторских документов и единых правил проведения торгово-транспортных операций (ТТО). Унимодальная перевозка по системе «point-to-point», реализуемая отдельными перевозчиками, позволяет строить новые совместные маршруты на основе многообразных методов коммерческого сотрудничества. Так в IATA, в части правового обеспечения авиаперевозок (по «теории сети»), разработаны разнообразные формы коммерческого сотрудничества, способные методически обеспечить взаимодействие многочисленных участников ТТО (рис. 1).



Рис. 1. Формы коммерческих соглашений авиаперевозчиков

Доставка «от двери до двери» (DTDS) и «точно в срок» (JIT)

Реализация принципов DTDS и JIT возможно только посредством логистической интеграции (ЛИ) грузовых авиационных перевозок со всеми участниками торгово-транспортной операции (ТТО). Сущность ЛИ состоит в возможности эффективного сотрудничества отдельных субъектов транспортного рынка ради одновременного достижения общих и частных целей. Наиболее наглядно эффективность ЛИ проявляется при продажах грузовых авиационных перевозок с доставкой «от двери до двери» в нейтральных терминальных сетях грузовых агентов (ГА) IATA. Такая услуга подразумевает наличие собственной терминальной сети.

Транспортно-экспедиционная компания (ТЭК) предоставляет не только непосредственно продажу и организацию транспортной авиаперевозки, но и услугу «от двери до двери». Грузовой агент IATA выступает в качестве единого «контрактного перевозчика» DTDS – оператора смешанной перевозки (ОСП).

Помимо грузовых агентов IATA, все большее количество компаний-форвардеров (экспедиторов), забирая груз (товар) со склада поставщика, доставляют его до своего склада, после чего проводится погрузка на авиатранспорт. Такая услуга подразумевает наличие собственной терминальной сети. Компания-форвардер по прилету воздушного судна (ВС) производит

разгрузку и доставляет груз непосредственно на склад получателя. Оформление всех документов транспортно-экспедиционная компания (ТЭК) также берет на себя. При этом ТЭК предоставляет не только непосредственно продажу и организацию транспортной авиаперевозки, но и услугу «от двери до двери». Функции нейтральной авианакладной IATA иллюстрирует рис. 2.

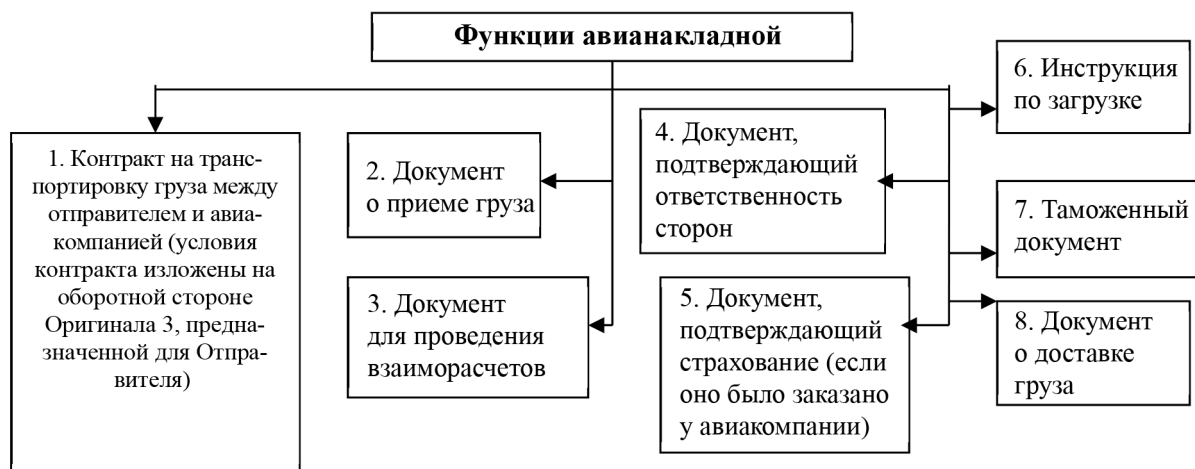


Рис. 2. Функции нейтральной авианакладной IATA

Таким образом, NAWB сохранила две традиционные функции (договора перевозки и расписки), добавив функции расчетного документа, полиса и ГТД (грузовой таможенной декларации) и документа смешанной перевозки (ДСП). Практическая реализация этих функций позволяет получить эффект от консолидации (рис. 3).

Концепция международных мультимодальных перевозок

Развитие международных мультимодальных перевозок (МММП) направлено на снижение транспортной составляющей в цене товара за счет появления возможности консолидации грузов, что реализуется только при условии превращения экспедитора для грузовладельца-клиента в единственного «контрактного перевозчика».

Специфика МММП с авиационным плечом (авиационным фрахтом) состоит в том, что в подавляющем большинстве случаев в качестве оператора смешанной перевозки (ОСП) выступает грузовой агент IATA. Разработки IATA являются концептуальной базой, как для международных многосторонних соглашений при создании международных мультимодальных альянсов, так и для более локальных форм альянсовых соглашений (соглашения о взаимном предоставлении услуг, соглашения о «Генеральном агенте», коммерческие соглашения, интерлайн, код-шеринг, пульные и прорейтовые соглашения). IATA представляет авиакомпаниям широкий круг возможностей для решения многих проблем и улучшения финансовых результатов, что может быть использовано и в МММП. К примеру, практикой IATA Clearing House доказана важность транспортных клиринговых палат (ТКЛП) при взаиморасчетах в нейтральной терминальной мультимодальной сети (НТММС). НТММС обеспечивает единую тарифную политику и организацию взаиморасчетов между субъектами транспорта, основываясь на системе продаж перевозок в нейтральной среде. Экспедитор – ОСП НТММС – по аналогии с Грузовым Агентом (ГА) IATA действует как договорной перевозчик на основе нейтральной накладной ДСП (по аналогии с «домашней авианакладной» NAWB, имеющей функции ДСП). В зависимости от масштаба формируемой НТММС может быть избрана конкретная форма коммерческого соглашения (см. рис. 1).

Отметим, что маркетинговые альянсы по сути своей являются формой краткосрочного сотрудничества компаний, выгодной им в конкретной рыночной ситуации. Интерлайн – соглашение между перевозчиками о взаимном признании перевозочных документов, выполнении по ним перевозок и взаиморасчетов. Это договоренность между перевозчиками, в рамках которой,

одна компания имеет право оформлять накладные на рейсы другой компании, которая в свою очередь обязана признавать и принимать такие транспортные накладные. Выгода от Интерлайна для компаний очевидна: оформление единой накладной, что всегда дешевле; рейсы одной компании удобно стыкуются с рейсами компании-партнера; сквозная перевозка груза. Так участники, подписавшие данное соглашение, имеют право оформлять на собственных бланках или на нейтральных бланках транспортные накладные на внутренние/международные регулярные трансферные рейсы партнеров. Часто такие договоренности дополняются еще и специальными тарифными соглашениями – специальными прорейсовыми соглашениями (SPA). SPA представляют собой удобную форму соглашений между компаниями о сквозном тарифе. Которая может предшествовать созданию единых тарифных справочников нейтральной среды НТММС.

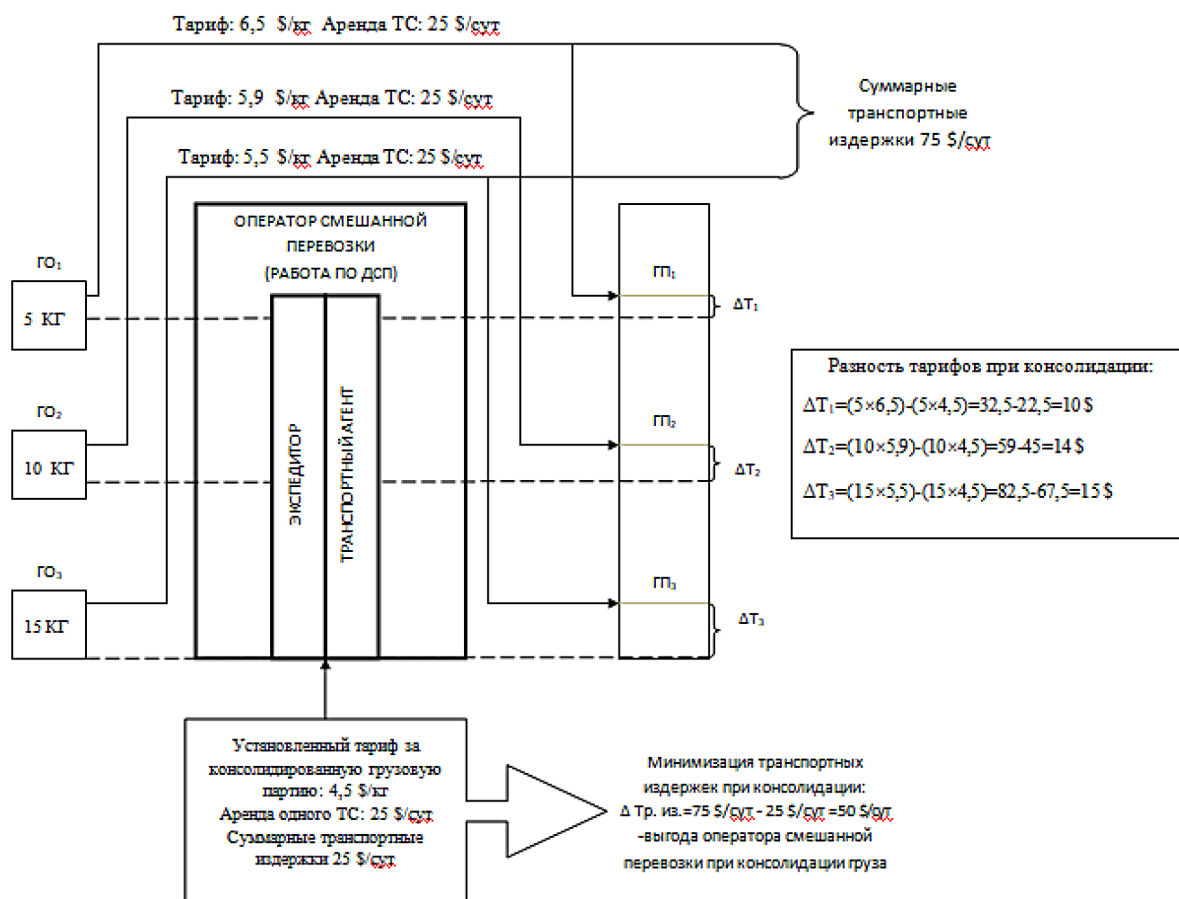


Рис. 3. Эффект от консолидации

Код-шер (анг. code-share) – договор между компаниями о совместной эксплуатации рейсов на одном маршруте (каждая компания, заключившая соглашение, продает рейс, который фактически выполняется одной из них, по своим ценам и под своим логотипом (кодом). Выход на рынок с единым продуктом под совместным кодом компаний – партнеров дает им ряд преимуществ:

- возможность проникновения на рынок партнеров;
- повышение уровня обслуживания одного партнера до стандартов другого; поднятие имиджа обоих партнеров;
- маркетинговые преимущества; преимущества для клиентуры, которые предпочитают оформить перевозку по единому документу.

Начальными формами коммерческих соглашений перевозчиков могут быть транзитные соглашения о согласовании расписаний движения в НТММС. Это, к примеру, трансфер – стыковочный маршрут на разных рейсах одной и той же компании или же компаний-партнеров.

Вне зависимости от масштаба и формы базового коммерческого соглашения НТММС, мультимодальный Альянс требует принятия ряда принципов централизованного управления. Необходимо создавать управление из единого центра ответственности в роли «контрактного перевозчика» (рис. 4). Подразумевается создание альянса перевозчиков, которые будут осуществлять перевозки в собственной терминальной сети, построенной по модели «Hub-and-Spoke» из связанных кластерных систем.



Рис. 4. Концепция создания мультимодальных Альянсов

Для РФ развитие мультимодальной технологии и инфраструктуры – стратегический приоритет, поскольку в результате повышается связность российских регионов и объединяются рынки. Для частного сектора интеграция рынков означает рост отдачи от инвестиций, повышение мобильности капитала. Это облегчит российским производителям выход на мировые рынки и будет способствовать формированию в конкретных регионах «умной специализации», сочетающей производство традиционных товаров и услуг, которые регион сегодня производит эффективно, и новых перспективных товаров и услуг, с которыми он сможет в будущем успешно соперничать с лучшими мировыми производителями. Интеграция рынков и специализация регионов обеспечат устойчивость и гибкость пространственного развития страны. Снижение логистических издержек приводят к появлению новых эффективных способов социализации регионов и связности пространства – важнейший механизм смягчения межрегионального неравенства.

РФ не будет создавать барьеры для международных экономических отношений, не будет закрываться от глобального рынка и тем более игнорировать его. Одним из наших приоритетов выступает расширение участия РФ в мировой торговле, формирование собственных цепочек добавленной стоимости, участие во внешнеэкономических союзах и соглашениях.

Структурно функциональный анализ терминальной сети и классификация продуктов экспедитора

Терминалы нужны клиенту для оптимизации логистических затрат. Для создания качественной сети требуется корректировка продуктовой политики терминалов, что вызвано необходимостью специализации на ключевых услугах.

Классификация основных продуктов сети позволит более качественно планировать развитие терминальной сети на всех этапах, также позволит выделить ключевые клиентские группы, потенциал развития конкуренции.

Звенья 1-ого уровня: Опорные терминалы (в том числе приграничные). Приграничные терминалы – точки притяжения (возникновения) внешнеторговых (следовательно, контейнерных) грузопотоков. Звенья 2-го уровня – спутниковая сеть. Создание спутниковой сети – это этап создания расширенной сети и глубокое проникновение в регион расположения опорного звена с целью концентрации/укрупнения грузопотоков по маршрутам. Вспомогательная цель развития спутников – продолжение цепочек поставок груза до конечного клиента, увеличение грузовой базы опорного терминала за счет создания очагов грузопритяжения.

Звенья 3-его уровня – филиальная сеть. Мобильные терминалы играют роль разведки и способа вхождения в регион, когда строится не крупный терминал, а только необходимая для первичных терминальных операций терминальная инфраструктура. Основная цель создания мобильных терминалов – увеличение сетевых перевозок, а также увеличение их гибкости.

В настоящее время назрела необходимость создания универсальной классификации транспортных продуктов экспедитора, которая была бы подобна системе транспортных базисных условий INCOTERMS, что приведет к повышению надежности сделок, упрощению документооборота, и будет способствовать внедрению наиболее надежной формализации при взаиморасчетах – документарному аккредитиву.

В таблице рассмотрена концепция классификации терминально-сетевых продуктов оператора мультимодальной перевозки. В данной классификации предложено разделение классификатора на четыре основные группы, классификация содержит двадцать одно условие.

Классификации терминально-сетевых продуктов оператора мультимодальной перевозки

Группа	Условие
«P» – place leasing	Основывается на стандартной услуге склада по предоставлению места хранения склада и обеспечению сохранности груза в течение срока аренды. Классификация производится по мере увеличения спектра и глубины логистического сервиса услуг склада (дополнительных услуг). Таких как: транспортировка груза по территории склада, страхование, погрузочно-разгрузочные работы, комплектация и отбор.
«C» – cross-docking	Основывается на услуге перевалки или переотправки грузов. В случае невозможности осуществить переотправку или перевалку вовремя, склад предоставляет бесплатное хранение груза на 24 часа, в течении этого времени должна быть осуществлена перевалка или переотправка грузов.
«D» – delivery	Основана на предоставлении склада в качестве перевозчика на собственном подвижном составе из двух частей: доставка груза до склада и доставка грузов в сбытовые пункты клиента, указанные в договоре. Кроме того, в группе присутствуют условия, связанные с сетевым способом доставки, от склада до склада, по которому склад несет ответственность за сохранность груза в течение складских услуг на первом складе, транспортировке и складских услуг на втором и более складах. При этом, терминал самостоятельно принимает решение во времени хранения в каждом из терминалов и дате межскладской перевозки. Таким образом, в обязанности склада входит предоставление груза в указанном терминале в указанное время, а клиент обязуется предоставить подвижной состав в место и время, указанные в договоре.

Группа	Условие
«М» – mixing product	Склад предоставляется в качестве консигнатора, т.е. осуществляется закупка у производителей всех наименований товаров, указанных в договоре, в необходимом количестве; контролируется постоянное наличие на складе всех наименований в необходимом количестве, объеме; контролируются сроки годности. Также предложено инновационное предложение о статусе и роли склада в качестве логистического провайдера третьего уровня (PL3), по которому склад самостоятельно выбирает наименование товаров для закупки, находит сбытовые каналы, а клиент, в данном случае, становится лишь инвестором в предложение склада, при этом, в цену складских услуг включается комиссионерский сбор.

Выводы

Проблема дуализма, когда функции экспедирования и агентирования совмещены в лице одной компании имеет наиболее удобное разрешение при приобретении экспедиторами статуса грузового агента IATA через процедуру «разделения накладных»:

- MAWB IATA – мастер накладная для продаж рейсов любой авиакомпании – члена IATA;
- HAWB IATA называемая «домашней накладной», используемая в качестве ДСП (документа смешанной перевозки) при работе с клиентом.

В грузовых авиационных перевозках с доставкой «от двери до двери» IATA разрешило распространить действие АГН на эти этапы перевозки, т.е. по домашней АГН грузовой агент IATA берется за осуществление уже смешанной (мультиmodalной) перевозки под полную ответственность не только за авиафрахт, но и за все иные ее этапы (моды).

При выборе схемы мультиmodalной перевозки с целью отыскания оптимального варианта организации товародвижения привлекаются разнообразные методы учета сложных комприссов между разными видами транспорта, маршрутами и оценки предпочтением того, или иного фактического перевозчика.

В статье представлен анализ известных в гражданской авиации и хорошо зарекомендовавших себя форм коммерческих соглашений и условий альянсов авиаперевозчиков для усовершенствования мультиmodalных перевозок грузов и внедрения в указанную сферу.

Показано, что использование опыта гражданской авиации в части коммерческих соглашений весьма эффективно при построении мультиmodalной терминальной сети. Разработки именно в авиационной сфере, в частности деятельность IATA, могут послужить концептуальной базой для усовершенствования мультиmodalных альянсов.

Сокращая транспортные расходы за счёт консолидации в терминальной сети мультиmodalного Альянса, грузополучатели получают на своём рынке товар по более низкой конкурентоспособной цене, поскольку экономическая эффективность от консолидации весьма существенна.

FIATA/IATA призывает экспедиторов принимать участие также в консалтинге своих клиентов еще на стадии контрактной работы и при заключении контрактов купли-продажи (в части выбора транспортных базисных условий), что ведет к повышению коммерческой безопасности.

Сформулированы принципы классификации терминально-сетевых продуктов экспедитора. Цель создания классификатора состоит в унификации документооборота и снижении рисков взаимоотношений клиента и терминала по документарному аккредитиву. Также реализован единый инновационный подход к определению вида и функционала любого логистического объекта, начиная от склада с минимумом функций и заканчивая сложным мультиmodalным логистическим центром.

В итоге, унифицированная система классификации логистических объектов мультиmodalных сетей, подобная системе транспортных базисных условий INCOTERMS, позволит развить новые партнерские связи и упростить процессы товарообмена и грузодвижения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глинский В.А., Бутрина П.В. Консолидация груза в терминальной сети грузовых агентов при интермодальной доставке/ Вестник университета ГА. Санкт-Петербург, 2014, С. 133-136
2. Логутенко Ю.С., Глинский В.А. Терминальная сеть альянса в системе Евро-Азиатских транспортных коридоров. Материалы 13-й Международной научно-практической конференции «Логистика – Евразийский мост». Красноярск, 2018. С. 167-171.
3. Глинский В.А. Разработка классификатора терминально-сетевых продуктов при мультимодальных перевозках // Вестник СПбГУГА. Университет ГА. СПб., 2014. С. 51-63.
4. Логутенко Ю.С., Глинский В.А. Развитие транспортной сети Северного морского пути. Логистика: Современные тенденции развития. Материалы XVI Международной научно-практической конференции 6, 7 апреля 2017 г. ГУМРФ им. Адмирала С.О. Макарова. СПб ГУГА, СПб., С. 242-246.

УДК 711.7

Екатерина Олеговна Брызгина,
член Ассоциации транспортных инженеров
Дмитрий Михайлович Казьмин,
ведущий инженер
(ОАО «НИИАТ»)
E-mail: bryazginaeo@gmail.com,
dmkazmin@yandex.ru

Ekaterina Olegovna Bryazgina,
Association of Traffic Engineers' member
Dmitry Mikhailovich Kazmin,
leading engineer
(OJSC «NIIAT»)
E-mail: bryazginaeo@gmail.com,
dmkazmin@yandex.ru

ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

TRANSPORT PLANNING IN RUSSIA: PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS

В статье на основе анализа современного состояния нормативного правового и методического обеспечения в сфере транспортного планирования, обозначены ключевые проблемы, существующие в данной сфере, включая отсутствие учета существующих и перспективных характеристик транспортной системы в ходе градостроительной деятельности, и отсутствие координации между различными видами документов транспортного планирования. Высказаны предположения о причинах возникновения данных проблем; предложены возможные пути их решения, включая совершенствование нормативного и методического обеспечения, а также совершенствование системы подготовки специалистов в сфере транспорта и градостроительства.

Ключевые слова: транспортное планирование, нормативное регулирование, градостроительное проектирование, организация транспортного обслуживания, организация дорожного движения.

The article, on the basis of the current state of legislation and procedural guidelines in the field of transport planning, points out several key problems including the lack of consideration for the transport system capacity during urban planning and development; and the lack of co-ordination between the various transport planning documents being developed. The article discusses the possible causes of the aforementioned problems, and offers the possible solutions, including further development of the legislation, guidelines and education in the field of transport planning.

Keywords: transport planning, legislation, urban design, transport service, road traffic management.

Транспортное планирование – под которым в данной статье мы будем понимать совокупность всех видов деятельности, направленных на планирование развития и функционирования транспортных систем территорий – в России было осознано как самостоятельная и необходимая (прежде всего применительно к крупным городам) область проектирования и научных исследований ещё в первой половине прошлого века. В этом смысле за точку отсчета можно принять выход в 1946 году книги Г.В. Шелейховского «Композиция городского плана, как транспортная проблема» [1], которая стала одной из первых научных работ, посвященных транспортному планированию в целом, в его взаимодействии с градостроительством.

В качестве других важных вех развития практики транспортного планирования в нашей стране, стоит отметить принятие в 1958 г. Госстроем СССР «Правил планировки и застройки городов» (СН-41-58) в которых были заложены основы формирования сетей улиц и дорог, как составной части общей организации территории города и пригородной зоны², и утверждение

² В 1966 г. взамен были приняты СНиП II-К.2-62 «Планировка и застройка населённых мест. Нормы проектирования», содержащие требования к улично-дорожной сети и маршрутным сетям городского общественного пассажирского транспорта. Впоследствии новые версии этого документа разрабатывались в 1975 и 1989 годах. Действующий в настоящее время СП 42.13330.2017 – прямой «идеологический наследник» этой серии документов.

в 1969 г. Госпланом «Указаний по разработке комплексных схем развития всех видов городского пассажирского транспорта для городов с населением 250 тыс. и более»³.

Хотя в конце прошлого века разработанные ранее принципы и практики транспортного планирования во многом отошли на второй план или были отвергнуты, уже в 2005 году в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года была зафиксирована необходимость «развития долгосрочного *градостроительного и транспортного планирования* с учетом прогнозируемых транспортных потоков внутри муниципальных образований и городов, а также транспортных потоков на внегородских автодорогах, примыкающих к этим населенным пунктам» [2, п.2.3.4].

Какова же ситуация в сфере транспортного планирования в России сейчас?

Анализ действующего нормативного правового и методического обеспечения в сфере градостроительной деятельности, организации транспортного обслуживания населения и организации дорожного движения, позволяет указать на ряд проблем.

Прежде всего, в настоящее время транспортное планирование – вынужденно – носит глубоко вторичный характер по отношению к стратегическому планированию и градостроительной деятельности. Градостроительный кодекс не содержит норм, которые обязывали бы учитывать транспортную составляющую в необходимом объеме при принятии проектных решений в сфере градостроительства: обследование, анализ и прогнозирование характеристик подвижности населения и транспортного спроса, параметров дорожного движения и функционирования пассажирского транспорта общего пользования, которые необходимы для успешного решения задач территориального планирования, остаются всецело на усмотрение разработчиков генеральных планов и схем территориального планирования. А учитывая отсутствие нормативных требований по выполнению указанных работ и учету их результатов, указанные работы неизбежно оказываются за рамками бюджетов и сроков проектов по разработке документов территориального планирования.

По логике действующего регулирования, в городах решение задач транспортного планирования предусмотрено на стадии разработки программ комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ); однако эти программы на практике зачастую сводятся к простым перечням мероприятий, предусмотренных Генпланом и документами стратегического планирования; причем предпосылки для этого, к сожалению, заложены в тексте действующих Требований к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов [3, п.2].

Эта проблема тесно связана с другой – отсутствуют механизмы координации и обратной связи между транспортным планированием и градостроительной деятельностью. Фактически, все существующие виды документов транспортного планирования (программы комплексного развития транспортной инфраструктуры, комплексные планы и схемы транспортного обслуживания населения, документы планирования регулярных перевозок, комплексные схемы организации дорожного движения) только обслуживают решения, ранее принятые градостроителями, и не могут на эти решения повлиять. Какие бы необходимые и обоснованные мероприятия не были предложены в ПКРТИ, они не являются основанием для внесения изменений в Генеральный план; и даже при наличии у администрации города необходимой политической воли, внесение изменений в утвержденный и прошедший публичные слушания Генплан – долгая и непростая процедура.

Кроме того, в силу особенностей действующего нормативного регулирования, процесс транспортного планирования оказался искусственно разорван на практически независимые элементы – планирование развития инфраструктуры, планирование транспортного обслуживания

³ Впоследствии взамен этого документа были разработаны «Рекомендации по разработке комплексных транспортных схем для крупных городов» (1983 г.).

населения, и планирование организации дорожного движения. Зачастую, за разные элементы транспортного планирования отвечают разные структурные подразделения городских администраций. На уровне субъектов Российской Федерации, где отсутствует единый документ планирования развития транспортной инфраструктуры, и организация транспортного обслуживания планируется отдельно для всех видов пассажирского транспорта общего пользования (в рамках документов планирования регулярных перевозок для автомобильного и городского наземного электрического транспорта; в рамках региональных государственных программ – для прочих видов транспорта), эта проблема особенно ярко выражена.

Следует также принять во внимание, что транспортное планирование – наукоемкий процесс, требующий привлечения квалифицированных кадров, использования средств математического моделирования, организации обследований и мониторинга параметров работы транспортной системы. Кроме того, прогнозы социально-экономического развития субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, как правило, не содержат необходимых данных для прогнозирования характеристик транспортной подвижности населения и параметров грузового движения, так что задачи социально-экономического прогнозирования также ложатся на разработчиков документов транспортного планирования. К сожалению, администрации даже крупных городов не всегда располагают необходимыми финансовыми и кадровыми ресурсами для организации разработки и последующей актуализации системы документов транспортного планирования.

Отдельной проблемой является транспортное планирование в городских агломерациях. Фактически, транспортная система агломерации является единым целым, но на практике в её формировании участвуют субъект Российской Федерации и входящие в состав агломерации муниципальные образования, зачастую никак не координируя свои планы в этой сфере.

Что касается существующего методического обеспечения в сфере транспортного планирования, то оно носит в значительной мере фрагментарный характер. Безусловно, в последние годы Минтранс России были предприняты серьезные шаги по его совершенствованию (прежде всего, в рамках реализации приоритетного проекта «Безопасные и качественные дороги», а впоследствии – национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», когда были подготовлены проекты методических рекомендаций по разработке программ комплексного развития транспортной инфраструктуры [4] и комплексных схем транспортного обслуживания населения [5] городских агломераций).

Тем не менее, ряд важных вопросов транспортного планирования пока не получил необходимой методической основы. В числе таких вопросов можно назвать:

- прогнозирование характеристик (объемов и структуры) транспортной подвижности населения, и определяющих эти характеристики социально-экономических показателей;
- нормирование показателей транспортной подвижности для различных типов застройки;
- прогнозирование и моделирование характеристик грузовых перевозок (в т.ч. их объема и структуры по видам транспорта);
- транспортное планирование на уровне субъекта Российской Федерации (включая развитие инфраструктуры транспорта регионального значения и организации транспортного обслуживания населения в межмуниципальном сообщении);
- обеспечение периодической актуализации документов транспортного планирования на основе мониторинга параметров работы транспортной системы.

Перечисленные выше проблемы (и прежде всего – подчиненная роль транспортного планирования, его некоординированный характер) вытекают из нескольких объективных причин, рассмотренных далее.

Вследствие выраженного междисциплинарного характера деятельности по транспортному планированию (которое включает аспекты территориального планирования и планировки территорий, архитектурно-строительного проектирования, организации перевозок пасса-

жиров, организации дорожного движения, социально-экономического прогнозирования), эта деятельность находится на стыке сфер ответственности Минтранса, Минэкономразвития и Минстроя России (а до недавнего времени – ещё и МВД в части организации дорожного движения), вследствие чего долгое время не получала необходимого внимания со стороны федеральных органов исполнительной власти. Любая законодательная инициатива в сфере транспортного планирования рискует с самого начала быть обвиненной в отсутствии самостоятельного предмета регулирования, а впоследствии – либо быть полностью отвергнутой после многолетнего взаимного согласования между тремя министерствами, либо лишиться содержательных норм и приобрести сугубо рамочный характер.

Свой вклад в текущее состояние нормативного регулирования в обсуждаемой сфере внесла и сложившаяся в 90-е годы прошлого века практика государственного управления и нормотворчества, основанная на отказе от централизованного планирования и в существенной степени основывающаяся на рыночных механизмах (прежде всего, в инфраструктурной сфере).

Наряду с названными выше причинами, которые могут быть (и, вероятно будут) устранены за счет совершенствования нормативного и методического обеспечения, есть и неустраняемый фактор, создающий сложности в процессе транспортного планирования. Речь идет об опережающем характере развития застройки по сравнению с развитием транспортной инфраструктуры, которое связано с действием упомянутых рыночных механизмов: практически единственным источником платежеспособного спроса на создание транспортной инфраструктуры являются органы государственной власти и местного самоуправления, тогда как в сферу строительства направляется несопоставимо больший объем инвестиций (в основном частных).

Главным следствием перечисленных проблем является градостроительная политика, ведущаяся без учета как текущих возможностей транспортной системы, так и возможностей ее развития. Учитывая, что показатели качества работы транспортной системы территории в равной мере определяются как характеристиками транспортной системы, так и объемом и структурой генерируемого застройкой транспортного спроса, такая политика означает, что органы власти и организации в сфере транспорта вынуждены отвечать за последствия решений, принятых градостроителями, архитекторами, инвесторами и застройщиками, не имея существенных возможностей повлиять на эти решения.

Другое важное следствие – это, по существу, стихийно складывающиеся транспортные системы городов, которые развиваются без единого плана по принципу «расшивки узких мест», и которые обречены на постоянное «догоняющее» развитие по отношению к системе застройки и расселения. И если стихийно сложившаяся застройка может, в принципе, обеспечить потребности населения и экономики в жилье и производственных помещениях, то стихийно сложившаяся транспортная система гарантирует низкое качество транспортного обслуживания.

В этой ситуации можно наметить несколько необходимых направлений решения проблем в сфере транспортного планирования:

1) создание единой системы документов транспортного планирования, разрабатываемых в координации друг с другом (включая требуемые шаги по совершенствованию нормативного и методического обеспечения);

2) создание правовых механизмов, обеспечивающих возможность корректировки решений, принимаемых в сфере градостроительства, если эти решения не обеспечены возможностями транспортной системы. В частности, следует рассмотреть следующие возможности:

– изменения статуса программы комплексного развития транспортной инфраструктуры с документа, реализующего мероприятия Генплана и документов стратегического планирования, на самостоятельный документ планирования, который будет являться основанием для внесения изменений в Генплан;

– обеспечения разработки Правил землепользования и застройки на основе, (либо, как минимум, с учетом) программы комплексного развития транспортной инфраструктуры города,

с тем, чтобы обеспечить соответствие характеристик застройки, порождающей транспортный спрос, возможностям транспортной системы;

– создания механизма оценки воздействия реализации проектов планировки территории, а также размещения отдельных объектов капитального строительства, на параметры работы транспортной системы города.

3) совершенствование системы подготовки кадров, в т.ч. за счет организации подготовки инженеров по специальности «транспортное планирование», которая предусматривала бы обучения дисциплинам, относящимся как к организации работы транспорта, так и к градостроительному планированию.

Однако ключевой, принципиальной предпосылкой для реализации каждого из этих направлений, является *отказ от убеждения, что проблемы в сфере транспорта (прежде всего, в городах и городских агломерациях) в принципе могут быть решены исключительно средствами транспорта, и признание того, что решение проблем транспорта в равной мере лежит в градостроительной плоскости.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелейховский Г. В. Композиция городского плана как проблема транспорта. М.: ГИПРОГОР, 1946 г. 129 с.

2. Об утверждении транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года: приказ Минтранса России от 12 мая 2005 г. N 45.

3. Об утверждении требований к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов: постановление Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2015 г. N 1440.

4. Методические рекомендации по разработке программ комплексного развития транспортной инфраструктуры крупнейших городских агломераций в рамках приоритетного направления стратегического развития Российской Федерации «Безопасные и качественные дороги». URL: <https://www.mintrans.ru/documents/7/5884> (дата обращения: 06.06.2019).

5. О требованиях к подготовке комплексных схем транспортного обслуживания населения общественным транспортом городских поселений и агломераций (КСОТ): проект методических рекомендаций. URL: <http://bkd.rosdornii.ru/file/iblock/7f3/document.pdf> (дата обращения: 06.06.2019).

УДК 656.078:625.7:005.932

Виталий Александрович Буйвис,

ст. преподаватель

Алексей Викторович Новичихин,

д-р техн. наук, доцент

(Сибирский государственный индустриальный университет)

E-mail: buyvis_va@mail.ru,

novitchihin@bk.ru

Vitaly A. Buyvis,

senior lecturer

Alexey V. Novitchihin,

Dr. of Tech. Sci., Associate Professor

(Siberian State Industrial University)

E-mail: buyvis_va@mail.ru,

novitchihin@bk.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АВТОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА: МОДЕЛИ И СЦЕНАРИИ

METHODICAL FEATURES OF FUNCTIONING AND DISTRIBUTION OF THE RESOURCES OF THE ROAD COMPLEX: MODELS AND SCENARIOS

Определены особенности функционирования современного автодорожного комплекса на примере Кемеровской области. В качестве инструментария для обоснования управляющих решений и формирования проектов на краткосрочные периоды предложен набор индикаторов функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса. Применительно к условиям Кемеровской области, для разработки проектов в автодорожном комплексе рассмотрены сценарии трех типов в зависимости от инвестиционного потенциала: оптимистичный, умеренный и пессимистичный. Для устранения неопределенностей при планировании функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса на стратегическом уровне сформулирована модель задачи функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса с позиции теории нечетких множеств. Произведено моделирование сценариев на основе разработанной нечеткой модели функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса на качественном уровне. Разработан алгоритм управления состоянием системы распределения ресурсов автодорожного комплекса, на основании комплексного показателя. Предлагаемые модели функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса позволяют получить количественные и качественные оценки состояния системы для оценки эффективности функционирования при оперативном и стратегическом планировании в условиях неопределенностей. Предложенный алгоритм управления позволяет обеспечить повышение эффективности обоснования управляющих решений при оперативном и стратегическом планировании в условиях неопределенностей состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса Кемеровской области.

Ключевые слова: автодорожный комплекс, индикаторы, функционирование и распределение ресурсов, сценарии, модели, алгоритм.

Specific features of functioning of a modern road and transport infrastructure on the example of Kemerovo region are determined. As a tool for justifying management decisions and the formation of projects for short-term periods, a set of indicators of functioning and resources allocation of the road and transport infrastructure was proposed. Taking into account the situation in Kemerovo region, three types of scenarios for the development of projects in the road and transport infrastructure are considered, depending on the investment potential: optimistic, mild and pessimistic. To eliminate uncertainties in the planning of functioning and resources allocation of road and transport infrastructure at the strategic level, the model for the problem of functioning and resources allocation in the road and transport infrastructure within the fuzzy-set theory was formulated. The modeling of scenarios based on the developed fuzzy model of functioning and resources allocation in the road and transport infrastructure

at a qualitative level was performed. An algorithm has been developed for managing the state of the resource distribution system of the road complex, based on a complex indicator. The proposed models for the functioning and resources allocation in the road and transport infrastructure made it possible to obtain quantitative and qualitative assessments of the system condition for assessing the effectiveness of functioning in operational and strategic planning in the conditions of uncertainty. The proposed control algorithm makes it possible to ensure an increase in the effectiveness of the substantiation of management decisions in operational and strategic planning under conditions of uncertainties in the state of the resource allocation system of the road complex in the Kemerovo Region.

Keywords: road complex, indicators, functioning and distribution of resources, scenarios, models, algorithm.

Автомобильный транспорт является вторым по значимости (после железнодорожного) видом транспорта для обеспечения стабильной работы предприятий Кемеровской области. На долю автомобильного транспорта в 2018 году приходилось около 13 % общего объема перевезенных в области грузов. Протяженность автомобильных дорог Кемеровской области на 31 декабря 2018 году составила 20300,2 км, в том числе дорог федерального значения – 454,4 км, регионального или межмуниципального значения – 5512,4 км и 14333,4 км местного значения [1].

Состояние автодорожного комплекса не в полной мере отвечает современным требованиям региональной экономики, социально-экономическое развитие существенно сдерживается состоянием и уровнем развития автомобильных дорог. Более 66,36 % дорог регионального или межмуниципального значения Кемеровской области не соответствуют нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям [1].

Одной из причин, существующего положения в автодорожном комплексе, является то, что функционирование системы распределение ресурсов осуществляется в условиях неопределенностей [2, 3], основными источниками которых являются:

- нерегулярность процессов во внешней среде (неравномерность объемов перевозок, вызванная падением и ростом потребности потребителей и т. д.), и во внутренней среде автодорожного комплекса (нарушение графика выполнения технологического процесса, вызванная статистической неопределенностью продолжительности отдельных технологических операций;
- неполнота или отсутствие информации, её неточность и недостоверность о состоянии внешней среды и протекающих внутренних процессах;
- нарушение графика выделения инвестиций;
- наличие большого числа случайных факторов и процессов транспортного производства (погодные условия, выход из строя элементов автодорожного комплекса т. д.).

Как инструментарий обоснования управляющих решений и формирования проектов на краткосрочные периоды предлагается следующий набор индикаторов функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса [4]:

- инфраструктурный индикатор Ind_1 , характеризующий протяженность участков транспортных коммуникаций, на которых имеются ограничения пропускной и провозной способности из-за несоответствия нормативным требованиям;
- индикатор транспортной работы Ind_2 , характеризует объем перевозок следующий по резервным маршрутам вследствие неудовлетворения нормативным требованиям автомобильных дорог, по которым проложены основные маршруты, транспортно-эксплуатационным показателям;
- эксплуатационный индикатор Ind_3 , характеризующий величину отправок, доставленных автомобильным транспортом в сроки, превышающие нормативный (договорной) срок;
- социальный индикатор Ind_4 , характеризует величину дополнительного времени нахождения населения в пути из-за несоответствия автомобильных дорог нормативным требованиям;
- экономический индикатор Ind_5 , характеризует эффективность инвестиций, направленных в систему автодорожного комплекса, в качестве индикатора предлагается использовать чистый дисконтированный доход (NPV).

Для разработки проектов в автодорожном комплексе используется сценарный подход, который обусловлен уровнем возможного финансирования. В этой связи рассматриваются сценарии трех типов (оптимистичный, умеренный и пессимистичный) для условий Кемеровской области в зависимости от инвестиционного потенциала. Результаты моделирования представлены на рис. 1, период составляет 15 лет (с 2020 г. по 2035 г.) в соответствии со Стратегией социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 г. [1]. В сценариях учитываются участки регионального или межмуниципального значения, на которых имеются ограничения пропускной и провозной способности из-за несоответствия нормативным требованиям на начало реализации сценариев протяженность составляет 3658,03 км. Согласно оптимистическому сценарию протяженность дорог регионального или межмуниципального значения Кемеровской области не соответствующая нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям должна сократиться до 2756,20 км или до 50 % (рис. 1).

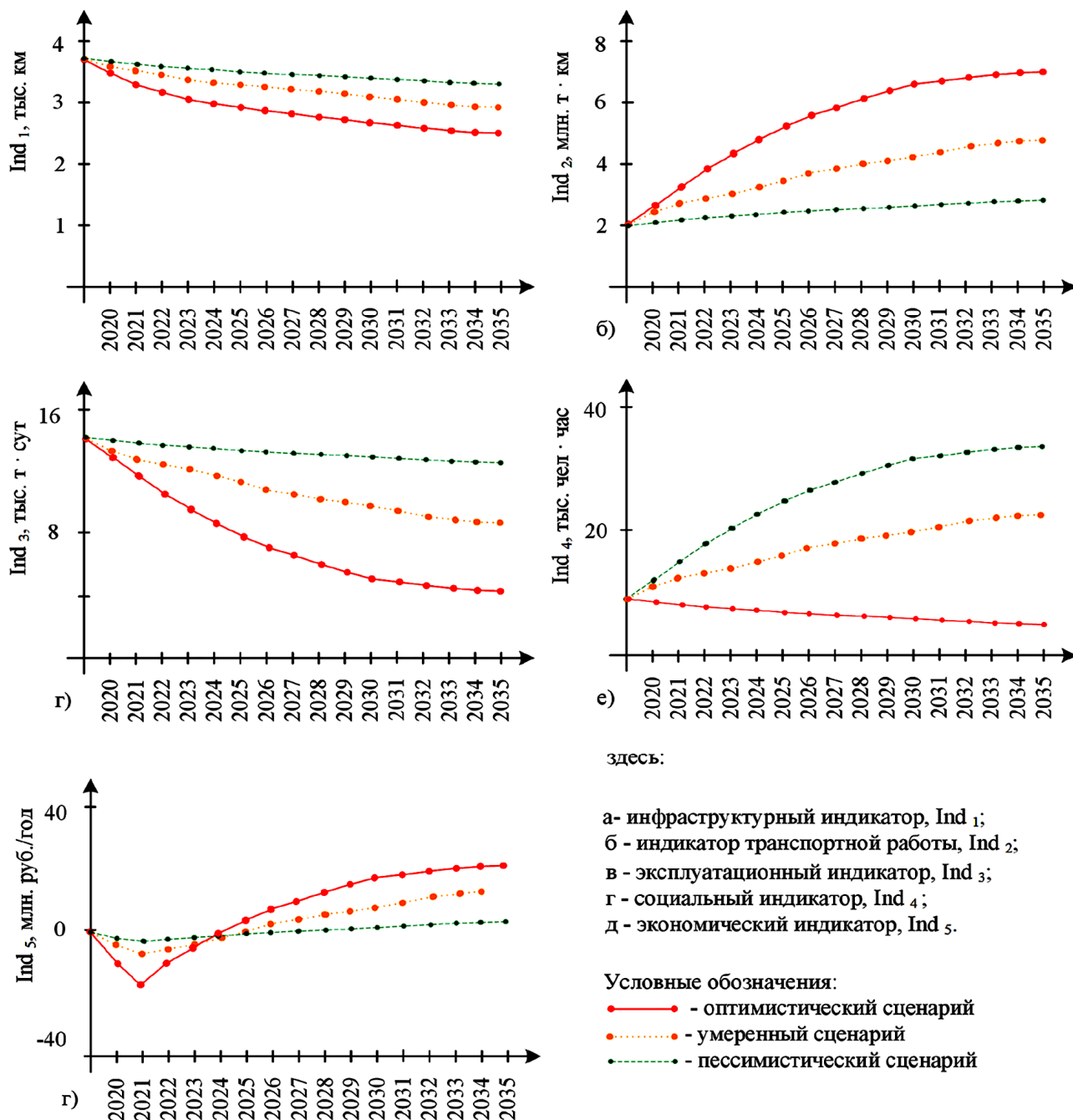


Рис. 1. Прогнозные оценки индикаторов функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса – индикатор Ind_1 , Ind_2 , Ind_3 , Ind_4 , Ind_5 (на количественном уровне)

Характерные особенности разработанных сценариев, следующие [5]:

– оптимистический сценарий предполагает высокий уровень инвестиций, соответствие темпов производства работ по строительству и текущему содержанию объектов автодорожного хозяйства уровню автомобилизации и плановым объемам перевозок, продолжительность нарушения сроков доставки грузов зависит только от протяженности резервных маршрутов, пользование которыми предусмотрено в период производства работ;

– в умеренном сценарии уровень инвестиций составляет 50 % от необходимого, темпы производства работ по строительству и текущему содержанию объектов автодорожного хозяйства сопоставимы (или незначительно опережают темп их износа), продолжительность нарушения сроков доставки грузов обусловлена не только протяженностью резервных маршрутов, пользование которыми предусмотрено в период производства работ, но и наличием участков транспортных коммуникаций, на которых имеются ограничения пропускной и провозной способности из-за несоответствия нормативным требованиям;

– по пессимистическому сценарию уровень инвестиций составляет 25 % от необходимого, темпы производства работ по строительству и текущему содержанию объектов автодорожного хозяйства сопоставимы (или незначительно уступают темпу их износа), продолжительность нарушения сроков доставки грузов обусловлена не только протяженностью резервных маршрутов, пользование которыми предусмотрено в период производства работ, но и наличием участков транспортных коммуникаций, на которых имеются ограничения пропускной и провозной способности из-за несоответствия нормативным требованиям.

В связи с тем, что особенностью функционирования элементов системы распределения ресурсов автодорожного комплекса является наличие большого множества переменных, структурируемых лицом, принимающим решения, неполнота исходных количественных данных, необходимость учета факторов внешней среды, наличие многокритериальных целевых установок, а также, большой объем входной информации, представленной в виде мнений и оценок экспертов [6]. Согласно экспертным оценкам существенно увеличивается погрешность количественных моделей [7], поэтому для разработки соответствующих математических моделей при планировании функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса на стратегическом уровне используется метод нечетких множеств [8].

Преимущества методов нечетких множеств для решения стратегических задач, в автодорожном комплексе следующие (в соответствии с [8]):

– возможность оперировать с количественными и качественными показателями и осуществлять моделирование зависимостей между ними в условиях неопределенности;

– возможность осуществлять многокритериальную оценку нечетких множеств, при этом неограниченном количестве критериев;

– возможность дать оценку, используя несколько типов шкал;

– возможность оперировать с изменяющимся набором данных и экспертных оценок.

Таким образом, применение нечетких моделей функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса позволит решить следующие задачи:

1. Определение множества критериев, ограничений, факторов, детализирующих оценку состояния системы.

2. Формирование суждений о взаимосвязях и взаимозависимостях факторов и ограничений.

3. Выбор факторов среды (сочетаний факторов), имеющих наибольшее значение для моделирования состояния системы планирования функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса.

Сформулируем модель задачи функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса с позиции теории нечетких множеств [5]:

$$SSRR = \langle T, R \mid M, A, P, E, I, O, F(x), B, X_p, X_c, K \rangle, \quad (1)$$

где $SSRR$ – состояние системы распределения ресурсов автодорожного комплекса; T – период времени на который производится расчет состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса; R – ресурсы, необходимые для функционирования системы автодорожного комплекса; $M = \{M_1, M_2, \dots, M_i\}$ – множество формализованных описаний материальных ресурсов, являющихся необходимым фактором для функционирования системы автодорожного комплекса; $A = \{A_1, A_2, \dots, A_j\}$ – множество состояний (желательных, планируемых, требуемых) системы планирования функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса; $P = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$ – множество формализованных описаний человеческих ресурсов, являющихся необходимым фактором для функционирования системы автодорожного комплекса; $E = \{E_1, E_2, \dots, E_j\}$ – множество формализованных описаний экономических ресурсов, являющихся необходимым фактором для функционирования системы автодорожного комплекса; $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ – множество формализованных описаний инфраструктурных ресурсов, являющихся необходимым фактором для функционирования системы автодорожного комплекса; $O = \{O_1, O_2, \dots, O_R\}$ – множество формализованных описаний организационно-управленческих ресурсов, являющихся необходимым фактором для функционирования системы автодорожного комплекса; $F(x)$ – функция, характеризующая важность сочетания ресурсов для достижения планируемого состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса; $B = \{B_1, B_2, \dots, B_x\}$ – множество ограничений, которые должны быть учтены для при разработке альтернативных траекторий достижения планируемого состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса; $X_c = \{X_{c1}, X_{c2}, \dots, X_{cd}\}$ – множество фактических оценок значимости анализируемых факторов (их влияния на функционирования автодорожного комплекса); $X_d = \{X_{d1}, X_{d2}, \dots, X_{dc}\}$ – множество оценок значимости сочетаний факторов среды с точки зрения важности и целесообразности учета их влияния на возможность достижения планируемого состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса; K – критерий выбора множества предпочтительных факторов и их сочетаний для учета в разработке альтернативных траекторий достижения планируемого состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса.

Предложенная модель может применяться для решения следующих актуальных задач:

1. Для множества факторов системы функционирования и распределения автодорожного комплекса, являющихся необходимым фактором для функционирования системы автодорожного комплекса, уточняющих состояние системы распределения ресурсов автодорожного комплекса – $SSRR$, на основании информации о желательных, планируемых, требуемых состояниях системы планирования функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса $A = \{A_1, A_2, \dots, A_j\}$ и существующих ограничениях $B = \{B_1, B_2, \dots, B_x\}$ оценить значения множеств $M = \{M_1, M_2, \dots, M_i\}$, $P = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$, $E = \{E_1, E_2, \dots, E_j\}$, $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$, $O = \{O_1, O_2, \dots, O_R\}$ с точки зрения значимости и целесообразности их учета.

2. На основании имеющейся информации о факторах системы функционирования и распределения автодорожного комплекса установить взаимосвязи факторов и их сочетания для достижения желательного, планируемого, требуемого состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса $X_c = \{X_{c1}, X_{c2}, \dots, X_{cd}\}$ на основе функции, характеризующей важность сочетания ресурсов для достижения планируемого состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса – $F(x)$.

3. В соответствии с критерием выбора множества предпочтительных факторов и их сочетаний – K осуществить выбор факторов $X_c = \{X_{c1}, X_{c2}, \dots, X_{cd}\}$ и их сочетаний $X_d = \{X_{d1}, X_{d2}, \dots, X_{dc}\}$ для достижения желательного, планируемого, требуемого состояния системы распределения ресурсов автодорожного комплекса.

Результаты моделирования разработанных сценариев на основе предложенной нечеткой модели функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса представлены на рис. 2.

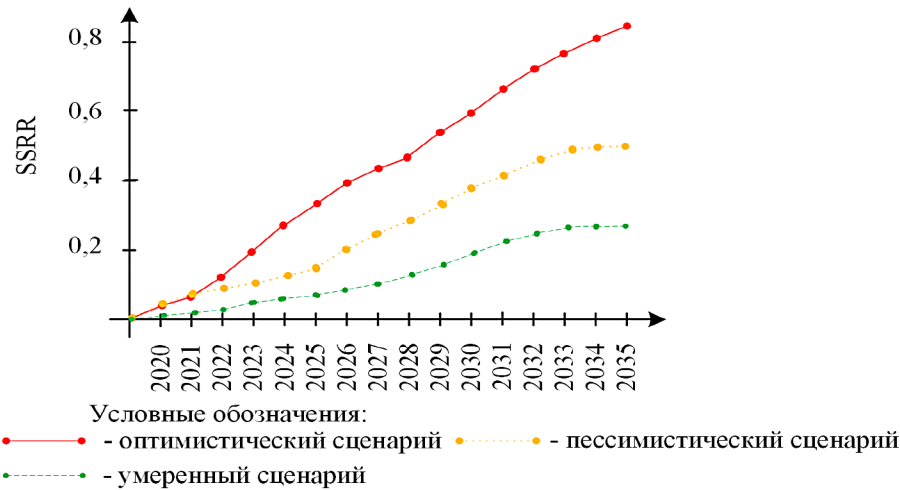


Рис. 2. Прогнозные оценки состояние системы распределения ресурсов автодорожного комплекса (на качественном уровне)

При реализации сценариев производится выявление отклонений от планируемого состояния и дается комплексная оценка системы распределения ресурсов автодорожного комплекса. Алгоритм оценки и корректировки состояния системы распределения ресурсов в автодорожном комплексе состоит из десяти этапов (рис. 3).

Как инструмент оценки эффективности реализации сценариев функционирования и распределения ресурсов в автодорожном комплексе предлагается комплексный показатель. Он позволит производить оценивание количественных и качественных показателей состояния системы. Расчет производится в три этапа. На первом этапе производится выбор частных интегральных показателей. На втором вследствие того, что интегральные показатели имеют различные единицы измерения, они приводятся в сопоставимый вид. На третьем этапе производится агрегирование интегральных показателей. Комплексный показатель определяется по следующей формуле [9]:

$$K = \frac{I_t}{I_{\text{норм}}}, \quad (2)$$

где I_t – интегральный показатель реализации сценария функционирования системы распределения ресурсов в автодорожном комплексе отчетного периода; $I_{\text{норм}}$ – планируемый (эталонный) интегральный показатель реализации сценария функционирования системы распределения ресурсов в автодорожном комплексе.

В общем случае интегральный показатель определяется по формуле [9]:

$$I_t = \sum_{i=1}^n W_i \cdot I_i, \quad (3)$$

где I_i – частные показатели системы функционирования и распределения ресурсов в автодорожном комплексе общим числом n ; W_i – весовой коэффициент интегрального показателя, причем $\sum_{i=1}^n W_i = 1$.

Полученные значения комплексного показателя K предлагается интерпретировать следующим образом: если $K \in [0,75; 1]$ сценарий считается реализованным, при $K \in [0,5; 0,75]$ сценария считается частично реализованным, при $K \in [0; 0,5]$ реализация сценария признается неэффективной. В первом случае коррекции выполнения сценария не требуется, в во втором и третьем необходимо осуществить выработку управляющих решений для приведения показателей реализации сценария к запланированным значениям.

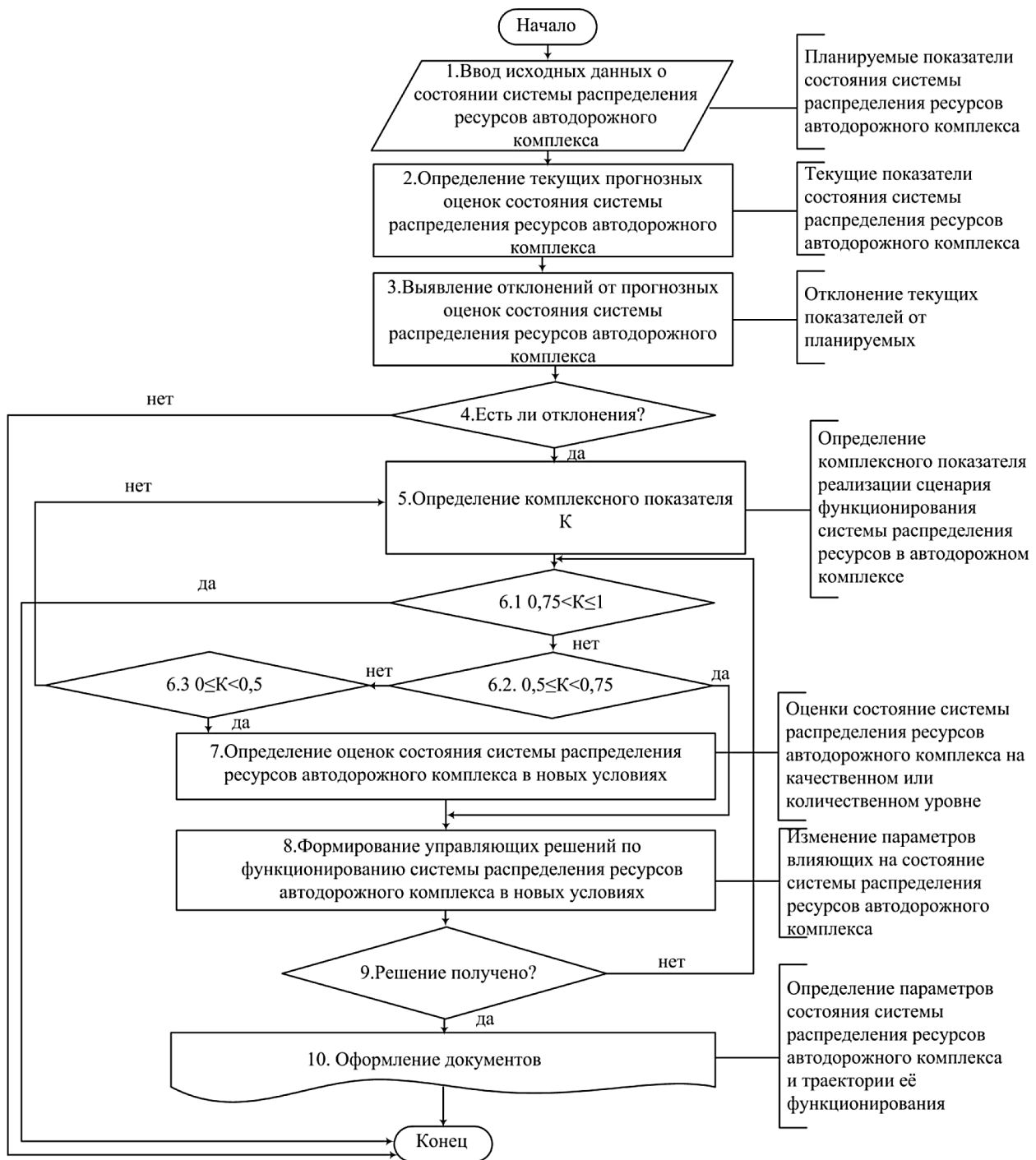


Рис. 3. Алгоритм оценки и корректировки состояния системы распределения ресурсов в автодорожном комплексе

Эффективность применения разработанного алгоритма заключается в возможности приведения текущих показателей к запланированным значениям реализации сценария за счет гибких изменений, как самого процесса реализации сценариев, так и изменения самих сценариев.

Вывод. Предлагаемые индикаторы позволяют получить оценки состояния системы и обосновать управляющие решения при оперативном и стратегическом планировании развития системы функционирования и распределения ресурсов в автодорожном комплексе. Разработанные сценарии позволят обеспечить его поэтапную структурную модернизацию с учетом уровня инвестиционных возможностей. Предложенный алгоритм оценки и корректировки состояния системы распределения ресурсов обеспечивает эффективную реализацию стратегии развития

автотранспортного комплекса на базе качественных и количественных показателей, позволяющих интегрировать различные показатели его участников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Кемеровской области «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года» № 12-ОЗ от 26 декабря 2018 г. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/550305101>
2. Кузьмин, Е.А. Неопределенность и определенность в управлении организационно-экономическими системами / Е.А. Кузьмин. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2012. 184 с.
3. Borch, K.H. The Economics of Uncertainty / K.H. Borch. Princeton University Press, 1968.
4. Buyvis, V.A. Mathematical models of functioning and allocation indicators of road-transport complex resources in the fuel and raw materials region / V.A. Buyvis, A.V. Novichikhin, M.V. Temlyantsev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 84. 012026. doi:10.1088/1755-1315/84/1/012026.
5. Буйвис, В.А. Функционирование и распределение ресурсов автотранспортного комплекса: индикаторы, модели и сценарии / В.А. Буйвис, А.В. Новичихин // Экономика и менеджмент систем управления. – 2018. – № 2.2 (28). – С. 296–303.
6. Скоробогатченко Д.А. Прогнозирование состояния сложных объектов автотранспортного комплекса на основе нечетких нейронных сетей / Д.А. Скоробогатченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – Волгоград, 2016. № 45 (64). С. 188–198.
7. Министерство экономического развития Российской Федерации. Рекомендации по реализации проектов государственно-частного партнерства. Лучшие практики. Москва. 2017 г. [Электронный ресурс] // <http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/privgovpartnerdev/support/20160829>
8. Zadeh, L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility/ L.A. Zadeh // Fuzzy Sets and Systems. 1978. V.1. №1. PP.3-28
9. Зилькарнаев И.У., Ильясова Л.Р. Метод расчета интегральной конкурентоспособности промышленных, торговых и финансовых предприятий // Маркетинг в России и за рубежом. 2004, №4. С. 17–27.

УДК 656.13.051/057

Алексей Александрович Власов,
канд. техн. наук, доцент
(Пензенский государственный
университет архитектуры и строительства)
E-mail: vlasov_a71@mail.ru

Vlasov Alexey Aleksandrovich,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Penza State University
of the Architecture and Building)
E-mail: vlasov_a71@mail.ru

МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

MODELS OF TRANSPORT FLOW IN THE MOTION CONTROL TASKS IN URBAN CONDITIONS

В статье рассмотрена проблема сетевого управления светофорными объектами в современных условиях городского движения. Приведены подходы к формированию сигнальных планов при магистральном управлении транспортными потоками. Подробно рассмотрена модель сетевого движения в форме циклических профилей потока, показаны проблемы ее использования в условиях насыщенного движения. Решения задач управления насыщенными транспортными потоками требует использование моделей баланса транспортного спроса, оперирующей количеством прибытий и убытий транспортных средств в пределах сети. Представлена постановка задачи поиска оптимального разбиения эффективной длительности цикла между фазами, обеспечивающая минимизацию последствий образования транспортных заторов. Использование описанных в работе моделей и подхода к формированию сигнального плана позволит сформировать оптимальный сигнальный план с сохранением работоспособности транспортной сети в условиях насыщенного движения.

Ключевые слова: транспортный поток, затор, светофорное регулирование, циклический профиль, баланс транспортного спроса.

The article deals with the problem of network management of traffic lights in modern conditions of urban traffic. The approaches to the formation of signal plans for the main traffic management are given. The model of network motion in the form of cyclic flow profiles is considered in detail, the problems of its use in conditions of saturated motion are shown. Solving the problems of management of saturated traffic flows requires the use of models of transport balance, operating the number of arrivals and departures of vehicles within the network. The formulation of the problem of finding the optimal partition of the effective cycle time between the phases, ensuring the minimization of the consequences of the formation of traffic congestion is presented. The use of the models described in the work and the approach to the formation of the signal plan will allow to form an optimal signal plan with the preservation of the transport network in conditions of heavy traffic.

Keywords: traffic flow, congestion, traffic light regulation, cyclic profile, balance of transport demand.

Введение. Развитие интеллектуальных транспортных систем позволило существенно расширить возможности по управлению транспортными потоками. К традиционным способам управления добавились методы, позволяющие формировать транспортный спрос путем предоставления соответствующей информации. Управление поведением участников движения посредством информационного воздействия получило название косвенного управления и в настоящее время активно развивается.

Несмотря на активное развитие методов косвенного управления, остается актуальным совершенствование методов традиционного (директивного) управления транспортными потоками, основанного на светофорном регулировании.

Воздействие светофорного регулирования на транспортный поток представляет собой многомерный вектор, именуемый сигнальным планом и включающем следующие компоненты:

- длительность цикла (Cycle) регулирования, в течение которого происходит смена всех разрешенных тактов;
- разбиение (Split) эффективной длительности цикла между фазами;
- временные сдвиги (Offset) включения фаз на соседних перекрестках, влияющие на возможность безостановочного движения транспортных средств по сети;
- последовательность фаз в цикле, обуславливающая очередность движения на перекрестке.

При внешней простоте структуры управляющих воздействий с помощью светофорной сигнализации возможно решение различных задач пропускания транспорта по улично-дорожной сети. К таким задачам можно отнести координированное управление светофорными объектами, приоритетный пропуск транспорта общего пользования и VIP-автомобилей, нормирование объемов движения в сети с целью предотвращения транспортных заторов. Для решения перечисленных задач необходимо развитое математическое обеспечение и обоснованный набор моделей транспортного потока.

Модель сетевого движения транспортных средств. Основным инструментом по управлению транспортными потоками в автоматизированных системах управления дорожным движением является координация работы светофорных объектов. Основой для создания методов координированного управления послужили исследования эффекта распада групп автомобилей при их движении от стоп-линии [1] и полученные по ее результатам выводы:

- детерминированная составляющая задержки зависит от запаздывания включения разрешающего сигнала светофора, расположенного в начале транспортной связи (эффект смещения);
- минимальная задержка, наблюдаемая при оптимальном смещении, существенно увеличивается с увеличением расстояния между пересечениями;
- смещение, не влияет на задержку, вызванную перенасыщением.

На основе указанных исследований были разработаны методы координированного управления светофорными объектами в городских транспортных сетях. При формировании сигнального плана используются два подхода. Первый использует метод максимизации прогрессии (в отечественной литературе именуемой лентой времени безостановочного движения) предложенный J. Little, M. D. Kelson и N. H. Gartner [2]. Второй подход основан на минимизации индекса потерь DI :

$$DI = \sum_{i=1}^n \{ (w_{d_i} d_i + w_{S_i} S_i) + QP \} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где d_i – задержка на связи i ; S_i – количество остановок на связи i (и так же для связи $i-1$); w_{d_i} , w_{S_i} – весовые факторы задержки и остановки на связи i ; QP – штраф за переполнение транспортной связи при заторе.

Метод максимизации прогрессии применим в первую очередь для магистральных улиц, для которых характерно линейное расположение объектов, то второй позволяет формировать сигнальный план для сетей произвольной конфигурации.

Для определения задержки транспортных средств, как правило, используется аддитивная модель [3]:

$$d = a_1 PF + d_2 = d_3, \quad (2)$$

где d_1 – постоянная составляющая задержки (uniform delay), с/авт; PF – фактор прогрессии; d_2 – случайная задержка (incremental delay), с/авт.; d_3 – задержка перенасыщения (initial queue delay).

Для определения суммы постоянной составляющей и задержки перенасыщения используется модель представления транспортного потока в форме циклических профилей. Циклический профиль фактически представляет собой гистограмму мгновенных интенсивностей дви-

жения за анализируемый период. Данная модель предложена в работах [99, 108] и используется в программе TRANSYT.

Рассмотрим данную модель подробнее. В ее основе лежит механизм преобразования профилей транспортных потоков при движении по элементам транспортной сети.

Профиль потока насыщения, или GO -профиль, представляет собой профиль, который проезжал бы через стоп-линию при насыщенном разрешающем сигнале. Фактически GO -профиль представляет собой профиль потока насыщения на регулируемом пересечении.

$$GO_t = \begin{cases} 0, & \text{при } u(t) = 0 \\ S \text{ при } u(t) = 1 \end{cases}, \quad (3)$$

где S – величина потока насыщения на данной группе полос; $u(t)$ – бинарная функция управления, принимающая значение «1» при включенном разрешающем сигнале и «0» при запрещающем.

OUT -профиль (профиль исходящего потока) – это профиль потока, фактически проезжающего стоп-линию. При наличии очереди OUT -профиль равен GO – профилю, после разъезда очереди на оставшееся время эффективного разрешающего сигнала OUT -профиль равен IN -профилю:

$$OUT_t = \begin{cases} 0, & \text{если } u(t) = 0 \\ GO_t, & \text{если } u(t) = 1 \text{ и } m_t > 0, \\ IN_t, & \text{если } u(t) = 1 \text{ и } m_t = 0 \end{cases}, \quad (4)$$

где m_t – количество автомобилей в очереди.

На каждой связи сети происходит преобразование OUT -профиля в соответствующий IN -профиль следующим рекуррентным уравнением:

$$v_{(t+\beta T)} = F \cdot v_t + (1-F) \cdot v_{(t+\beta T-1)}, \quad (5)$$

где $v_{(t+\beta T)}$ – предсказанная интенсивность в интервале времени $t + \beta T$ предсказанной группы; v_t – интенсивность начальной группы во время шага t ; β – эмпирический фактор, в общем случае равный 0.8; T – время прохождения маршрута на связи, в шагах; F – фактор сглаживания.

Уравнение (6) воспроизводит не только дисперсию группы автомобилей, но и решает задачу имитацию ее движения по связи.

Задержка (соответственно без учета случайной составляющей) определяется профилем очереди, которая в свою очередь следующей итерационной зависимостью:

$$m_t = \max \{ (m_{t-1} + q_t - s_t), 0 \}, \quad (6)$$

где m_t – число автомобилей в очереди в интервале времени t на данной связи; q_t – число автомобилей, прибывающих за интервал t согласно IN -профилю; s_t – число автомобилей отъезжающих за интервал t , согласно GO -профилю.

В тех случаях, когда пропуск левоповоротных потоков производится с конфликтом (permitted moving vehicles) для формирования GO -профиля необходимо решить задачу описания просачивания левоповоротных потоков (рис. 1).

Наиболее адекватные значения для потока просачивающихся автомобилей были получены в модели FHWA/TRC. Она изначально разрабатывалась для моделирования нерегулируемых пересечений совместно Федеральным Дорожным Агентством США (Federal Highway Administration – FHWA) и университетом Флориды (University of Florida Transportation Research Center – TRC). На основе натурных исследований получена регрессионная модель следующего вида:

$$MFR(t) = A \cdot \exp(-B \cdot v_o(t)^C), \quad (7)$$

где A , B и C – коэффициенты регрессии (таблица).

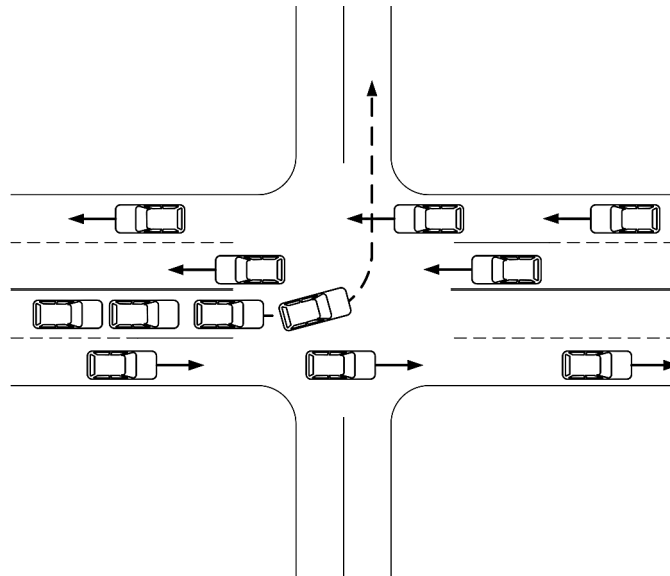


Рис. 1. Просачивание левоповоротных потоков

Коэффициенты регрессии

Количество полос движения	Скорость, км/ч	Коэффициенты		
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
1	<64	1227	0,0244	0,71
	>64	1227	0,0244	0,71
2 и более	<64	1436	$6,60 \times 10^{-4}$	1,22
	>64	1649	0,0101	0,83

Основным назначением модели циклических профилей состоит в определении временных сдвигов (Offset) включения фаз на соседних перекрестках. Использование данной модели для формирования сигнального плана в условиях насыщенного движения носит ограниченный характер. Наличие в целевой функции (1) штрафа за блокирование связи образующейся очередью позволяет адекватно формировать сигнальный план только на начальной стадии формирования насыщенного движения, когда количество потенциально блокируемых связей незначительно. При росте их количества происходит фатальное снижение чувствительности функции (1) к сдвигу за счет доминирования штрафов. Решением данной проблемы является разделение задач формирования сигнального плана между различными моделями.

Модель баланса транспортного спроса. Основной задачей управления в условиях насыщенного движения является по возможности предотвращение возникновения транспортных заторов, а при возникновении – минимизация их последствий. Естественный путь решения задачи предотвращения заторов состоит в устранении причин, вызвавших перегрузку в узком месте сети (если только такими причинами не являлись дорожно-транспортные происшествия или какое-либо специальное мероприятие массового характера). Поскольку управляющая система не в состоянии увеличить пропускную способность соответствующего перекрестка, единственным путем снижения риска возникновения заторов является своевременное ограничение количества транспорта, прибывающего в опасное сечение сети [4, 5].

Рассмотрим процесс формирования транспортных потоков в пределах отдельного пересечения (рис. 2), где происходит преобразование входящих q_a^{arriv} транспортных потоков в исхо-

дящие $q_b^{leaving}$. Каждый из входящих потоков q_a^{arriv} в пределах перекрестка делится на m потоков следующим образом:

$$q_a^{arriv} = \sum \beta_{a,b} q_a^{arriv}; \quad (8)$$

где $\beta_{a,b}$ – доля входящего потока q_a^{arriv} , движущегося со связи a на связь b , $\sum \beta_{a,b} = 1.0$; a – множество связей, входящих в перекресток, $a \in J$; b – множество связей, исходящих из перекрестка, $b \in J$; J – множество транспортных связей области управления.

Интенсивность движения на исходящей с перекрестка связи b будем определять как сумму поворотных потоков на указанную связь:

$$q_b^{leaving} = \sum_a \beta_{a,b} q_a^{arriv}. \quad (9)$$

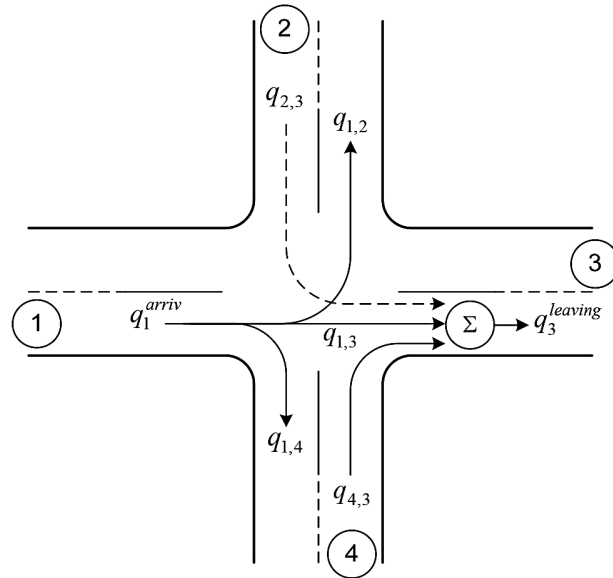


Рис. 2. Формирование транспортных потоков на пересечении

Активное воздействие сигналов светофоров накладывает ограничения на количество проезжающих через перекресток автомобилей.

Интенсивность исходящих потоков в зависимости от длительности разрешающих сигналов будет определяться формулой:

$$q_b^{leaving} = \sum_a \min \left(\beta_{a,b} q_a^{arriv}, \frac{c_a \cdot g_{n,a}}{T_n} \right), \quad (10)$$

где c_a – поток насыщения связи a ; $g_{n,a}$ – длительность разрешающего сигнала на связи a пересечения $n \in N$; T_n – длительность светофорного цикла на пересечении n .

Рассмотрим формирование транспортных потоков в сети на примере участка, включающего два смежных перекрестка (рис. 3).

Однозначно интенсивность движения определена на внешних для рассматриваемой сети связях $\{1, 2, 4, 5, 7\}$. На внутренней и исходящей связи $\{3, 6\}$ интенсивности движения зависят от режимов работы светофорных объектов. Причем, если для определения интенсивности движения на связи 3 известны все входящие потоки, то для связи 6 вначале требуется определить неизвестную на момент начала расчета интенсивность q_3^{arriv} .

Таким образом, в условиях воздействия сигналов светофоров оценка интенсивности движения в сети не может быть выполнена одновременно на всех связях J . Для получения всех значений интенсивностей движения на связях сети необходимо выполнение следующей итерационной процедуры:

- 1) задаем кортеж M , определяющий интенсивность входящих потоков на связях j ;
- 2) задаем кортеж K , который будет включать связи транспортной сети, для которых определены все входящие потоки;
- 3) выполняем расчет входящих потоков для связей кортежа M по формуле (8);
- 4) связи, для которых определены все входящие потоки, перенесем в кортеж Q ;
- 5) выполняем расчет исходящих потоков по формуле (10);
- 6) если кортеж M не пуст, выполняем п. 3 – 5, иначе процедура завершается.

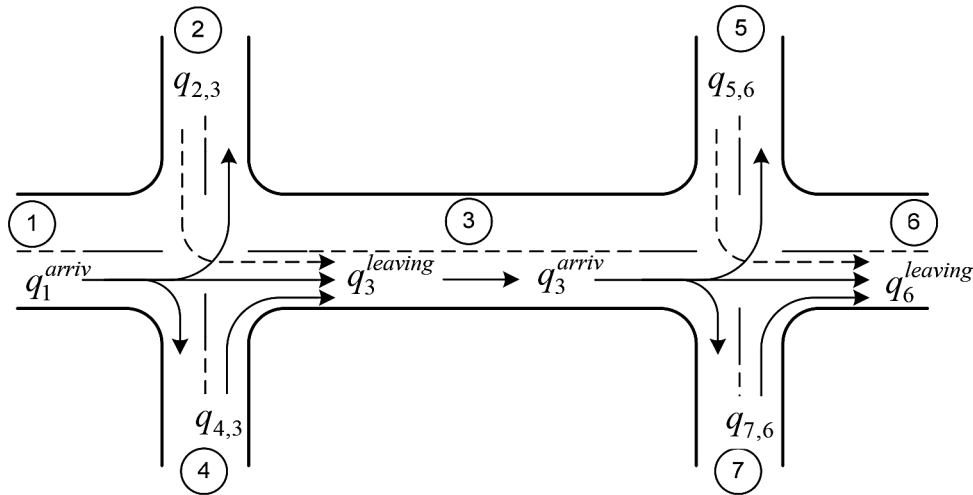


Рис. 3. Формирование потоков в транспортной сети

В результате выполнения процедуры получаем кортеж Q , в котором определены все входящие потоки связей J с учетом принятого управления g .

В общем случае, причиной образования транспортного затора является возникновение остаточной очереди на подходе u вследствие превышения количества вошедших в связь автомобилей $q_u^{leaving}$ числа ее покинувших q_u^{arriv} .

Представленная модель позволяет сформулировать задачу управления светофорными объектами как задачу максимизации пропускной способности сети:

$$\sum_j q_j^{arriv}(t + n \cdot k_s) \rightarrow \max; \quad (11)$$

при ограничениях:

$$q_{j^{pr}}^{leaving}(t + n \cdot k_s) - q_{j^{pr}}^{arriv}(t + n \cdot k_s) \leq 0; \quad (12)$$

$$g_{\min} \leq g(t + n \cdot k_s) \leq g_{\max}; \quad (13)$$

где $\sum_j q_j^{arriv}(t + n \cdot k_s)$ – суммарная интенсивность отъезда в районе управления, $j \in J$; $(t + n \cdot k_s)$ – управляющие воздействия (множество длительностей сигналов управления на светофорных объектах); $q_{j^{pr}}^{leaving}(t + n \cdot k_s)$ – интенсивность входящих в транспортную связь транспортных потоков; $q_{j^{pr}}^{arriv}(t + n \cdot k_s)$ – интенсивность исходящих с транспортной связи транспортных потоков; g_{\max} , g_{\min} – соответственно верхние и нижние ограничения на длительность сигналов управления.

Приведенная задача управления решается относительно разбиения (Split) эффективной длительности цикла между фазами при условии балансировки транспортного спроса и предложения в пределах области транспортной сети.

Заключение

Условия современного городского движения требуют декомпозиции задачи формирования сигнального плана как минимум на три подзадачи:

- определения длительности цикла регулирования в зоне действия управляющих воздействий;
- решения задачи разбиения эффективной длительности цикла между фазами с учетом баланса транспортного спроса;
- решение задачи поиска оптимального сдвига включения фаз.

Использование описанных в работе моделей позволит сформировать оптимальный сигнальный план с сохранением работоспособности транспортной сети в условиях насыщенного движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hillier, J. A. and Rothery R. The Synchronization of Traffic Signals for Minimum Delays. *Transportation Science*, 1(2), pp. 81-94.
2. Little, J., Kelson M. D., and Gartner N. H. MAXBAND: A Program for Setting Signals on Arteries and Triangular Networks. In *Transportation Research Record 795*, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1981, pp. 40-46.
3. *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2010. ISBN 978-0-309-16077-3
4. Лагерев Р.Ю. Управление насыщенными регулируемые пересечениями / Лагерев Р.Ю., Зедгенизов А.В., Левашев А.Г. // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докладов десятой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: ресурс и возможности». СПбГАСУ. – 2012. – С. 148–154.
5. Орлов Н.А. Методика управления транспортными потоками с использованием прогнозирующей модели / Орлов Н.А., Власов А.А., Горелов А.М. // Сборник докладов десятой международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» // СПб гос. архит. – строит, ун-т. СПб.. 2012, С. 206–211.

УДК 656.025.2

Андрей Эдлович Горев,
д-р экон. наук, профессор
Ольга Валентиновна Попова,
канд. техн. наук, доцент
Даурен Толубайұлы Оспанов,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: a-gorev@mail.ru

Andrey Gorev,
Dr. of Ec. Sci., Professor
Olga Popova,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Dauren Ospanov,
postgraduate student
(Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: a-gorev@mail.ru

ПРИОРИТЕТ ГПТ В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ГОРОДА

PRIORITY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT IN THE CITY TRANSPORT SYSTEM

В статье рассмотрены принципы обеспечения приоритета городского пассажирского транспорта (ГПТ), которые включают: строгую иерархию маршрутной системы, интеграцию видов ГПТ, формирование коридоров приоритетного движения и выделение обособленной транспортной территории, обеспечение максимальной скорости и регулярности сообщения, соответствие режимов обслуживания маршрутной сети пропускной способности коридоров приоритетного движения. Дано определение коридора приоритетного движения ГПТ, рассмотрены условия и требования к его формированию на улично-дорожной сети. Дан анализ критериев образования такого коридора, приведены рекомендации по методам организации движения и разделению потоков автомобильного транспорта и ГПТ.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, коридор приоритетного движения, выделенная полоса, маршрутная сеть.

The article discusses the principles of ensuring the priority of urban passenger transport (UPT), which include: a strict hierarchy of the route system, the integration of types of UPT, the formation of priority traffic corridors and the allocation of a separate transport area, ensuring maximum speed and regularity of communication priority movement. The definition of the corridor of the priority traffic of UPT is given, the conditions and requirements for its formation on the street-road network are considered. The analysis of the criteria for the formation of such a corridor is given, recommendations are given on methods of organizing traffic and separating the flow of road transport and the UPT.

Keywords: urban passenger transport, priority traffic corridor, dedicated lane, route network.

Транспорт обеспечивает перемещения людей, товаров и услуг, движение в городе вкладывает «жизнь» в его инфраструктуру. С другой стороны, развитие транспортного сектора ведет к росту численности транспортных средств и, как следствие, сопутствующим проблемам, связанным с перегруженностью улично-дорожной сети, дорожно-транспортными происшествиями, загрязнением окружающей среды. Эти проблемы в транспортных системах городов могут быть решены существенным повышением роли массового транспорта общего пользования, качества его работы. В условиях появления новых сервисов для обеспечения мобильности, таких как carsharing, carpooling или ridesharing и т.п. пользователь предъявляет к массовому транспорту общего пользования повышенные требования к продолжительности поездки и точности соблюдения графика движения. Выполнить эти требования можно за счет комплексного подхода к обеспечению приоритета ГПТ и применения специальных методов организации движения в коридорах приоритетного движения общественного транспорта.

Комплексный подход к обеспечению приоритета ГПТ в транспортной системе города заключается в выполнении следующих мероприятий:

- строгая иерархия маршрутной системы;
- интеграция видов ГПТ;
- формирование коридоров приоритетного движения и выделение обособленной транспортной территории;
- обеспечение максимальной скорости и регулярности сообщения;
- соответствие режимов обслуживания маршрутной сети пропускной способности коридоров приоритетного движения.

Построение иерархии маршрутной системы агломерации рассмотрим на примере Санкт-Петербурга.

В современных градостроительных условиях Санкт-Петербурга при интенсивном росте населения на внешнем кольце агломерации и ограниченных ресурсах на развитие транспортной системы целью развития ГПТ является обеспечение требуемого уровня мобильности населения при заданных параметрах качества обслуживания в условиях расширения зоны расселения, повышения уровня автомобилизации и сохранения существующего уровня плотности УДС.

Система ГПТ будет сохранять два уровня: скоростная и подвозящая системы (рис. 1).

Скоростная система интегрирует рельсовые виды транспорта в единую систему скоростного транспорта путем единого тарифа и создание системы ТПУ и в свою очередь включает три специализированные подсистемы:

Городской железнодорожный транспорт (ГЖД) создается на базе пригородного ж.д. сообщения. В системе скоростного транспорта это наиболее скоростная и высокопроизводительная подсистема. Городской железнодорожный транспорт обеспечивает высокоскоростные транзитные перевозки в черте города и обслуживание пригородных зон на расстояниях примерно до 30 км от границы города. Соединение тупиковых направлений путем строительства тоннеля глубокого заложения позволит напрямую связать пригородные и периферийные районы с центром города и между собой минимальными по времени поездками и рассредоточить пересадочные потоки между пригородным и городским сообщениями. Таким образом, ГЖД становится основной транспортной связью города с периферийными районами и прилегающими районами Ленинградской области.



Рис. 1. Структура транспортной системы агломерации

Метрополитен обеспечивает скоростные перевозки в межрайонном сообщении на направлениях с высоким и стабильным пассажиропотоком оставаясь основным видом транспорта для внутригородских поездок.

Трамвай обеспечивает перевозки населения в трех сегментах:

- связи пригородных зон, в которых отсутствуют железнодорожные линии на расстояниях до 15 км от границы города с транспортно-пересадочными узлами (ТПУ) и центральными районами Санкт-Петербурга (эксплуатационная скорость не менее 30 км/ч, длина поезда до 72 м);
- дуговые межрайонные связи с высоким пассажиропотоком, связи станций метро различных линий (эксплуатационная скорость не менее 24 км/ч, длина поезда до 52 м);
- подвоз населения к станциям метро и узлам внешнего транспорта на направлениях с высоким пассажиропотоком (эксплуатационная скорость не менее 20 км/ч, длина поезда до 32 м).

Таким образом, на направлениях перевозки «город – область» появляется возможность максимально снизить использование автобусного транспорта, который из-за ограниченной пропускной способности «вылетных» магистралей простаивает в заторах и выделить для его движения отдельную полосу движения не представляется возможным.

Подвозящая система включает трамвай, автобусный и троллейбусный транспорт. Трамвай в подвозящей системе обеспечивает подвоз населения к станциям метро и узлам внешнего транспорта на направлениях с высоким пассажиропотоком. Автобус и троллейбус обеспечивают внутрирайонные связи и межрайонные связи на направлениях, на которых отсутствует рельсовый транспорт.

Главная задача интеграции видов ГПТ должна обеспечивать комфорт и минимизацию потерь времени пассажиров на пешие передвижения и ожидание транспорта при пересадке в мультимодальных поездках. С этой точки зрения идеальные условия обеспечиваются при построении ТПУ с вертикальными перемещениями пассажиров, схема которого приведена на рис. 2.

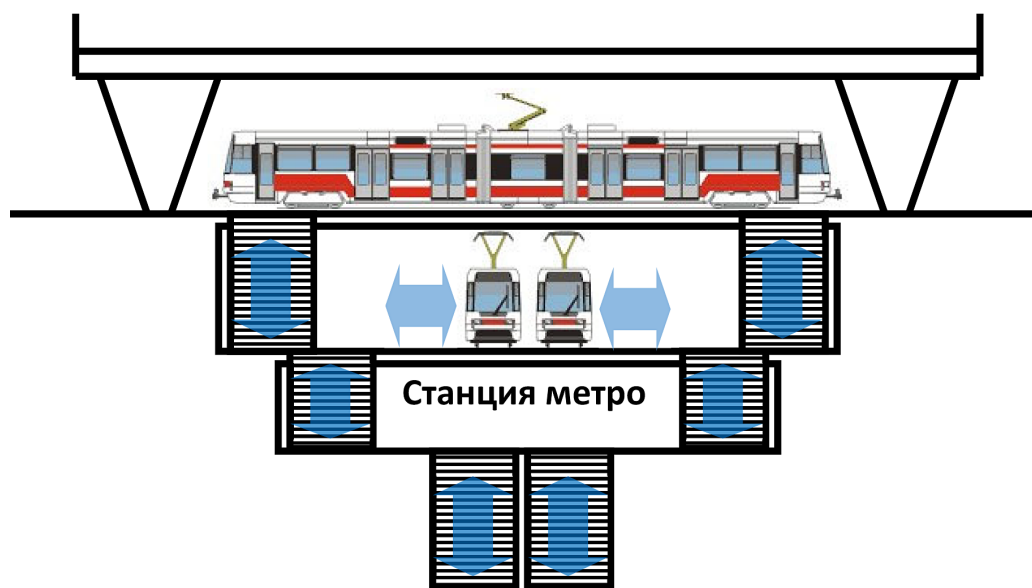


Рис. 2. Принципиальная схема организации вертикальных перемещений пассажиров в ТПУ

Основные принципы формирования коридоров приоритетного движения общественного транспорта включают следующие мероприятия:

- Определение коридоров движения ГПТ как взаимосвязанных участков УДС, обеспечивающие связь между основными центрами генерации и поглощения транспортного спроса, обслуживающих этот спрос маршрутов, на которых реализованы в различных сочетаниях планировочные, организационные и управленческие мероприятия по обеспечению заданной социальным стандартом транспортного обслуживания скорости и регулярности движения ГПТ.

– Оценка потоков ГПТ и автомобильного транспорта, их времени задержки в течении суток, объемов перевозки и возможностей концентрации маршрутов ГПТ в коридоре с учетом сохранения их доступности и альтернативных путей следования для автомобильного транспорта.

– Определение необходимости и целесообразности организации приоритетного движения маршрутного транспорта на элементах УДС исходя из градостроительных условий, технических возможностей и величины достигаемого снижения суммарных издержек всех пользователей УДС.

– Выполнение проекта организации движения и при необходимости реконструкции элементов УДС для обеспечения приоритета ГПТ.

– Расчет пропускной способности коридора движения ГПТ и при необходимости корректировка маршрутной сети, режимов ее обслуживания и используемых типов ПС.

– Определение режимов обслуживания предприятий, если это обслуживание осуществляется с полосы для движения маршрутных транспортных средств.

Для обеспечения повышения скорости и регулярности перевозок основное внимание может уделяться различным аспектам приоритета ГПТ. Так, в Москве основное внимание сосредоточено на организации выделенных полос (334 км, что составляет 10 % протяженности сети наземного ГПТ), оптимизации маршрутной сети и обновлению подвижного состава. В Мюнхене протяженность выделенных полос 22 км (5 % сети) и они организуются в основном на подъездах к перекресткам. Помимо этого светофорные объекты оборудованы средствами обеспечения приоритетного проезда, особое внимание уделяется соответствию пропускной способности остановочных пунктов частоте движения ГПТ, обновлению подвижного состава и мониторингу качества транспортного обслуживания.

В целом подтвержденный многочисленной практикой эффект от организации приоритета ГПТ это рост пассажиропотока и увеличение дохода от транспортного обслуживания населения и снижение количества подвижного состава и экономия затрат транспорта общего пользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горев А.Э., Попова О.В. Система методов и комплекс организации приоритетного движения маршрутного пассажирского транспорта // Сборник трудов 2-й Международной научно-практической конференции «Транспортное планирование и моделирование», 24-25 мая 2017 г., СПб, с. 83-95

2. Горев А.Э. Приоритет транспорта общего пользования в ИТС крупного города // Материалы V Международной научно-практической конференции «Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: Интеллектуальные транспортные системы и ситуационные центры», 27-28 февраля 2018 г. с. 108-117

3. Горев А.Э., Попова О.В. Развитие городского пассажирского транспорта // Транспорт Российской Федерации, № 2 (81), 2019. С. 16-18

4. Горев А.Э. Развитие городских транспортных систем крупных городов // Транспорт Российской Федерации, № 6 (67), 2016, с. 56-59.

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

5. Gorev A., Solodkij A. System Approach to Elimination of Traffic Jams in Large Cities in Russia. World Applied Sciences Journal 23 (8): 2013: p.1112-1117.

6. Popova, O., Gorev, A., & Shavyraa, C. (2018). Principles of modern route systems planning for urban passenger transport. Transportation Research Procedia (36): 2018: p. 603–609.

УДК 504.75

Елена Сергеевна Добрынина,
магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: dobrynzon@mail.ru

Elena Dobrynina,
master's degree student
(Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: dobrynzon@mail.ru

ЗНАЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

THE IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL MONITORING DURING THE DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION OF HIGHWAYS

Основные задачи, которые решает экологический мониторинг при проектировании, строительстве эксплуатации автомобильных дорог:

- анализ соответствия состояния дороги и окружающей среды природоохранным требованиям для обеспечения нормативной экологической обстановки;
- снижение степени неопределённости, обусловленной неточностью расчётных и прогнозных оценок при проектировании;
- решение спорных вопросов, связанных с влиянием дороги на экологические условия жилой застройки;
- пополнение базы данных по состоянию окружающей среды в районе прохождения дороги;
- фиксация нештатных происшествий, являющихся негативным воздействием на окружающую среду, с последующими предложениями по предотвращению негативных последствий.

Ключевые слова: мониторинг, негативное воздействие, дорога.

The main tasks that environmental monitoring solves in the design and construction of roads:

- analysis of compliance of the road and the environment with environmental requirements to ensure the regulatory environment;
- reducing the degree of uncertainty due to inaccuracy of estimates and projections in the design;
- resolution of controversial issues related to the impact of the road on the environmental conditions of residential development;
- updating the database on the state of the environment in the area of the road;
- fixing of non-standard incidents that have a negative impact on the environment, with subsequent proposals to prevent negative consequences.

Keywords: monitoring, negative impact, road.

Мониторинг окружающей среды автомобильных дорог – продолжительный и трудоёмкий этап как при строительстве, так и при проектировании. Систематические наблюдения за параметрами окружающей среды ведутся вблизи строящихся, а впоследствии и эксплуатируемых участков дороги. Контролируются параметры состояния воздуха, водных объектов, почвы, а также уровни шума. Важнейшей составляющей мониторинга стал контроль состояния здоровья населения на ближайших к автомобильным дорогам территориях.

Уровень воздействия дороги на близлежащую территорию зависит не только от интенсивности транспортных потоков, но и от природно-климатических условий. Биотехнологии позволяют решать ряд экологических проблем. Бионика основывается на использовании свойств живых организмов.

Рост автомобильного парка и строительство дорог ведут к ухудшению качества атмосферного воздуха. Диоксид азота – вещество, определяющее загрязнение атмосферного воздуха и характерно для выбросов автомобилей. Оценку загрязнений придорожной территории

можно производить с помощью специально посаженных биоиндикаторов. Учитывая высокую чувствительность некоторых растений к воздействию автотранспортного загрязнения, их можно использовать в качестве индикаторов его уровня на придорожной полосе.

Шум является основным негативным фактором воздействия. Для выявления шумового загрязнения проводится акустический мониторинг. Так, на открытом незастроенном пространстве распространение сверхнормативных уровней шума от автомагистрали в ночное время достигает 1 км. Ценной гигиенической особенностью зелёных насаждений является их способность снижать интенсивность шума. Для проведения этих природоохранных мероприятий необходимо наличие широкой полосы озеленения не менее 30 м, также подбор газо- и пылеустойчивых видов насаждений с густой кроной и осуществление многоуровневой посадки. Защита от шума более эффективна при использовании шумозащитных экранов.

Зелёные насаждения не только препятствуют распространению шума, газопылевых выбросов, но и осаждают взвесь, играя роль фильтров, регулируют кислотный баланс, создают оптимальный микроклимат территорий и лучше воспринимаются визуально.

В течение всего периода строительства и последующей эксплуатации мониторингу водных объектов уделяется значительное внимание. Акцент в исследованиях производится на нефтепродукты, взвешенные вещества и тяжёлые металлы. Для защиты от загрязнений водных объектов дороги оснащены большим количеством очистных сооружений и гидробиотическими прудами. Аварийные разливы, неблагоприятный исходный фон загрязнения, нарушение технологической дисциплины и несоблюдение природоохранных требований на строительных площадках – всё это нередко приводит к сверхнормативному загрязнению почв и грунтов. Одной из главных задач мониторинга является определение или подтверждение класса опасности грунтов, как отходов, так как в процессе дорожного строительства образуется большое количество грунтов, подлежащих вывозу на полигон твёрдых бытовых отходов. Биологический метод очистки воды основан на способности микроорганизмов использовать в качестве ростовых субстратов различные соединения, входящие в состав загрязнённых вод. С помощью данного метода из стоков удаляется широкий спектр органических и неорганических веществ. Трансформация химических соединений в почвенной среде определяется комплексом физических, химических и биологических факторов. Деградация ксенобиотиков может происходить в результате физических и химических процессов и существенно зависит от типа почвы, её структуры, влажности, температуры и т. д. Природные генетические механизмы обмена информации позволяют получать эффективные штаммы, так называемые деструкторы ксенобиотиков. Такая биологическая очистка почв и водоёмов называется биоремедиацией.

Для активного внедрения экологического мониторинга необходимо отрегулировать ряд обстоятельств нормативно-методического плана. Ввести методические рекомендации по проведению производственного экологического контроля, стандарты, обеспечивающие единообразие условий контроля, номенклатуры контролируемых параметров, порядка обработки и интерпретации потока данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологический мониторинг: учебник для академического бакалавриата / Е. А. Севрюкова; под общей редакцией В. И. Каракеяна. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 397 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.
2. Латышенко К. П. Экологический мониторинг: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 375 с. – Серия: Бакалавр. Прикладной курс.
3. Экология: Учебное пособие / [М. Н. Корсак, С. А. Мошаров, А. П. Пестряков и др.]; – 3-е изд., испр. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 240 с.
4. Чудновский С. М. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений: учебное пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2017. – 148 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА К ЦЕНТРАМ МАССОВОГО ТЯГОТЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

TRAFFIC MANAGEMENT ON THE BASIS ON ESTIMATION OF TRANSPORT DEMAND TO THE CENTERS OF MASS GRAVITY BY THE PARAMETERS OF THEIR LOCATION ON URBANIZED TERRITORIES

В статье рассматривается проблемы организации дорожного движения при обслуживании, проектировании или перепрофилировании центров массового тяготения, представленных объектами капитального строительства. Приведена актуальность исследования, выраженная необходимостью исполнения 433 федерального закона, направленного на формирование и систематизацию градостроительно-транспортного проектирования. В качестве критерия качества организации дорожного движения применяется уровень обслуживания движения (LOS) в основе определения которого лежит коэффициент загрузки улично-дорожной сети. Приведены модели оценки пропускной способности нерегулируемых пересечений. Предложена интегрированная математическая модель коэффициента загрузки, включающая параметры оценки транспортного спроса к центрам массового тяготения и параметры, определяющие пропускную способность нерегулируемых пересечений.

Ключевые слова: транспортный спрос; организация дорожного движения; 433 федеральный закон; объекты капитального строительства; коэффициент загрузки УДС; уровень обслуживания движения.

The article deals with the problems of traffic management during maintenance, design or conversion of the centers of mass gravity, represented by capital construction objects. The urgency of the research, expressed by the need to fulfill 433 federal law aimed at the formation and systematization of urban planning and transport design, is given. As a criterion for the quality of road traffic management, the level of traffic service (LOS) is used, which is based on the load factor. The models for estimating the throughput of unregulated intersections are given. An integrated mathematical model of the load factor is shown, including the parameters for estimating transport demand for centers of mass incidence and unregulated intersections.

Keywords: transport demand; traffic management; 433 the federal law; capital construction objects; load factor road network; level of service.

Вступивший в законную силу федеральный закон № 433 от 29.12.2017 г. «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» показывает о необходимости введения многих новшеств и, прежде всего, новшеств, связанных с оценкой степени влияния объектов капитального строительства (ОКС) на прилегающую улично-дорожную сеть (УДС) в связи со строительством новых, реконструкцией или перепрофилирования существующих ОКС. Прежде всего, интерес представляют положения о:

– необходимости разработки проектов организации движения (ПОД) при строительстве или реконструкции объектов капитального строительства (ОКС) в отношении сети дорог и (или) их участков, прилегающих к указанным ОКС;

– необходимости подготовки материалов инженерных изысканий, результатов исследования существующих и прогнозируемых параметров дорожного движения, статистической информации;

– требованиях к обеспечению эффективности ОДД, которые должны быть учтены при размещении ОКС в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности. Размещение ОКС в нарушение требований по обеспечению эффективности ОДД не допускается;

– необходимости расчета вместительности (количество машино-мест) парковок общего пользования определяются в соответствии с нормативами градостроительного проектирования;

– необходимости разработки ПОД при организации въезда ТС на парковку общего пользования и выезда с нее, движения ТС на парковке общего пользования.

Однако в настоящее время не существует методик (рекомендаций), позволяющих оценить степень воздействия ОКС на прилегающую УДС, особенно если речь идет о прогнозировании новых ОКС. Кроме того, ситуация осложняется достаточно широким разнообразием ОКС, которые в контексте исследования можно назвать центрами массового тяготения (ЦМТ), имеющих весьма специфические режимы функционирования, распределение доли посетителей на индивидуальном транспорте (ИТ), среднюю наполняемость ИТ, а также параметры позиционирования в плане города (урбанизированных территорий).

Организация транспортного обслуживания ЦМТ в т. ч. и выполнение ПОД для такого широкого спектра ЦМТ, требует разработку методологии организации дорожного движения (ОДД), позволяющую объединить частные методики: оценки транспортного спроса к ЦМТ разной социально-технической направленности; ОДД разных видов, запрашивающих пересечений; проведения натуральных экспериментов, направленных на выявление основных параметров функционирования ЦМТ, оценки потребного числа мест для парковки на основе её средней продолжительности.

Для оценки качества транспортного обслуживания ЦМТ необходимы критерии качества ОДД. Уровень обслуживания движения – понятие, закрепившиеся в отечественных нормативных документах относительно недавно. Рассматриваемое понятие является производной основных характеристик функционирования элементов УДС и, прежде всего, пересечений. К таким характеристикам относят коэффициент загрузки $z=N/P$, где N – интенсивность движения, авт./ч, P – фактическая (практическая) пропускная способность, авт./ч. Для оценки уровня обслуживания на УДС и её элементах, специалистам в области ОДД, ОБД, транспортным инженерам вполне достаточно перечисленных характеристик, однако, в случаях с принятием решений на политическом, административном и уровнях бизнес-сообществ, необходима более простая интерпретация уровня обслуживания, сводящаяся к некоторой шкале с кратким описанием процесса движения (уровня обслуживания движения (LOS) [4].

Для расчета коэффициента загрузки пересечения (группы движения) необходимо наличие интенсивности транспортных и пешеходных потоков на рассматриваемом пересечении. Интенсивность транспортных потоков, направленных на территорию ЦМТ и от него определяется транспортным спросом, долей посетителей, использующих ИТ, а также средним наполнением ИТ. Интенсивность транзитного потока транспортных средств, двигающихся через пересечение, запрашивающее, рассматриваемый ЦМТ определяется технической категорией дороги (улицы) и может быть получена на основании данных дорожных детекторов, материалов транспортных обследований или при помощи моделирования из цифровой транспортной модели территориального планирования.

Транспортный спрос, выраженный интенсивностью транспортного потока посетителей ЦМТ на ИТ можно представить выражением [2]:

$$N_{ИТ} = E_{ЦМТ} \cdot \frac{d_{ИТ}}{P_{ИТ}} \cdot k_{сн}, \quad (1)$$

где $d_{ИТ}$ – доля посетителей на ИТ в рассматриваемый час; $P_{ИТ}$ – среднее наполнение ИТ, чел.; $k_{сн}$ – коэффициент суточной неравномерности для рассматриваемого часа. Примечательно отметить, что первый множитель олицетворяет транспортный спрос, выраженный числом корреспондентов в течение суток, второй множитель, представленный отношением доли ИТ к среднему наполнению ИТ показывает интенсивность ИТ в течение суток и третий множитель $k_{сн}$ показывает интенсивность ИТ за интересующий час, как правило, пиковый. Причем, $k_{сн}$ различается на по прибытию и отправлению, что и отличает интенсивность транспортных потоков к ЦМТ и от него.

Учитывая, что запрашивающие пересечения, как правило, не регулируемые и чаще всего, имеют вид Т-образных, то пропускная способность второстепенного подхода может быть определена по следующему выражению [3, 4, 5]:

$$G_i = \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left(t_g \frac{t_f}{2} \right)}, \quad (2)$$

где G_i – базовая пропускная способность второстепенного потока i (учитывает влияние потоков, двигающихся в главном направлении прямо или направо (первый ранг)), авт./ч; q_p – интенсивность приоритетного направления первого ранга, конфликтующего с рассматриваемым, авт./ч; t_g – средний граничный интервал, с; t_f – средний интервал следования, с. Учитывая наличие конфликтующих потоков из главного направления налево (второй ранг), а также, в случае, X – образного пересечения из второстепенного направления прямо (третий ранг), то пропускная способность потока из второстепенного направления налево составит:

$$c_{03} = \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_{02i}}{c_{02i}} \right) \cdot G_{03}, \quad (3)$$

где p – вероятность беспрепятственного движения потоков 2-го ранга, конфликтующих с рассматриваемым; N_{02i} – интенсивность движения потока 2-го ранга, конфликтующих с рассматриваемым, ед./ч. Аналогичным образом определяется пропускная способность потоков четвертого ранга (из второстепенного направления налево, в случае X – образного пересечения)

$c_{04} = \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_{02i}}{c_{02i}} \right) \cdot \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_{03i}}{c_{03i}} \right) \cdot G_{04}$. Учитывая, что все три направления могут осуществлять движение в общей (смешанной) полосе, т.е. из одной физической полосы движения, то пропускная способность такой полосы:

$$c = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{c_i}}, \quad (4)$$

где c – пропускная способность смешанной полосы, ед./ч; a_i – доля i -го потока в сумме всех n потоков на рассматриваемой полосе; c_i – пропускная способность i -го направления, ед./ч. Таким образом, принимая во внимание зависимость 1, а также зависимость 3 и 4 коэффициент загрузки после всех математических преобразований можно представить следующей зависимостью:

$$z = \sum_{i=1}^n \frac{E_{цмт} \cdot \frac{d_{ум}}{P_{ум}} \cdot k_{сн}^{yб} \cdot k_d}{\left(\frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left(t_g \frac{t_f}{2} \right)} \right) \cdot \left(\prod_{j=1}^m \left(1 - \frac{N_{02j}}{c_{02j}} \right) \right) \cdot \left(\prod_{j=1}^m \left(1 - \frac{N_{03j}}{c_{03j}} \right) \right)}, \quad (5)$$

где k_d – коэффициент, учитывающий, долю транспортного потока, распределяемого между пересечениями, рассматриваемого ЦМТ (при одном пересечении $k_d = 1$); $k_{сн}^{yб}$ – коэффициент суточной неравномерности по убытию; n – число транспортных потоков в группе движения; c_{02j} и c_{03j} –

пропускная способность транспортного потока второго и третьего рангов соответственно, конфликтующих с рассматриваемым направлением движения, авт./ч (при отсутствии исключается); m – число транспортных потоков второго и третьего рангов, соответственно, конфликтующих с рассматриваемым направлением движения (пример конфликтной ситуации приведен на рис. 1.

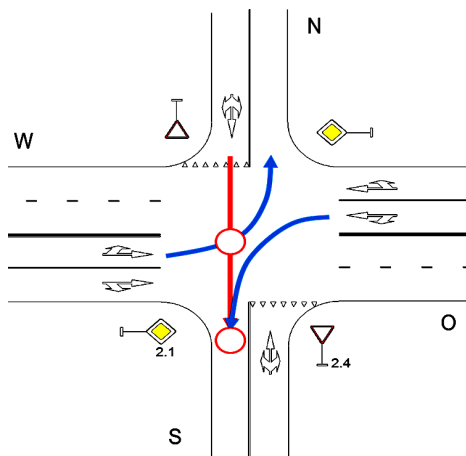


Рис. 1. Конфликтные точки потока третьего ранга NS с потоками второго ранга OS и WN

Полученный коэффициент загрузки можно легко интерпретировать через уровень обслуживания движения, приведенный в соответствующей нормативной литературе [1]. Однако, следует понимать, что в зависимости от интенсивности транспортных потоков конфликтующих направлений будет существенно варьироваться уровень обслуживания движения. Кроме этого, важно учитывать, что на транспортный спрос в том числе оказывает влияние параметры расположения, рассматриваемого ЦМТ в плане урбанизированных территорий. Математическая модель общего вида оценки суточного объема посетителей к ЦМТ (транспортного спроса) можно представить в виде

$$E_{\text{ЦМТ}} = a_0 + a_1 S_i + a_2 l_c + a_3 l_m, \quad (6)$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 – коэффициенты пропорциональности, корр./сут., корр./сут. м², корр./сут. м, корр./сут. м, соответственно; S_i – площадь ЦМТ, м²; l_c – расстояние от центра города, м; l_m – удаленность от магистральной улицы, м.

Таким образом, учитывая выражение 6 возможно оценить влияние ЦМТ на прилегающую УДС с учетом вариации расположения в плане города (удаленности от магистральной улицы и (или) от центра города), а также с учетом его площади (рис. 2).

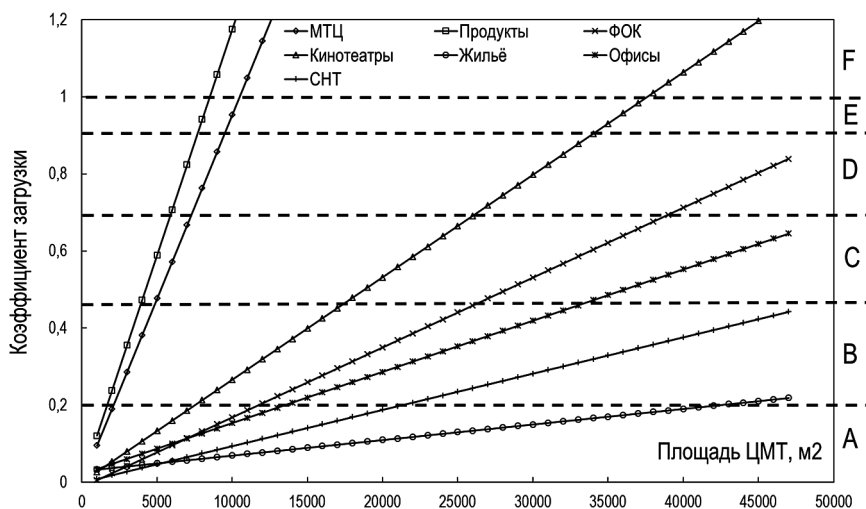


Рис. 2. Зависимость уровня обслуживания движения на Т-образном пересечении от площади ЦМТ по усредненным параметрам ОДД и оценке транспортного спроса

Предлагаемый инструментарий нуждается в исследованиях основных параметров функционирования (ОКС) ЦМТ и создания соответствующего национального справочника. Часть этих исследований проведена [5, 6], в том числе для городов с численностью населения от 250 до 1000 тыс. жит, указанные справочные данные опубликованы в других работах автора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. ОДМ 218.2.020-2012.
2. Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Математическое описание транспортного спроса, создаваемого объектами культурно-бытовой направленности. Вестник ИргТУ, 2016.– ТОМ 20, № 12. – С. 193-202.
3. Greenshields B.D., Shapiro D., Erickson E.L. Traffic Performance at Urban Street Intersections. Technical Report No. 1, Yale Bureau of Highway Traffic, 1947.
4. Raff M.S., Hart J.W. A volume Warrant For Urban Stop Signs. Eno Foundation for Highway.
5. Zedgenizov A.V. Burkov D.G. Methods for the Traffic Demand Assessment Based on the Quantitative Characteristics of Urban Areas Functioning. 12th International Conference “Organization and Traffic Safety Management in large cities”, SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. Edited by Ulrich Brannolte, Pavel Pribyl and Valentin Silyanov. Transportation research procedia 724-730.
6. Zedgenizov, A. Location-based transport demand forecasting methods for suburbanized areas. Proceedings of the international conference: aviamechanical engineering and transport (avent 2018) AER-Advances in Engineering Research volume 158, 2018, p. 458-461.

УДК 629.113

Александр Борисович Комов,
канд. техн. наук, доцент
Пётр Борисович Комов,
канд. техн. наук, доцент
(Автодорожный институт Донецкого
национального технического университета)
E-mail: volga4388@yandex.ua

Alexander Borisovich Komov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Pyotr Borisovitch Komov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Road Institute of Donetsk National
Technical University)
E-mail: volga4388@yandex.ua

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

BASES OF THE ORGANIZATION OF TECHNICAL OPERATION OF LOGISTIC SYSTEMS OF THE DIGITAL ECONOMY OF ROAD TRANSPORT

Сформулированы базовые положения организации цифровой логистической экономики автомобильного транспорта и его системы технической эксплуатации. Формализована проблема организации эксплуатации беспилотного подвижного состава и его постулаты организации технической политики.

Ключевые слова: техническая эксплуатация, организация, беспилотный транспорт, цифровая экономика, информатизация, культура труда.

Formulated the basic provisions of the organization of digital logistics economy vehicles and its technical systems operation. Formalized the organization problem of exploitation of unmanned vehicles and its postulates of technical policy

Keywords: maintenance, organization, unmanned vehicles, digital economy, informatization, culture.

Актуальность работы. Техническая эксплуатация (ТЭ) автомобилей является одной из трёх систем автомобильного транспорта (АТ) – это управление, коммерческая эксплуатация (КЭ) и ТЭ [1]. Главная задача деятельности ТЭ – управление работоспособностью и техническим состоянием парков автомобилей, что в условиях рыночной экономики трансформируется в логистическую задачу.

Логистика объединяет разные управленческие процессы. Она координирует и корректирует их. В соответствии с чем, объектом исследования в логистике является не управление, а процессы взаимодействия между тем, что наблюдается и наблюдателем, который призван осуществлять «сквозную» функцию – воздействовать на процессы, функционирующие в организации [2, 3]. В ТЭ – это процессы её предпринимательской производственной деятельности по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) подвижного состава (ПС) АТ.

Авторами логистики считают проф. *Rosenzweig Phil* и *Brewer Albert*, которые предложили кибернетику наблюдения [2]. Сегодня её называют кибернетикой второго порядка [3], где научной идеей организации систем является закон информированности и упорядоченности информации [4], а исключительно важным – целостное понимание целей и путей развития систем.

Логистическое мышление (видение) – это, как отмечают проф. Семенов А. И. и Сергеев В. И. [2], некие ценностные установки, которые могут быть поняты и приняты большинством членов общества. Они формулируются верхушкой управления (государством, др. структурами) как концептуальная постановка задачи, где модели административного (бюрократического) и предпринимательского управления являются антиподами и находятся в сложном взаимодействии.

Согласно исследованиям лауреата Нобелевской премии *North D. C.*, никакая рыночная экономика и, прежде всего, постсоветских государств не возможна без соответствующих ин-

ституты, т.е. без приоритета внутренней организации (институциональных факторов) над рыночным обменом [5].

Главное состоит в том, что в современном обществе, основанном на научно-техническом прогрессе (НТП), не может быть децентрализованной рыночной экономики – это индустриальная экономика интенсивного типа и её нельзя полностью свести к рынку свободной конкуренции. Она нуждается в обязательной экономической интеграции (т.е. централизации), что представляет логистическую экономику со свободно коммерциализированными хозяйственными (организационно-технологическими, экономическими, информационными) горизонтальными связями [2]. Сегодня эти связи обеспечивают оптимальное решение проблем во всех видах предпринимательской деятельности (производственной, коммерческой, финансовой, посреднической, страховой [6]).

Примером здесь может являться *Западная Европа, где распространён «рейнский», т.е. континентально-европейский тип предпринимательства или, согласно теории Альбера М. (руководителя Комиссариата плана Франции), организация поведенческой деятельности предпринимателей, где мыслят категориями долгосрочной производственно-инвестиционной стратегии при значительной регулирующей роли государства. Именно государство, по словам профессора Мюнхенского университета и автора доктрины «европейской модели социальной рыночной экономики» Эрхарда Л., представляет конституирующую и регулирующую силу, способную формировать общество. Например, в государственной собственности Германии находятся: 99 % сооружений железнодорожной сети; 95 % портовых сооружений, оборудования водных путей, городского транспорта; 80 % автомобильных дорог; 50 % производства легковых автомобилей; т.д. [7].*

В соответствии с чем, современная логистическая экономика – это экономика, где обеспечиваются (не административными средствами, но с государственным участием) 4-е условия-фактора [2]:

- экономическое единство потокового процесса товарообмена и воспроизводства;
- организационное единство потоковых процессов производственно-коммерческой деятельности;
- технологическое и информационное единство потоковых процессов;
- построение логистических цепей как на основе юридического слияния фирм и производств, так и путём заключения логистических (целевых) соглашений фирм, составляющих отраслевую или межотраслевую технологическую общность или сопряженность.

Всё это нашло своё отражение в организации современной ТЭ. Образцом здесь может являться отечественная система управления объединённым филиалом государственного унитарного предприятия (ГУП) «Мосгортранс» – это контракт жизненного цикла (ЖЦ) на обеспечение технической исправности низкопольных автобусов марки ЛиАЗ с двигателем Евро-5 в филиале 17-й автобусный парк. Контракт заключён на 30 лет с компанией «Русские автобусы – Группа ГАЗ». Её обязанность – обеспечить коэффициент технической готовности не ниже 95 % в течение 7 лет гарантии автобусов. Такая организация позволила ГУП сократить на 27,8 % свой «неводительский» персонал, передав его в сервисную компанию, которая к 2020 году будет производить 50...70 % технических обслуживаний ПС этого транспортного предприятия, где особого внимания заслуживает долгосрочный (на 15 лет) контракт ЖЦ (КЖЦ) электробусов. Их поступление в филиал составляет 300 ед./год [8].

Электробусы – это абсолютно новый парк АТ. Его основа – «подключенные автомобили» или ПС, оснащённый интеллектуальными системами и сервисами с выходом в Интернет [9]. Например, в 60-и муниципалитетах Подмосковья – это более 1,7 тыс. автобусов «Группы ГАЗ». Они оборудованы системами: «Орбита 0.2» (контроль за передвижением пассажирского транспорта, контроль бортовых систем и дополнительного оборудования); ГЛОНАСС; видеонаблюдение, видеофиксация и др. В целом, все эти системы ПС создают на АТ новую гео-простран-

ственную индустрию. Сегодня её производителем и потребителем является лишь АТ, где ПС, создаёт 4-е уровня данных (1 – от бортовых датчиков; 2 – картографические данные; 3 – данные между ПС или *V2V*; 4 – данные между ПС и инфраструктурой или *V2I*) [10]. Такие данные составляют на АТ основу его последовательного и безальтернативного движения к паркам ПС в виде сложных организационно-технической систем (СОТС).

Уже сегодня на АТ активно растут сети ПС, формируемые широким спектром сервисов («плати сколько едешь», «плати как едешь», безопасность и тревожные уведомления, интеграция со *SmartCity/SmartHome* и т.п.). Они основаны на гео-локализации, пилотировании, анализе езды. др., что в целом призвано обеспечить более простое управление ПС в реальном времени. К 2020 г. этот рынок составит \$350 млрд., где 84% объёма продаж будут генерировать «постпродажные игроки» [11].

Второй обозримый этап развития АТ – это интеграция в его транспортные сети беспилотного ПС, В 2018 г. Премьер-министром Правительства Российской Федерации (РФ) подписано соответствующее Постановление о проведении на территории г. Москвы и Татарстана эксперимента по использованию беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования. К концу весны 2019 г. здесь планируют эксплуатировать 150 ед. такого ПС. Его разработчиками являются: КаМАЗ, «Яндекс», МАДИ, «Иннополис», КБ «Аврора», Таганрогский университет, др. Их расходы на тестирование беспилотного ПС будут составл Р 40 млн/год [12]. При этом процесс формирования соответствующих нормативно-правовых актов предусматривает создание и утверждение в 2019 г. порядка 30 ед. документов из 80 ед., запланированных «дорожной картой» Национальной технологической инициативы (НТИ) «Автонет» [13]. Особое внимание в России уделено развитию нормативной технико-правовой базы телематики, где специалисты пытаются избежать «зоопарка систем» или «лоскутной автоматизации» АТ [14].

Постановка проблемы. Цифровая, т.е. диджитал (англ. *digital* – цифра) экономика – это очередной этап развития Мира, основанный на достижениях НТП. В соответствии с чем, 28.07.2017 г. Правительство РФ утвердило программу № 1632-р «Цифровая экономика РФ», что соответствует европейской тенденции – трансформации индустриальной экономики в *постиндустриальную* или *экономику услуг при ведущей роли государства*.

Согласно международной «Хартии глобального информационного общества» [15, 16], основой его экономики является информатизация – комплекс мер, направленных на обеспечение оперативного доступа к информационным ресурсам (ГОСТ 7.0 99), где современные научно-технологические, политико-правовые и др. меры базируются на информации телематики [7]: «... совокупности средств производства, передачи и использования информации о формировании информационного сектора (его называют четвертичным)».

Поэтому, современная экономика – это «Индустрия 4.0» [17]. Однако её опорой является, по-прежнему, сектор услуг (англ. *service*) или терциарный (англ. *tertiary*), т.е. третичный сектор в истории развития экономики. (Ранее («первично») приоритет имел аграрный сектор, а затем («вторично») – промышленный). Сегодня терциарный сектор создаёт около 70% валового внутреннего продукта и главное – здесь работает 60% населения Мира. При этом темпы среднегодового роста услуг в 2,5 и 3,5 раза выше, соответственно, сельского хозяйства и промышленности [7], что обеспечивает именно информатизация, позволяющая посредством телематики учесть необозримый спектр потребностей современного человека.

Ориентация товаров (услуг) на потребителя – это суть как диджитал-экономики (рис. 1), так и любой, традиционной для рынка, логистической организации, где в XXI в., согласно исследованиям проф. Некрасова Н. Г., Соколова Б. В., Стыскина М. М., Атаева К. И. [3, 17], абсолютный приоритет переходит к изначально распределённой логистике самоорганизующихся систем. Актуальными здесь являются задачи их анализа/синтеза – это задачи управления конфигурацией (англ. *configuration management*) сложных объектов, относящихся к классу систем

с динамически изменяющейся структурой, что оговорено в соответствующих стандартах IEEE (англ. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*).



Рис. 1. Схема факторов организационной культуры цифровой экономики

Сегодня примером таких систем на АТ являются сети мобильных сервисов такси (компании Яндекс Такси, *Uber*, *Lyft*, *Didi Chuxing* и др.). Их организация (процессы и структуры) – это комплекс договоров (прежде всего электронных) между собственниками, управляющими и работниками, что разграничивает обязанности, ответственность и характеризуется на АТ как «уберизация» или явление самоорганизации:

- процессов, обеспечивающих, посредством бытовых гаджетов (мобильных приложений и высокоскоростного Интернета), быструю и максимально гибкую связь потребителей и поставщиков услуг;

- структур или экосистем, где диджитал-каналы на основе on-line учёта спроса и предложения автоматически формируют объёмы услуг и их цены (тарифы).

Главный итог современной «уберизации» процессов и структур – это, как отмечают специалисты ОАО «Воентелеком» [18], создание автоматизированных систем управления (АСУ), чьи модели, приближают рынки к эпохе локальных госпланов, а в будущем – к мировому госплану, что соответствует теории институциональной организации общества проф. *Galbraith J. K.* [19]. Эта теория поддержана нобелевскими лауреатами *Tinbergen J.*, *Pauling L. C.*, Сахаровым А. Д. Она предлагает замену рыночной стихии её промышленным планированием на основе техноструктур или субъектов, обладающих необходимыми компетенциями и опытом для управления, как современными корпорациями, так и государствами (министерствами, ведомствами).

Компетенции (англ. *competency*) профессиональных кадров науки и практики цифровой экономика – это знания, умения и навыки в сфере организации и управления, прежде всего, конфигурацией сложных биологических и социально-экономических объектов (систем). Знания здесь могут представлять либо правила, либо модели, однако приоритет отдан моделям, использование которых определяет системная инженерия (англ. *system engineering*) или системотехника [3, 17].

Актуальность системотехники подтверждают масштабы её исследований. Например, их итог за последние 5 лет – это 30 международных стандартов, направленных на формирование развитой системы нормативно-технической документации. Стандарты содержат описание методологического базиса создания систем различных классов и назначения, что на основе еди-

ного системного подхода задаёт соответствующие принципы работы, применяемые как в сфере системной, так и программной инженерии [3].

В соответствии с чем, сегодня системотехника внесена в учебные планы большинства ведущих университетов и компаний Мира, где лидером на АТ является Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (ХНАДУ) [20, 21, 22, 23, 24, 25]. Системотехника составляет базу руководящих документов многих правительств, где организацию нацеливают на самоорганизацию сетей, а управление на неокибернетику «живых» систем, где теория процессов направлена на познание развития их биологической и социальной сложности. Её реализует модель жизнеспособной системы. Она предложена классиком менеджмента *Beer Stafford* и предусматривает гибкое сочетание механизмов иерархического и сетевого управления для нахождения компромисса между централизацией и децентрализацией целей, функций, задач и операций [3, 17].

Оценка развития биологической и социальной сложности систем является актуальной проблемой современного АТ, что подчёркивает создание в отрасли спектра частно-государственных структур – региональных навигационно-информационных систем (РНИС) или современных наблюдателей АТ за процессами транспортных сетей.

РНИС созданы в РФ, согласно Приказу Министерства транспорта РФ № 19 от 01.02.2013 г. (далее Приказ № 19) и представляют, прежде всего, широкий спектр «Источников мониторинговой информации» АТ в лице (рис. 2):

- ПС «категории N», «категории M», «службы 03», «ведомственный транспорт», «службы дорожно-коммунального и дорожного хозяйств (ЖКХ и ДХ)»;
- «Диспетчерских систем перевозчиков».

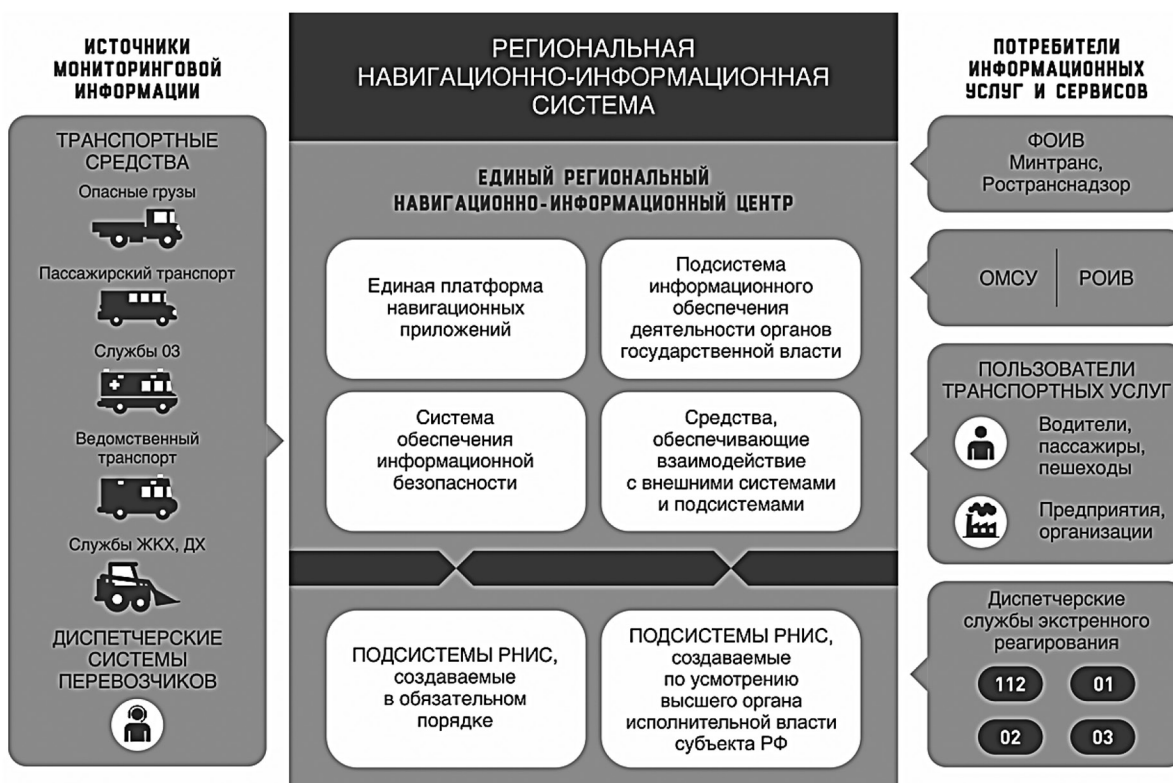


Рис. 2. Структура РНИС субъекта РФ (Приказ № 19)

Например, РНИС Московской области, функционирующая с 01.01.2018 г., контролирует объёмы услуг, оказываемых перевозчиками в рамках государственных и муниципальных контрактов. Для этого на каждую сетевую единицу ПС установлено бортовое навигационно-связное оборудование (БНСО), передающее в систему информацию для комплексного рейтинга

перевозчиков подмосковного региона, где учитывают полноту выполнения транспортной работы, её график, информацию о безналичной оплате, др., что в целом составляет основу критерия конкурсного предложения для проведения государственных закупок [26].

Естественно, что в условиях современного НТП неизбежным для всех РНИС страны является интеграция беспилотного ПС – это таксомоторные и др., действующие пока в экспериментальном режиме, пассажирские перевозки, а также иные, не менее перспективные, сети цифровой экономики.

В соответствии с чем, бесспорно важной для этих самоорганизующихся и динамически изменяющихся конфигураций АТ становится задача оценки их сложности и управления конфигурациями, которая для беспилотного ПС трансформируется, прежде всего, в задачу наблюдателей (РНИС и др. структур) за технической политикой ТЭ мхатронных систем (МС). Эта задача озвучена в заявлении группы адвокатов из *Advocates for Highway and Auto Safety*, которые обеспокоены «... отсутствием действий и надзора за разработкой машин с автоматическими системами вождения со стороны регуляторов» [27].

Сегодня телематика активно трансформирует автотранспортные средства (АТС) в сетевой ПС, а АТ в МС (рис. 3), где ТЭ базируется на самоорганизации малого и среднего предпринимательства (МСП), которое призвано управлять техническим состоянием парков ПС посредством КЖЦ – спектра его моделей ЖЦ с обратной связью, формируемых разными автопроизводителями, что:

- представляет проблему, которая была обозначена учёными МАДИ в их итоговом труде XX в.: «Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств» и состоит в потере ТЭ возможности определять на АТ его техническую политику [1];

- недопустимо для технического регулирования цифровой экономики, где основополагающие требования к товарам (услугам) и их безопасности в КЖЦ призван определять потребитель (система КЭ или в ЖЦ сложных систем их этап использования), т.е. условия эксплуатации АТ и, прежде всего, его условия культуры труда.

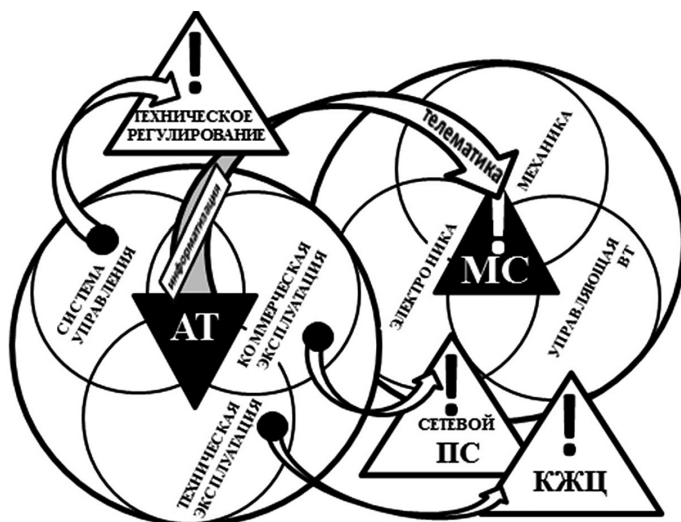


Рис. 3. Схема трансформации АТ в условиях развития цифровой экономики

Цель работы – сформулировать основы интеграции ТЭ в процессы и структуры цифровой экономики АТ.

С апреля 2017 г. система «ЭРА-ГЛОНАСС», входящая в структуры РНИС, уже дополнена платной функцией «Организация технической помощи» – это ряд услуг для юридических и физических лиц на основе инфраструктуры АТ, действующей через контакт-центр (оператора) системы [28]. «Уберизация» автосервиса даёт значительную экономию своим пользователям, например, 50% по сравнению с услугами официальных автодилеров и 25%, если срав-

нивать с частными компаниями. В Америке такой сервис покрывает 300 городов и действует с 2011 г. – это *Yourmechanic*. Годовой оборот аналогичного московского рынка превышает, по примерным оценкам, R 80 млрд [29].

Необходимо подчеркнуть, что технический сервис – это основа на АТ и в др. отраслях их современной парадигмы ТЭ. Впервые анализ в ТЭ услуг технического сервиса МСП был представлен отечественным специалистам в 1978 г. – это сборники статей В/О Внешторгреклама под редакцией лауреата Ленинской премии Смелякова Н. Н. [30, 31], а также труд проф. Кузнецова Е. С. «Техническая эксплуатация автомобилей в США» [32].

В конце XX в. появились работы учёных МАДИ, МИИТ, НИИАТ, НТУ, ХНАДУ и др. учреждений образования и науки, которые сформировали в ТЭ отечественную парадигму МСП технического сервиса, теория организации которого связана с практикой развития в СССР системы «Автотехобслуживания» парка легковых автомобилей, что впервые было представлено в 1975 г. в книге авторов Напольского Г. М., Кривенко Е. Н., Фролова Ю. Н.

Качественно новое развитие МСП – это цифровая экономика (рис. 3). Её примером для ТЭ может являться сервис *Yourmechanic*. Вместе с тем, возникают споры по поводу того, каким образом привлечь к ответственности поставщика услуг, использующего в своей работе уберизированную платформу, при ненадлежащем качестве услуг, и как отслеживать исполнение им налоговых обязательств. Считают, что это потенциальный источник хаоса и, соответственно, возможная причина подрыва существующей корпоративной модели в транспортном и др. бизнесе [29].

Заслуживает внимания практика Яндекс Такси – это усиление контроля за техническим состоянием ПС, где введены две дополнительные формы контроля его качества [33]:

- стационарный комплексный контроль (СКК), которой подвергается весь ПС старше 5 лет, а остальной по приглашениям службы контроля качества Яндекс Такси;
- мобильный комплексный контроль (МКК), который по предварительному предупреждению проводится контролёрами лишь на «брендируемых» Яндекс Такси.

В целом современный контроль на АТ сведен, как подчёркивают специалисты НИИАТ [34], лишь к двум основополагающим мероприятиям:

- 1) подтверждение соответствия установленным требованиям и нормам по обеспечению безопасности конструкции ПС и их составных частей;
- 2) периодический контроль соблюдения требований по безопасному состоянию конструкции ПС и их составных частей.

Проблема периодического контроля состоит в том, что его периодичность и итог («да», «нет») – это, во-первых, строгие правила, регламентированные государственными документами, основанными на требованиях технического регламента. Во-вторых, контроль представляет лишь констатацию состоявшегося факта – это достигнутое ПС его техническое состояние в тот или иной момент времени, что не отражает надёжность (процесс сохранения свойств качества ПС во времени).

Причина такого явления – отсутствие полной информации для оценки риска ПС, где важной на сегодня методикой оценки следует признать требования ГОСТ Р 51901.1-2002. Стандарт содержит руководящие, однако достаточно либеральные требования, обусловленные «свободой» предпринимательской деятельности – это выбор и реализация современных методов анализа риска, где целью является обеспечение качества при планировании и выполнении анализа, а также установление рекомендаций по представлению результатов и выводов.

Научная идея работы состоит в организации на АТ рынка информации, отвечающей интересам МСП систем КЭ и ТЭ автомобилей, что в России может реализовать проект «Авто-Дата» – создание безбарьерной среды сбора и использования данных с ПС.

По мнению специалистов НТИ «Автонет» – проект решит проблему сегрегации или отсутствия обмена данными между компаниями, их собирающими, что, наряду с проблемой кибербезопасности, ставит не менее важный вопрос выбора необходимой информации, её унификации и определения единых принципов кодировки [35].

Трудности общения потребителей информации (субъектов) с её источниками (объектами) – это общеизвестная проблема АТ. Она периодически возникает в отрасли и впервые её

выделили в 1976 г. учёные МАДИ Клейнер Б. С. и Флегонтов В. Г. Эту проблему они охарактеризовали как проблему информатизации или тезауруса [36].

Например, сегодня, согласно информации проф. Николаева А. Б. и др. [37], термин «АСУ» не применим к логистическим информационно-организационным системам. Однако, если в системах передачи данных и мониторинга используют телематику, то такие эксплуатационные системы могут рассматриваться как АСУ. Намного более сложной и многогранной является задача информатизации, связанная с развитием ТЭ на базе фирменного автосервиса.

Однако в целом, в условиях современной цифровой экономики проблему информатизации отражает формула (1). Она может демонстрировать организованность товаров (услуг), которые нацелены на клиента, т.е. наличие информации (значения вероятностей p_i) конкретных свойств (состояний Y) современных товаров.

$$\mathcal{E}(Y) = -\sum_{i=1}^{i=Y} p_i \log p_i < \log Y, \text{ бит} \quad (1)$$

Выражение (1) указывает, что параметр p_i обеспечивает системам со свойствами Y более высокий уровень организованности. Любой товар с конкретным параметром p_i свойств Y снижает свою неопределённость на рынке. Это убедительно демонстрирует равновероятная ($p_i = 0,5$) 2-х элементная (Y) система, где другие вероятности ($0 < p_i > 0,5$) существенно снижают её энтропию, что отражено в исследованиях учёных Дедкова В. К., Северцева Н. А. [38], Волькенштейна М. В. [39].

В соответствии с чем, цифровая экономика, производящая согласно требованиям потребителей конкретные p_i товары Y или товар с конкретными p_i свойствами Y – это более организованная система, где главным в сквозной функции её наблюдателей является именно проблема тезауруса или точность формулировок p_i свойств Y логистических АСУ, что определяет документ РД 50-34.698-90. Он формирует первый этап технического задания разработки автоматизированных систем (АС) – это обязательное наличие [40]: «... предложения организации-пользователя к организации разработчику на проведение работ по созданию АС и его требования к системе, условия и ресурсы на создание АС».

Любая проблема – это объект исследований. Информатизация в условиях цифровой экономики, согласно её стандартной (ГОСТ 7.0 99) формулировке, представляет необозримый (p_i) комплекс мер (Y) оперативного доступа к информационным ресурсам, что в качестве первостепенной задачи АТ обуславливает необходимость познания его организации.

Формализацией проблемы организации информатизации в современных условиях эксплуатации АТ является алгоритм рационализации и изобретательства (АРИЗ) Альтшуллера Г. С. и др. [41], где (рис. 4):

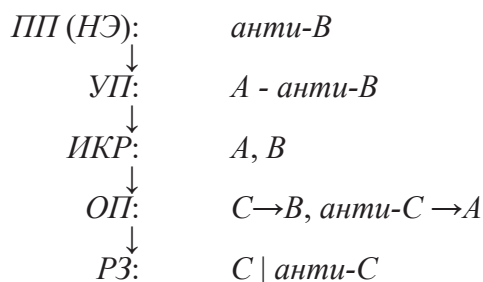


Рис. 4. Логическая схема АРИЗ:

ППП – поверхностные противоречия современной организации АТ; *НЭ* – нежелательный для цифровой экономики эффект организации АТ; *В* – свойство АТ или его качество услуг, формируемое лишь требованиями их безопасности, что определяют технические регламенты; *УП* – углублённые противоречия современной организации АТ; *А* – свойство АТ или его качество услуг, согласно требованиям условий эксплуатации (условий потребителя услуг); *ИКР* – идеальный конечный результат или организация безопасных услуг АТ с учётом требований, определяемых их потребителями; *ОП* – обострённое противоречие современной организации АТ; *С* – свойство АТ или его качество услуг, формируемое наблюдателем; *РЗ* – решение задач *ППП*, *УП* и *ОП* путём разделения их свойств «С ... С_н» наблюдателем на основе блокчейн-организации

Рис. 4 наглядно демонстрирует отрицательную сторону обеспечения безопасности, свойства которой «отвлечены» от условий потребителя, что фактически отражено в безальтернативных требованиях технических регламентов системы технического регулирования. Система обусловлена в РФ её вступлением в 2012 г. во Всемирную торговую организацию [42]. Здесь ведущим направлением всей современной предпринимательской деятельности и, прежде всего, МСП является безопасность его продукции и, связанных с ней, процессов ЖЦ (производства, эксплуатации, реализации и др.) [43, 44].

Однако, техническое регулирование – это, прежде всего, обеспечение баланса между поступающей на рынок продукцией и её свободным перемещением к потребителям, т.е. регулирование на рыночном пространстве движения продукции [45]. Также общеизвестно, что понятие «безопасность» – это достаточно широкая правовая категория. Например, 27.12.2002 г. в России был принят Федеральный Закон №184-ФЗ «О техническом регулировании» [46]. Закон вступил в действие 01.07.2003 г., где под безопасностью продукции и процессов ЖЦ понимают состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу государства, муниципалитетов, физических и юридических лиц, а также окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений. Безопасность с точки зрения Международной организации по стандартизации и её Руководства ИСО / МЭК 2 – это «отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба», что в Руководстве ИСО / МЭК 51 и согласно ГОСТ Р 51898 – 2002 определено более кратко: «отсутствие недопустимого риска».

Необходимо подчеркнуть, что недопустимый риск в нормативных документах представляет сопоставление затрат и результатов технического регулирования, что:

- устанавливается в каждом конкретном случае для каждой группы товаров или процессов как превышение выгод от данного уровня риска над издержками его обеспечения [47];
- определяет на АТ последовательность интуитивных (на основе положений теории организации) и формализованных (на основе системотехники) этапов организации его политики технического регулирования услуг ТО и Р.

В соответствии с чем, организация технической политики АТ призвана, во-первых, представлять процесс создания с помощью РНИС рынка информатизации ТЭ, где основа её эффективной интеграции в процессы и структуры цифровой экономики АТ – это компетенций МСП технического сервиса, основанные на знаниях условий эксплуатации отрасли, что составляет экстремальную задачу планирования эксперимента, которая. Как известно, определяет предмет познания. На АТ – это его условия культуры труда, формирующие в цифровой экономике техническую политику отрасли, что обозначает понятие «чёрный ящик».

Предложена информационная вербально-графическая модель методологии познания организации на АТ его новой технической политики технического регулирования МС, где (рис. 5):

1) исследования направлены на получение уравнения функции (поверхности) отклика $Y = f X_1 X_2$, т.е. представляют поиск оптимума в 2-х факторном пространстве (рыночной среде) и базируются на простейшем варианте шаговой процедуры метода Гаусса-Зейделя, который предусматривает первоначальное изучение локальной области (L) и последующий поиск в направлении (S), «диктуемом» этой областью, что в работе явилось обоснованием процесса познания на основе:

– динамической и универсальной многофакторной модели генезиса организации как последовательности стадий ее эволюции [48];

– динамического понятия культуры, которая влияет на все события организации, т. е. присутствует и распространяется, а также представляет основополагающий элемент условий труда [49];

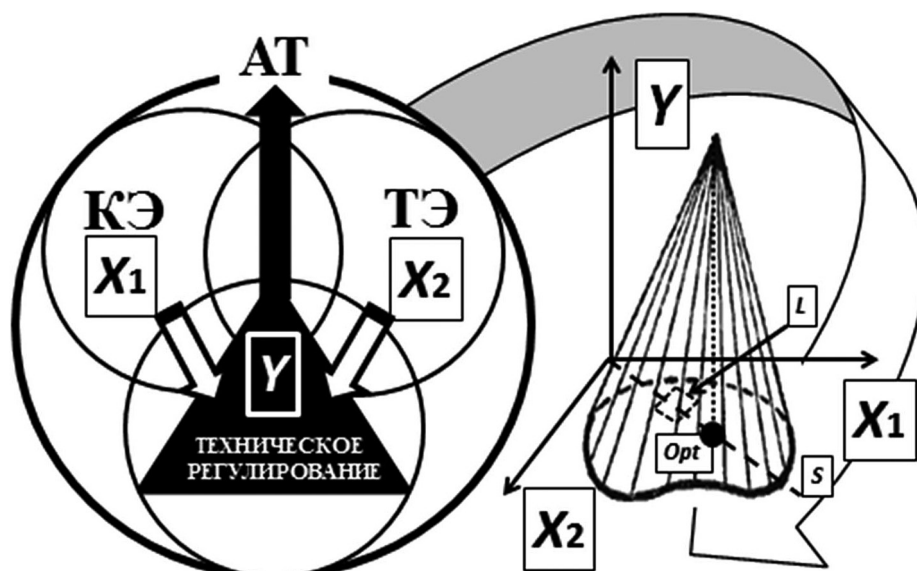


Рис. 5. Схема основ познания организации на АТ его технической политики

2) факторами исследования (входами «ящика») явились системы КЭ (X_1) и ТЭ (X_2), которые имеют ряд уровней (условий эксперимента) и определяют на АТ возможные состояния политики технического регулирования («ящика»), где главным в эксперименте, помимо совместности и независимости (отсутствия линейной корреляции) факторов, определено требование наглядности (иллюстрации) постепенного приближения к оптимальной точке факторного пространства, что обуславливает:

во-первых, отражение объекта, предмета и задач организации в схемах, рисунках и таблицах, позволяющих использовать специальные (структурно-конфигурационные) методы исследования и моделирования;

во-вторых, системотехнический подход организационного проектирования (упорядочение организационно-структурных характеристик систем для достижения или улучшения их эффективности, адаптивности и результативности), где системотехника, как проектный метод, призвана обеспечить в системах их внутреннюю (между элементами) и внешнюю (между системой и окружающей средой) совместимость, что основано на представлении АТ в виде модели системотехнического комплекса (СТК), которая позволяет проводить на системном уровне согласование частных решений, имеющих свои особенности, с высшими интересами проектируемой системы – это показатели и порядок расчёта «локальных» результатов отраслевых систем и оценка их эффективности в конечном продукте АТ [50].

3) параметром оптимизации (Y), т.е. количественной характеристикой политики технического регулирования или её реакцией (откликом) на воздействия факторов (систем КЭ и ТЭ) явился параметр и его размерность, основанные:

во-первых, на физическом смысле ОК («Все в лодке должны грести в одну сторону, но могут делать это в чём-то индивидуально» [51]), чем в современном бизнесе является общеизвестный с 1748 г. девиз хозяйствования и предприимчивости «Время – деньги» (формула *Benjamin Franklin*);

во-вторых, на обобщённой функции желательности (предпочтительности) *Dan Harrington*, где её психофизиологическая шкала теории игр явилась основой обоснования и выбора параметра отклика Y технической политики АТ на воздействия X_1 (потребителя товара) и X_2 (производителя товара) – основы современной культуры труда АТ в условиях цифровой экономики (рис. 5).

Для познания основ цифровой культуры труда АТ и, соответственно, состояний его технической политики целесообразно приняты ряд постулатов –предположений, которые не про-

веряются, т.к. сделаны априори до начала исследования. согласно положениям теории организации.

Необходимость постулатов обусловлена широким спектром современных направлений в теории организации. В формулировках сторонников институционализации общества (*North D. C., Veblen T. B., Commons J. R., Mitchell W. C., Hamilton W. H.*, др.) – это самые разнообразные категории и явления, создаваемые людьми, где, например, институты, как утверждает *North D. C.* – это правила игры, а организации – игроки.

В соответствии с чем, относительно модели организации технической политики АТ, предлагается принять три постулата.

Постулат №1 – это примат организации над управлением [48]. Организация, как отмечает проф. Мильнер Б. З., является основой изучения управления. Проф. Колокнева М. В. подчёркивает, что организация – это объект, которым надо управлять, а, по мнению проф. Баранникова А. Ф., управлять можно лишь таким объектом, который в определённой мере организован, т.е. хаосом управлять невозможно, что в ТЭ выделяет «первичность» познания её организации, предшествующей управлению техническим состоянием парков ПС.

Постулат №2 – подход организационного научения в исследовании проблем организации или утверждение, что современный мир нуждается в обучении организаций, где для качественного достижения их целей необходим организованный и сознательно управляемый процесс самообучения организаций, основанный на наличии системы культурных ценностей, нацеленных на неизбежные изменения и получение от этого определённых знаний. Подход отвечает положениям теории организации «X-Y» проф. *Douglas McGregor* [52], где его теория «Y» предусматривает создание условий, в которых человек сам наилучшим образом может достичь, поставленных перед организацией, целей.

Постулат №3 – институт представляет ограничительные рамки или, согласно формулировке исследователя *Granovetter M.* [53], придуманные людьми ограничения, которые не возникают автоматически в ответ на экономические потребности. Институты конструируются индивидами, чьи действия и облегчены, и ограничены ресурсами социальных сетей, в которые они встроены, что имеет особую значимость в условиях цифровой экономики, где эти сети материализованы и составляют одну из её 4-х базовых составляющих (см. рис. 1).

В соответствии с чем, в основу познания технической политики АТ целесообразно заложить многофакторную модель генезиса организации [48], которая, как показывает анализ, способна отразить не только современные метаморфозы поступательного развития организаций, но и неизбежный для моделей их ЖЦ эффект онтогенеза и, соответственно, переход организаций к стагнации. Он обусловлен смешанной организацией систем, т.е. радикальным противоречием 2-х (материального и интеллектуального) начал, чем в технической политике АТ являются, соответственно:

- условия эксплуатации АТ, формируемые его практикой, т.е. системой КЭ;
- пути и методы обеспечения технической исправности парков ПС, т.е. наука ТЭ.

Выводы. Цифровая экономика – это высший для современного общества этап его логического развития, основанный на информатизации, где абсолютный приоритет имеет телематика, которая позволяет любому предпринимателю, выполняющему услуги ТО и Р, наблюдать за индивидуальными потребностями своих клиентов – это общеизвестные условия эксплуатации АТ, что ставит вопрос об обязательной «реанимации» технической политики АТ и, соответственно, интеграции его системы ТЭ в технический сервис, который сегодня работает лишь на основе моделей ЖЦ, формируемых заводами производителями ПС.

Развитие беспилотного ПС, основанного на детальном учёте всех его условий эксплуатации, трансформирует парадигму АТ в парадигму МС, где первичным в технической политике ТЭ является институциональная организация, направленная на формирование рынка информации АТ, который обеспечит производителям ПС необходимую для цифровой экономики эффективность их КЖЦ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Т. 3. [Текст] – 2001. – 455 с.
2. Семенов, А. И. Логистика. Основы теории: Учебник для вузов [Текст] / А. И. Семенов, В. И. Сергеев – СПб.: Издательство «Союз», 2001. – 544 с.
3. Некрасов, А. Г. Процессы жизненного цикла систем (трансформация в цифровую индустрию): учебное пособие [Текст] / А. Г. Некрасов, М. М. Стыскин, К. И. Атаев – М.: МАДИ, 2018. – 127 с.
4. Рогожин, С. В. Теория организации: Учебное пособие [Текст] / С. В. Рогожин, Т. В. Рогожина. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 320 с.
5. Мильнер, Б. З. Теория организации: Учебник [Текст] / Б. З. Мильнер. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 480 с.
6. Хохлова, И. В. Организация предпринимательской деятельности: Конспект лекций [Текст] / И. В. Хохлова – М.: Приор. издат, 2005. – 208 с.
7. Черников, Г. П. Европа на рубеже XX–XXI веков: Проблемы экономики – [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.knigi.konflib.ru/istoriya/81205-4-evropa-rubezhe-xx-xxi-vekov-problemi-ekonomiki-gennadiy-chernikov-kniga-gennadiy-chernikov-evropa-rubezhe-xx-x.php>
8. Кузьмина, В. Штрихи урбанизации [Текст] / В. Кузьмина, А. Мокина, С. Носов // Автомобильный транспорт – 2017. – № 12. – С. 6-18.
9. М2М: подключенные автомобили и их потенциал для бизнеса 29 октября 2014 Jon Evans, Мобильность [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.orange-business.com/ru/blogs/get-ready/mobilnost/m2m-podklyuchennye-avtomobili-i-ih-potencial-dlya-biznesa>
10. Футуристическое исследование о роли данных для автономных авто. 10 Мая 2017 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rusvesna.su/economy/1491858064>
11. Платформы для сетевых авто привлекают крупный капитал 5 Мая 2017 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/news/corp/platforny-dlya-setevykh-avto-privlekayut-krupnyy-kapital/>
12. Компании-разработчики будут получать грант на тестирование беспилотных авто 13 Марта 2019 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/news/intro/kompaniirazrabotchiki-budut-poluchat-grant-na-testirovanie-bespilotnykh-avto/>
13. Около 30 нормативно-правовых актов будут подготовлены в этом году для развития беспилотного транспорта 14 Марта 2019 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/news/tech/okolo-30-normativnopravovykh-aktov-budut-podgotovleny-v-etom-godu-dlya-razvitiya-bespilotnogo-transp/>
14. В России готовится закон об информационных системах автотранспортной телематики 18 Июля 2017 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/news/intro/v-rossii-gotovitsya-zakon-ob-informatsionnykh-sistemakh-avtotransportnoy-telematiki/>
15. Колокнева, М. В. Теория организации в вопросах и ответах: учеб. пособие [Текст] / М. В. Колокнева – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2004. – 280 с.
16. Манюшис, А. Виртуальное предприятие как эффективная форма организации внешнеэкономической деятельности компании / А. Манюшис, В. Смольянинов, В. Тарасов // Международный журнал. Проблемы теории и практики управления – 2003. – № 4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://vasilievaa.narod.ru/18_3_00.htm
17. Некрасов, А. Г. Система управления жизненным циклом (трансформация в цифровую инфраструктуру): учебно-методическое пособие [Текст] / А. Г. Некрасов, Б. В. Соколов, К. И. Атаев – М.: Технополиграфцентр, 2017. – 155 с.
18. Алексей Павлюц Личный сайт «Уберизация» экономики. Теория правильного «убера» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pavlyuts.ru/posts/360>
19. Гэлбрейт, Дж. Новое индустриальное общество / Дж. Гэлбрейт [Текст] Пер. с англ. – М.: АСТ: Транзиткнига; СПб.: Terra Fantastica, 2004. – 602 с.
20. Говорущенко, Н. Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) [Текст] / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко // В двух частях. Часть 1. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 255 с.
21. Говорущенко, Н. Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) [Текст] / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко // В двух частях. Часть 2. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 219 с.

22. Говорущенко, Н. Я. Экономическая кибернетика транспорта [Текст] / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – 218 с.
23. Говорущенко, Н. Я. Техническая кибернетика транспорта. Учебное пособие Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
24. Говорущенко, Н. Я. Системотехника проектирования транспортных машин. Учебное пособие [Текст] / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко – Харьков: ХНАДУ, 2002. – 166 с.
25. Говорущенко, Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчётные методы исследований): монография [Текст] / Н. Я. Говорущенко. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 292 с.
26. Московская область: Автобусы подключат к системе навигационного контроля 26 Октября 2017 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/news/intro/moskovskaya-oblast-avtobusy-podklyuchat-k-sisteme-navigatsionnogo-kontrolya/>
27. Новый патент *Uber* и последствия аварии с участием робота для автопарка. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elitetrader.ru/?newsid=390065>
28. Систему мониторинга объектов предлагают создать на основе «ЭРА-ГЛОНАСС» 27 Июля 2017 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/news/intro/sistemu-monitoringa-obektov-predlagayut-sozdat-na-osnove-eraglonass-/>
29. Тотальная уберизация: как это работает. 1 Декабря 2016 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://spark.ru/startup/wehive/blog/18798/totalnaya-uberizatsiya-kak-eto-rabotaet>
30. Техническое обслуживание машин, оборудования и приборов зарубежными фирмами. [Текст]: сб. статей под ред. лауреата Ленинской премии Н. Н. Смелякова // Книга 1. – В / О Внешторгреклама, 1978. – 374 с.
31. Техническое обслуживание машин, оборудования и приборов зарубежными фирмами. [Текст]: сб. статей под ред. лауреата Ленинской премии Н. Н. Смелякова // Книга 2. – В / О Внешторгреклама, 1978 – 408 с.
32. Кузнецов, Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей в США [Текст] / Е. С. Кузнецов – М.: Транспорт, 1978. – 168 с.
33. Яндекс Такси Правила [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://driver.yandex.com/онлайн-контроль/>
34. Сироткина, А. В. Оценка безопасности АТС по техническому уровню и сроку эксплуатации [Текст] / А. В. Сироткина // Журнал автомобильных инженеров. – 2010, №6 (65). – С. 50-53.
35. Россия может создать безбарьерную среду сбора и использования данных с автомобилями – замминистра. 18 Марта 2019 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/news/tech/rossiya-mozhet-sozdat-bezbarernuyu-sredu-sbora-i-ispolzovaniya-dannykh-s-avtomobiley-zamministra/>
36. Клейнер, Б. С. Технология и организация производства на автотранспортных предприятиях. Информационное обеспечение функционирования технической службы автотранспортных предприятий и объединений. Учебное пособие [Текст] / Б. С. Клейнер., В. Г. Флегонтов // Часть II.– М.: МАДИ, 1976. – 77 с.
37. Николаев, А. Б. Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования [Электронный ресурс] / А. Б. Николаев, С. В. Алексахин, И. А. Кузнецов и др. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 288 с. Режим доступа: http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_19007.pdf
38. Дедков, В. К. Основные вопросы эксплуатации сложных систем [Текст] / В. К. Дедков, Н. А. Северцев – М.: Высшая школа, 1976. – 406 с.
39. Волькенштейн, М. В. Энтропия и информация / М. В. Волькенштейн – М.: Наука, 1986. – 192 с.
40. РД 50-34.698-90 «Методическим указания. Автоматизированные системы требования к содержанию документов» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docviewer.yandex.ua/view/177836821/?*=UWIVN5w6Uq3OCEbygdSFPzZMAhN7InVybcI6Imh0dHA6Ly9ucG9wcmlzLnJlL3dwLWNvb3RlbnQvdXBsb2Fkcy8yMDE0LzEyLyVEMCVBMCVEMCU5NC0IMC0zNC42OTgtOTAucGRmliwidGI0bGUiOiLQoNCULTUwLTM0LjY5OC05MC5wZGYiLjIaWQoiOiIxNzc4MzY4MjEiLjI5dSI6IjYwODYzNTEwMTQwMDQ4NzEwMSIsIm5vaWZyYW11Ijp0cnVILCJ0cyI6MTUwMzk0MjUxMDEyNn0%3D&page=22&lang=ru
41. Альтшуллер Г. С., Фильковский Г. Л., Современное состояние теории решения изобретательских задач. 1975. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.altshuller.ru/triz/triz2.asp>
42. Ершова И. В. Технические регламенты как основные документы технического регулирования в условиях вступления России в ВТО [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docviewer.yandex>

ua/?url=http%3A%2F%2FCyberLeninka.ru%2Farticle%2Fn%2Ftehlicheskie-reglamenty-kak-osnovnye-dokumenty-tehnicheskogo-regulirovaniya-v-usloviyah-vstupleniya-rossii-v-vto.pdf&name=tehlicheskie-reglamenty-kak-osnovnye-dokumenty-tehnicheskogo-regulirovaniya-v-usloviyah-vstupleniya-rossii-v-vto.pdf&lang=ru&c=583db3c7e99a (дата обращения: 21.11.2016)

43. Чесноков, А. Г. Новая система технического регулирования в России. ОАО «Институт стекла», Москва [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.glassinfo.ru/articles/2005_12_new_systema_teh_regulirovaniya_v_RF.pdf

44. Агешкина, Н. А. Комментарий к Федеральному закону от 27.12.2002 N 184-ФЗ «О техническом регулировании», 2008. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [kommentarii_k_zakonu_o_tehnicheskogo-90674.pdf](http://www.glassinfo.ru/articles/2005_12_new_systema_teh_regulirovaniya_v_RF.pdf)

45. Техническое регулирование, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.afve.org/files/317_666702745.pdf

46. Федеральный закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ (ред. от 30.12.2009 г.) «О техническом регулировании» (принят ГД ФС РФ 15.12.2002 г.) (с изм. и доп., вступившими в силу с 11.01.2010 г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.diabetes-ru.org/files/prodavcu-proizvoditelyu/o-teh-regulirovanii.pdf>

47. Крючкова, П. В. Система технического регулирования в РФ: формирование, возможное и ожидаемое воздействие на конкуренцию. Предварительный вариант [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://iq.hse.ru/data/342/610/1233/file3758.pdf>

48. Латфуллин, Г. Р. Теория организации: Учебник для вузов [Текст] / Г. Р. Латфуллин, А. В. Райченко. – СПб.: Питер, 2003. – 400 с.

49. Ньюстром, Дж. В. Организационное поведение [Текст] / Дж. В. Ньюстром, К. Дэвис. Перевод с англ. под ред. Ю. Н. Каптуревского – СПб: Издательство «Питер», 2000. – 448 с.

50. Введение. Системотехника и системотехническое проектирование [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studopedia.su/9_59058_vvedenie.html

51. Смирнов, Э. А. Основы теории организации: Учеб. пособие для вузов. [Текст] / Э. А. Смирнов – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998. – 375 с.

52. Туровец, О. Г. Теория организации: Учеб. пособие. [Текст] / О. Г. Туровец, В. Н. Родионова – М.: Издательство “РИОР”, 2004. – 97 с.

53. Марк Грановеттер Социологические и экономические подходы к анализу рынка труда: социоструктурный взгляд [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ecsocman.hse.ru/data/2010/09/17/1215001435/Granovetter_labour_markets.pdf

УДК 625.739.4:625.7 11.3

Алексей Валерьевич Косцов,
канд. техн. наук, доцент
(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет)
E-mail: kostsov_msfs@bk.ru

Aleksey V. Kostsov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Moscow Automobile and Road Construction
State Technical University)
E-mail: kostsov_msfs@bk.ru

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ НА РЕЖИМ РАБОТЫ ПРИГОРОДНЫХ И ГОРОДСКИХ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

REGULARITIES OF THE INFLUENCE OF TRAFFIC FLOW OF HIGHWAY INTERSECTIONS ON THE MODE OF OPERATION OF URBAN AND SUBURBAN HIGHWAYS

Изменившиеся условия движения на территории Российской Федерации диктуют необходимость актуализации и развития норм проектирования автомобильных дорог. В статье рассмотрены закономерности влияния транспортных потоков пересечений в разных уровнях на режим работы автомобильных магистралей, расположенных в пригородной и городской зоне. Результаты исследований рекомендуются для решения широкого спектра задач при проектировании автомобильных магистралей, а также пересечений в разных уровнях как их составной части. Исследования также могут быть использованы при моделировании транспортных потоков, разработке алгоритмов работы интеллектуальных транспортных систем и движения автомобилей в автоматическом режиме.

Ключевые слова: транспортный поток, проектирование дорог, транспортная развязка, пересечение в разных уровнях, интеллектуальные транспортные системы.

The changed traffic conditions in the territory of the Russian Federation dictate the need for updating and development of road design standards. The article deals with the regularities of the influence of traffic flows of freeway intersections on the mode of operation of highways. The research results are recommended for solving a wide range of problems in the design of highways, as well as freeway intersections as part of them. Research can also be used in the modeling of traffic flows, the development of algorithms for intelligent transport systems and the movement of cars in automatic mode.

Keywords: Road design, freeway interchange, traffic flow, space of interchange, intelligent transport systems.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на территории нашей страны продолжается формирование и реконструкция магистральной сети автомобильных дорог. Так, в соответствии с транспортной стратегией России к 2030 г. предусмотрено проектирование и строительство новых направлений автомобильных дорог, входящих в состав маршрутов федерального значения, обеспечивающих не только межрегиональные связи, но и позволяющих интегрировать разобщенную дорожную сеть отдельных областей в единую транспортную систему России: «Центр – Урал», «Европа – Западный Китай», «Северо-Запад – Сибирь», «Северо-Восток – Полярный Урал», «Урал Промышленный – Урал Полярный». Предусмотрено строительство и новых автомобильных дорог, соединяющих между собой административные центры субъектов Российской Федерации по кратчайшему расстоянию, такие как: Сыктывкар – Архангельск – граница Финляндии, Казань – Пермь, Абакан – Горно-Алтайск – Барнаул, Псков – Смоленск. В настоящее время

ведется комплексная модернизация и развитие дорожной сети в крупнейших транспортных узлах России: Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Казани, Екатеринбурге, Перми, Ростове, Новороссийске, Мурманске, Владивостоке. Решение указанных задач Транспортной стратегии России до 2030 г. позволит сформировать каркас автомобильных дорог, составляющих систему платных автомагистралей и скоростных дорог страны.

Учитывая, что от принятых проектных решений во многом зависят потребительские качества будущих автомобильных дорог, в том числе и показатели безопасности движения на них, вопросам развития норм проектирования и их актуализации с учетом изменяющихся условий движения должно отводиться повышенное внимание.

Современные принципы проектирования автомобильных магистралей предполагают обеспечение самых высоких стандартов безопасности движения, однако рассчитаны они прежде всего на движение одиночного автомобиля. Отчасти поэтому условия движения на уже построенных участках автомобильных магистралей, прежде всего в пределах крупных городов и зон их тяготения, нельзя назвать удовлетворительными. Так, по данным [1], с превышением нормативной загрузки эксплуатируется 13 тыс. км автомобильных дорог федерального значения, особенно на подходах к крупнейшим городам, что составляет почти 27 % от протяженности магистральной сети дорог.

Исследования условий движения на пригородных и городских участках автомобильных магистралей, которые работают в условиях высоких уровней загрузки движением ($z > 0,45$), показывают, что наибольшее влияние на состояние транспортного потока оказывают участки слияний, разделений и переплетений транспортных потоков, которые в большинстве случаев расположены в пределах пересечений автомобильных дорог в разных уровнях [2]. На таких участках возрастает и количество дорожно-транспортных происшествий [3], оказывая общее влияние на показатели безопасности движения. Учитывая изложенное, автором произведены исследования условий движения транспортных потоков на участках автомагистралей, сопряженных со съездами и въездами пересечений в разных уровнях, в рамках которых предложена модель взаимодействия транспортных потоков, экспериментально исследованы переменные, входящие в предложенные модели и даны практические рекомендации по учету взаимодействия транзитного и выходящего (входящего) на автомагистраль транспортных потоков.

Исследования условий движения транспортных потоков на участках автомагистралей, сопряженных со съездами и въездами пересечений в разных уровнях

Влияние транспортного потока, выходящего с автомагистрали на режим движения транзитного транспортного потока обусловлено необходимостью выполнения маневра выхода автомобиля из основного транспортного потока на съезд (маневр MLC [4,5,6]), что сопряжено с необходимостью однократной или многократной смены полос движения в условиях взаимодействия с основным транспортным потоком, движущимся по автомагистрали. Выполнение маневра смены полосы движения сопряжено с повышенным риском возникновения ДТП и ведет к ограничению пропускной способности того участка дороги, на котором производится такой маневр. При предположении о пуассоновском характере распределения автомобилей в транспортном потоке, пропускная способность сегмента автомобильной магистрали, состоящей из n полос движения (рис. 1) примет вид (1):

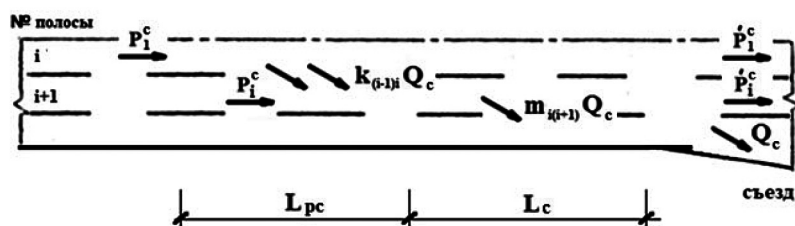


Рис. 1. Схема участка разделения транспортного потока

$$P_{\text{сегм}}^c = \sum_{i=1}^n P_i^c = \left(\frac{3600}{t_p} - \varphi \cdot Q_c \right) + \sum_{i=2}^n (k_{(i-1)i} \cdot Q_c \cdot \frac{e^{-\frac{k_{(i-1)i} \cdot Q_c \cdot \Delta t_{\text{гр1}}}{3600}}}{1 - e^{-\frac{k_{(i-1)i} \cdot Q_c \cdot \Delta t_{\text{гр1}}}{3600}}} - m_{i(i+1)} \cdot Q_c), \quad (1)$$

где t_p – время реакции водителя; Q_c – интенсивность движения автомобилей, выезжающих с автомагистрали на съезд, прив. авт/ч; φ – коэффициент, учитывающий распределение автомобилей по полосам перед участком влияния съезда; $\Delta t_{\text{гр1}}$ – граничный интервал, с.

Коэффициенты k и m можно найти из выражений (2) – (3):

$$k_{(i-1)i} = \varphi_{i-1} \cdot \alpha_{n-(i-1)}, \quad (2)$$

$$m_{i(i+1)} = \varphi_i \cdot \beta_{(n-1)}, \quad (3)$$

где α – коэффициент, учитывающий долю автомобилей, поворачивающих в пределах расчетного участка слияния транспортных потоков (L_{pc}), в долях от поворачивающего потока Q_c ; β – коэффициент, учитывающий долю автомобилей, совершающих маневр перестроения после расчетного участка слияния транспортных потоков (на участке L_c).

Аналогично, влияние транспортного потока, выходящего со съезда на режим движения транзитного транспортного потока обусловлено необходимостью выполнения маневра входа автомобиля в основной транспортный поток (рис. 2).

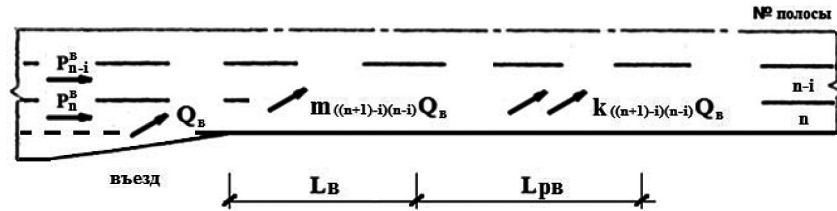


Рис. 2. Схема участка слияния транспортного потока

Тогда пропускная способность сегмента автомобильной магистрали, состоящей из n полос движения (4):

$$P_{\text{сегм}}^B = Q_B \cdot \frac{e^{-\frac{Q_B \cdot \Delta t_{\text{гр1}}}{3600}}}{1 - e^{-\frac{Q_B \cdot \Delta t_{\text{гр1}}}{3600}}} + \sum_{i=1}^{i=n-1} (k_{((n+1)-i)(n-i)} \cdot Q_B \times \frac{e^{-\frac{k_{((n+1)-i)(n-i)} \cdot Q_B \cdot \Delta t_{\text{гр1}}}{3600}}}{1 - e^{-\frac{k_{((n+1)-i)(n-i)} \cdot Q_B \cdot \Delta t_{\text{гр1}}}{3600}}} - m_{((n+1)-i)(n-i)} \cdot Q_B), \quad (4)$$

где k и m (5) – (6):

$$k_{((n+1)-i)(n-i)} = \omega_i \cdot \gamma_i; \quad (5)$$

$$m_{((n+1)-i)(n-i)} = \omega_i \cdot \delta_i, \quad (6)$$

где: γ – коэффициент, учитывающий долю автомобилей, поворачивающих в пределах расчетного участка слияния транспортных потоков, в долях от поворачивающего потока Q_B ; δ – коэффициент, учитывающий долю автомобилей, совершающих маневр перестроения до расчетного участка слияния транспортных потоков; ω – коэффициент, учитывающий распределение автомобилей по полосам после участка влияния въезда.

С целью практического применения выражений (1) и (4), необходим экспериментальный поиск коэффициентов β и δ , которые могут быть определены на основании изучения закономерностей выполнения маневров смены полос движения выходящего и входящего на автомагистраль транспортных потоков. До недавнего времени экспериментальных исследований

закономерностей смены полос движения практически не выполнялось, связано это в первую очередь с необходимостью организации наблюдений за режимом движения транспортных потоков на значительных расстояниях, что традиционными методами наблюдения за движением транспортных потоков выполнить затруднительно. Развитие систем глобального позиционирования, беспилотных летательных аппаратов, а также средств измерения и видеосъемки позволило усовершенствовать методы исследований транспортных потоков и преодолеть указанные трудности. С целью исследований закономерностей выполнения МЛС маневров в пределах автомагистралей на участках, граничащих со съездами и въездами, автором выполнены исследования траекторий движения автомобилей, выполняющих выход из основного транспортного потока на съезды пересечений в разных уровнях. Исследования проводились на участках многополосных автомобильных дорог с количеством полос движения от трех до пяти, обеспечивающих движение в непрерывном режиме. Уровень обслуживания движения при проведении исследований был принят «С», как принимаемый за расчетный при проектировании городских автомобильных магистралей. Исследования траекторий движения автомобилей выполнялись при помощи автомобиля лаборатории. В ходе проведения измерений производилось изучение траекторий движения автомобиля лидера путем измерения расстояний, пройденных исследуемым автомобилем в пределах каждой полосы движения многополосной дороги при выходе этого автомобиля на съезд, а также при выходе автомобиля с въезда на автомагистраль. При каждой смене полосы движения определялся пройденный автомобилем путь в пределах заданной полосы движения. Определение пройденного пути производилось по данным систем глобального спутникового позиционирования (НАВСТАР и ГЛОНАСС).

Проведенные исследования позволили получить закономерности распределения маневров смены полосы движения по длине участков автомагистралей, сопряженных со съездами (рис. 3, а) и въездами (рис. 3, б) [7] пересечений автомобильных дорог в разных уровнях.

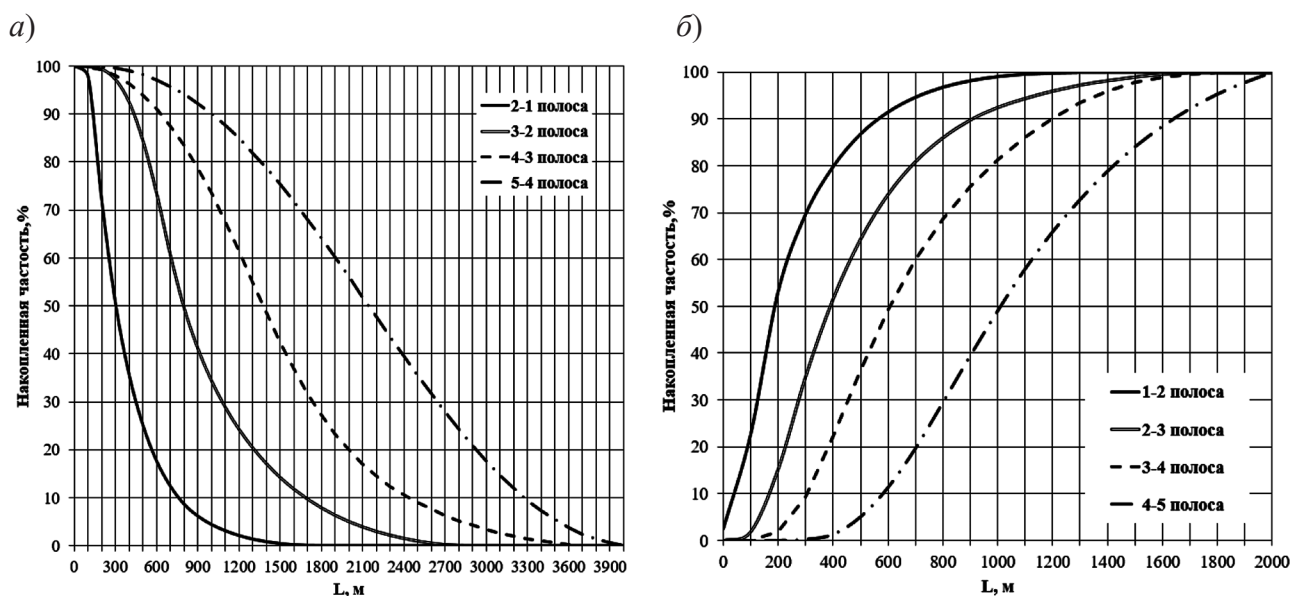


Рис. 3. Нормально-логарифмическое распределение маневров МЛС (накопленным итогом) в функциональной зависимости от расстояния до пересечения (L)

Развитие норм и требований к проектированию пересечений в разных уровнях с учетом движения плотных транспортных потоков

Анализ полученных данных о распределении маневров МЛС в функциональной зависимости от расстояния до пересечений позволяет установить границы участков автомобильных магистралей, в пределах которых производятся 85 % указанных маневров. Значения длин таких участков представлены в таблице.

Участки выполнения маневров

Число полос движения (в одном направлении)	Участок влияния, м*		Рекомендуемое расстояние между пересечениями**, км
	Перед пересечением	После пересечения	
2	500	500	1,0
3	1500	800	2,5
4	2200	1100	3,5
5	3100	1500	4,5

Примечания:

* 85% обеспеченности.

** Расстояние между точкой конца последнего отгона уширения переходно-скоростной полосы разгона одного пересечения и началом отгона переходно-скоростной полосы торможения следующего за ней пересечения. В случае увеличения количества полос, обусловленного участком переплетения, это расстояние соответствует расстоянию между острыми концами разделительных полос, устраиваемых между съездом и основной проезжей частью.

Решение уравнений (1) и (4) с учетом результатов проведенных исследований распределений маневров MLC по участкам слияний и разделений транспортных потоков позволили выполнить оценку пропускной способности магистрали на участках слияния (P_c) и разделения (P_b) транспортных потоков функциональной зависимости от интенсивности движения по входящим (Q_b) и исходящим (Q_c) съездам пересечений. Полученные зависимости даны на рис. 4.

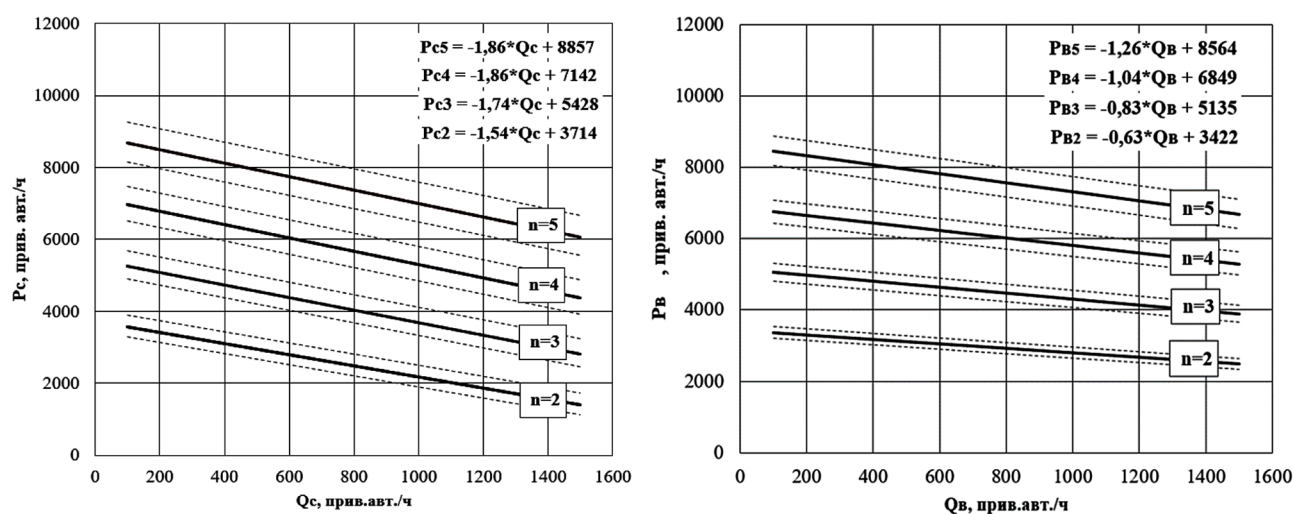


Рис. 4. Зависимость пропускной способности автомагистрали на участке слияний (P_c) и разделения (P_b) транспортных потоков в зависимости от интенсивности движения по исходящему/входящему съезду (Q_c/Q_b)

Учитывая значительную длину участков слияний и разделений транспортных потоков, которые по данным исследований могут составлять до 3,1 км, а также значительное влияние таких участков на пропускную способность автомагистрали (см. рис. 4), при проектировании пересечений в разных уровнях (П) их целесообразно рассматривать как взаимосвязанную с участками автомобильных дорог систему – АД-П (рис. 5), составной частью которой должны являться участки автомобильных магистралей, в пределах которых съезды и въезды пересечений в разных уровнях оказывают влияние на режим движения транспортного потока. Такие участки предложено обозначать как участки влияния пересечений в разных уровнях (УВП).

Указанный подход может являться теоретической основой для решения целого спектра задач, связанных с проектированием автомобильных дорог и пересечений в разных уровнях:

1) При планировании и проектировании улично-дорожных сетей и сетей автомобильных дорог – решение вопросов взаимного расположения пересечений в разных уровнях с учетом минимального влияния въезжающих и съезжающих транспортных потоков на движение транзитных транспортных средств (см. таблицу);

2) На этапе проектирования пересечений в разных уровнях – расчет пропускной способности прилегающих к пересечениям участков автомобильных дорог (см. рис. 4), а также решение вопросов заблаговременного (при подъезде к пересечениям) информационного обеспечения участников дорожного движения (см. таблицу);

3) На этапе эксплуатации дорожной сети – управление движением на съездах автомагистралей как средства повышения пропускной способности существующей магистральной сети автомобильных дорог.

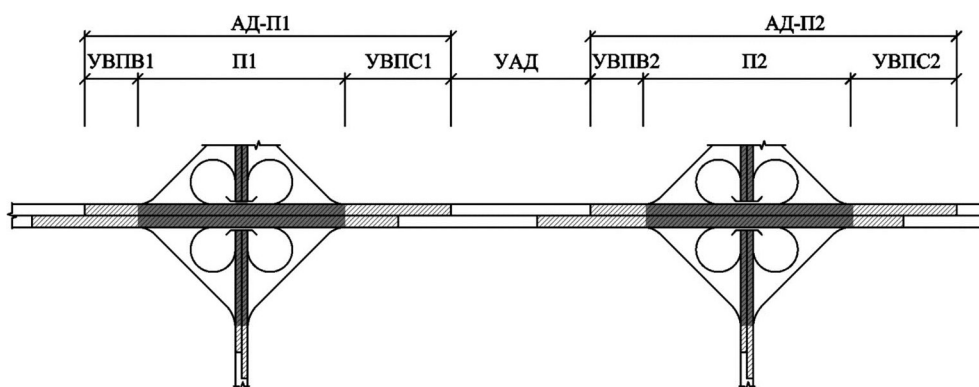


Рис. 5. Система автомобильная дорога-пересечение в разных уровнях АД-П

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия России до 2030 г. Режим доступа: <https://www.mintrans.ru/documents/3/1009>.
2. J. A. Barria and S. Thajchayapong, "Detection and classification of traffic anomalies using microscopic traffic variables," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 12, no. 3, pp. 695–704, 2011.
3. A. O. Abatan, *Safety analysis of interchange functional areas*, Iowa State University, 2017. Режим доступа: <https://trid.trb.org/view/1494259>.
4. Gipps P.G. (1986) A Model for the Structure of Lane Changing Decisions, *Transportation Research*, 20B, pp. 403-414.
5. Yang Q. and Koutsopoulos H.N. (1996) A Microscopic Traffic Simulator for Evaluation of Dynamic Traffic Management Systems, *Transportation Research*, 4C, pp. 113-129.
6. Hidas P. and Behbahanizadeh K. (1999) Microscopic Simulation of Lane Changing under Incident Conditions, in *Proceedings of the 14th International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation*, pp. 53-69.
7. Косцов А.В. Исследование длин участков влияния въездов на многополосные автомагистрали / *Наука и техника в дорожной отрасли*. – 2019. – № 1. – С. 20-21.

УДК 656.025.2

Валерий Максимович Курганов,
д-р техн. наук, профессор
(Тверской государственной университет)
Михаил Владимирович Грязнов,
д-р техн. наук, доцент
(Магнитогорский государственный
технический университет имени Г. И. Носова)
Кирилл Александрович Давыдов,
директор
(Магнитогорский филиал
ООО «Автодоркомплект»)
E-mail: davyd_mazda@mail.ru),
glavreds@gmail.com, gm-autolab@mail.ru

Valery Kurganov,
Dr. of Tech. Sci., Professor
(Tver State Technical University)
Mikhail Gryaznov,
Dr. of Tech. Sci., Associate Professor
(Magnitogorsk State Technical University
named after G. I. Nosov)
Kirill Davydov,
director
(Magnitogorsk branch of Ltd
company „Avtodorkomplekt“)
E-mail: davyd_mazda@mail.ru),
glavreds@gmail.com, gm-autolab@mail.ru

ПОИСК ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ РЕСУРСОЁМКОСТЬЮ, НАДЁЖНОСТЬЮ И ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПАССАЖИРСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

SEARCH OF INTERRELATION BETWEEN RESOURCE INTENSITY, RELIABILITY AND EFFICIENCY OF PASSENGER AUTOMOBILE TRAFFIC

В статье анализируется суть таких понятий, как ресурсоёмкость, надёжность и эффективность транспортного процесса, а также аргументация, доказывающая наличие взаимосвязи между ними. Наличие искомой взаимосвязи позволяет разработать методический аппарат реализации ресурсосберегающих способов перевозок пассажиров автомобильным транспортом. Ресурсосберегающие способы перевозок основаны на реорганизации транспортного процесса, посредством сокращения числа его структурных элементов и наращиванием у них организационно-технологических возможностей по взаимодублированию, называемого ресурсным резервированием. Предложена методика расчета совокупных затрат на транспортный процесс, как сумма затрат на формирование структурных резервов, ресурсоёмкости транспортного процесса и затрат на ликвидацию возможных сбоев. Справедливость установленной взаимосвязи исследуемых понятий доказана посредством математического моделирования совокупных затрат на транспортный процесс.

Ключевые слова: математическое моделирование, эффективность, надёжность, ресурсоёмкость, пассажирские перевозки, автомобильный транспорт.

In article the essence of such concepts as resource intensity, reliability and efficiency of transport process and also the argument proving existence of interrelation between them is analyzed. Existence of required interrelation allows to develop the methodical device of realization of resource-saving ways of transportations of passengers by the motor transport. Resource-saving ways of transportations are based on reorganization of transport process, by means of reduction of the number of its structural elements and building of organizational technological capabilities at them on mutually duplication called by resource reservation. The method of calculation of cumulative costs of transport process as the sum of costs of formation of structural reserves, resource intensities of transport process and costs of elimination of possible failures is offered. Justice of the established interrelation of the studied concepts is proved by means of mathematical modeling of cumulative costs of transport process.

Keywords: mathematical modeling, efficiency, reliability, resource intensity, passenger traffic, motor transport.

Применяемые в настоящее время на практике мероприятия по повышению эффективности транспортного обслуживания населения, в том числе меры государственной поддержки, несистемны и приносят ожидаемого эффекта, вследствие отсутствия целенаправленной работы по снижению ресурсопотребления в транспортном процессе. Поэтому постоянно востребованы ресурсосберегающие способы перевозки пассажиров, позволяющие осваивать заданный объём перевозок с меньшими затратами.

Результаты анализа научных трудов по ресурсосбережению на транспорте позволили установить, что снижение ресурсоёмкости транспортной работы, без ущерба выполняемому объёму, достигается реорганизацией транспортного процесса, посредством сокращения числа его структурных элементов и наращивания у них организационно-технологических возможностей по взаимодублированию. Меньшее число структурных элементов обеспечивает снижение ресурсоёмкости транспортного процесса, а наличие взаимодублирования – выполнение транспортной работы в заявленном заказчиком объёме, посредством снижения вероятности сбоев. В специализированной научной литературе такой подход упоминается, как структурное резервирование.

Развитие методического обеспечения реализации ресурсосберегающих способов перевозок пассажиров автомобильным транспортом требует определения и поиска взаимосвязи таких понятий как ресурсоёмкость, эффективность и надёжность транспортного процесса. Установление искомой взаимосвязи осложняется тем, что рассматриваемые понятия характеризуют функционирование процессов или систем с различных аспектов. Ресурсоёмкость характеризует транспортный процесс с аспекта затрачиваемых ресурсов на единицу полученного результата или выполненной работы и выражается в количестве производственных ресурсов, затрачиваемых в процессе перевозки.

Ресурсоёмкость является величиной обратной эффективности. На практике бывают случаи, когда эти понятия используются, как антонимы, особенно если оценка производится в натуральных измерителях. Однако, это является ошибкой, поскольку ресурсоёмкость представляет собой компоненту эффективности. Чем меньше численное значение ресурсоёмкости, тем выше эффективность. Примерно также оценивают эффективность с использованием затрат в абсолютном или удельном выражении (чем меньше затраты, тем выше эффективность).

Расчет эффективности и ресурсоёмкости основывается на сопоставлении затрат и полученного результата. Количественно результат транспортного процесса на пассажирском автомобильном транспорте оценивается в перевезенных пассажирах, в количестве отработанного времени транспортного средства у заказчика или в объёме выполненной транспортной работы, измеренной в пассажиро-километрах.

Эффективность транспортного процесса по-разному понимается пассажиром и исполнителем перевозок. Для пассажира перевозка эффективна в случае, когда его доставили до места назначения комфортно, принадлежащий ему багаж – без повреждений и потерь, в ожидаемый срок и согласно стоимости, указанной в билете. Исполнитель будет считать перевозки эффективными в случае отсутствия отрицательной динамики отношения полученного результата к эксплуатационным затратам.

Из приведенных соображений следует, что понятие ресурсоёмкости транспортного процесса наиболее применимо для перевозчика, поскольку оно прямо характеризует количество затрачиваемых им ресурсов. В снижении ресурсоёмкости транспортного процесса, прежде всего, заинтересован перевозчик, чтобы повысить эффективность своей работы. Пассажира больше интересует не ресурсоёмкость транспортного процесса, а надёжное его протекание с соблюдением установленных показателей качества [1].

Надёжность функционирования транспортного процесса – это комплексное свойство, включающее его способность обеспечивать соблюдение согласованных между заказчиком и исполнителем транспортной услуги требований по безопасности пассажиров и сохранности их

багажа, соблюдению графика транспортного процесса, а также поддержание и восстановление заданного уровня транспортного обслуживания. Такая трактовка надёжности транспортного процесса приведена в собственных работах авторов [2, 3].

В теории надёжности технических систем одним из методов повышения надёжности машин и оборудования является резервирование [4, 5]. Для обеспечения надёжности транспортного процесса также необходимо определенное количество резервов. В резервировании транспортных процессов имеет место двойственный подход, выражающийся в использовании ресурсного и структурного резервирования. Отличительные признаки ресурсного и структурного резервирования транспортного процесса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Признаки структурного и ресурсного резервирования транспортного процесса

Признак	Ресурсное резервирование	Структурное резервирования
1. Источники резервов	Явные (по численности автопарка и операционного персонала и неликвидным складским запасам)резервы материально-технических и трудовых ресурсов	1. Скрытые (по производительности автопарка и операционного персонала) резервы материально-технических и трудовых ресурсов. 2. Функциональные возможности структурных элементов транспортного процесса
3. Принцип использования резервов	Нагруженный («горячий») резерв	Ненагруженный («теплый» или «холодный») резерв
4. Вид схемы резервирования транспортного процесса	Схемы общего постоянно-го резервирования с целой кратностью.	Схемы резервирования замещением и мажоритарные схемы общего постоянного резервирования.
5. Режим ресурсопотребления	Обычный	Ресурсосберегающий

Источники резервов – это технологическое и кадровое обеспечение транспортного процесса – производственные (материально-технические и трудовые) ресурсы. Ресурсное резервирование осуществляется за счет явных (по численности автопарка и операционного персонала и неликвидным складским запасам)резервов материально-технических и трудовых ресурсов. Примером явного резерва является резерв численности автобусного парка. Величина данного резерва оценивается разностью коэффициентов технической готовности и выпуска подвижного состава на линию за один период времени. Кроме того, данный резерв может также быть оценён разницей в численности списочного парка и парка на линии. Часть технически исправного автопарка, находящегося на территории автотранспортного предприятия без задания на смену, представляет собой явный резерв.

Источниками структурного резервирования являются скрытые (по производительности автопарка и операционного персонала) резервы материально-технических и трудовых ресурсов, а также функциональные возможности структурных элементов транспортного процесса. На практике нередки случаи отсутствия явных резервов численности автопарка. Однако, это не означает, что резервы производственных ресурсов в транспортном процессе отсутствуют. Например, наличие скрытых резервов производственных ресурсов в транспортном процессе подтверждает низкая производительность технологического оборудования и операционного персонала за расчетный период времени.

О наличии не востребуемых производственных ресурсов в транспортном процессе свидетельствуют следующие признаки, наблюдаемые в транспортном процессе автотранспортной компании (табл. 2).

Таблица 2

Признаки наличия не востребуемых производственных ресурсов в транспортном процессе пассажирской автотранспортной компании [6-9]

Наименование производственного ресурса	Элемент производственной системы автоперевозчика	Признаки наличия не востребуемых производственных ресурсов в транспортном процессе
Подвижной состав	Служба эксплуатации	Превышение коэффициента технической готовности над коэффициентом выпуска подвижного состава.
		Малое использование пассажироместимости транспортных средств.
Подвижной состав	Служба эксплуатации	Продолжительный отстой автобусного парка на маршруте во внепиковые периоды.
		Ранний возврат и поздний выпуск подвижного состава на линию.
Водители, кондукторы	Служба эксплуатации	Отсутствие разрывного графика сменности, при продолжительных внепиковых периодах.
Ремонтный персонал	Служба ремонта	Выполнение непрофильной, лишней и повторной работы.
		Большой процент нерегламентированных перерывов в структуре рабочего времени.
		Низкий уровень механизации ремонтного процесса.
		Участие водителей в техническом обслуживании и ремонте подвижного состава.
Дизельное топливо	Служба эксплуатации	При возврате автопарка в гараж отсутствует инструментальный контроль остатков топлива в баках.
Запасные части	Служба ремонта	Отсутствие номенклатурных норм расхода запасных частей.
		Наличие неликвидов на складе.
		Отсутствие оборотного фонда запасных частей.
Автомобильные шины	Служба эксплуатации	Получение новых автошин по нормативному пробегу, а не по факту списания старых автошин.
		Отсутствие системы нормирования эксплуатационного пробега автошин, учитывающей специфику эксплуатации транспортных средств конкретного перевозчика.

Помимо скрытых резервов материально-технических и трудовых ресурсов объектами структурного резервирования также являются функциональные возможности структурных элементов транспортного процесса, определяющие их способность переключаться на резервные режимы работы и совмещать непрофильные функции, при возникновении внештатных ситуаций. Применительно к обеспечению транспортного процесса трудовыми ресурсами, структур-

ное резервирование имеет место, когда персонал специально заранее готовится к выполнению дополнительных функциональных обязанностей, чтобы, при необходимости, выполнять функции того работника, которого надо заменить. Примерами являются случаи наделения водителей автобусов функциями кассиров-контролеров или учетчиков пассажиропотока.

Отличительной особенностью структурного резервирования от ресурсного резервирования состоит в том, что в первом случае изменяется структура транспортного процесса при неизменном количестве используемых материально-технических ресурсов. Во втором случае имеет место обратная ситуация: надёжность транспортного процесса повышается за счет избыточного количества материально-технических и трудовых ресурсов при неизменной структуре транспортного процесса.

Имеющиеся в транспортном процессе резервы могут использоваться в нагруженном и ненагруженном режимах. Используя терминологию теории надежности технических систем, будет справедливо утверждение того, что резервы транспортного процесса используются по принципу так называемого «горячего», «теплого» или «холодного» резерва. Нагруженный «горячий» резерв выполняет те же функции, что и основной элемент, параллельно с ним. При такой организации работы обеспечивается высокая надёжность транспортного процесса, не смотря на высокие затраты, связанные с содержанием «горячего» резерва. Примером «горячего» резервирования на пассажирском автомобильном транспорте является перевозка детей автоколонне в составе нескольких автобусов, вместимость которых превышает фактическую потребность в посадочных местах. При поломке одного из автобусов, дети из его салона перераспределяются по свободным местам исправных автобусов. Переключение ресурсных резервов в нагруженное состояние происходит, например, при их переброске на другой более важный участок работы.

Если ресурсы находятся в ожидании работы до момента возникновения востребованности в их функции, имеет место состояние ненагруженного резерва. Например, исправный автомобиль без задания на смену и без водителя является «холодным» резервом. То же автомобиль, но с водителем, оформленным путевым листом и используемый в режиме дежурного транспортного средства выполняет функцию «теплого» ненагруженного резерва. Например, автобус сошёл с линии. При «теплом» резервировании другой автобус работает последовательно на двух маршрутах: сначала по своему маршруту, а затем переезжает на маршрут неисправного автобуса.

Ключевым моментом, обуславливающим ресурсоемкость транспортного процесса, является схема резервирования. Применяемая схема резервирования определяет количество структурных элементов и каналов доставки в транспортном процессе. Канал доставки представляет собой соединение основных структурных элементов транспортного процесса. Соединения дублирующих (резервных) элементов являются резервными каналами доставки.

Ресурсное резервирование основано на использовании схем общего постоянного резервирования с целой кратностью, когда несколько резервных каналов доставки работают в постоянном режиме параллельно с одним основным каналом доставки. Использование таких схем для повышения надёжности транспортного процесса приведёт к повышению ресурсоёмкости транспортного процесса, поскольку нагруженный резерв работает в постоянном режиме параллельно резервируемому элементу.

Число каналов доставки также напрямую связано с ресурсоёмкостью транспортного процесса при использовании общего постоянного резервирования на основе мажоритарных схем, когда несколько резервных каналов доставки работают в постоянном режиме параллельно с несколькими основными каналами доставки. Ресурсоёмкость при этом возрастает пропорционально увеличению числа каналов доставки. Вместе с тем использование мажоритарных схем постоянного резервирования обуславливает меньшую потребность в резервных каналах доставки в перерасчете на один основной канал доставки. Поэтому мажоритарные схемы постоянного резервирования работают в режиме сберегающего ресурсопотребления.

Режим ресурсосбережения свойственен схемам резервирования замещением. Это схемы не требуют постоянного включения резервных каналов доставки в работу параллельно с ос-

новными каналами доставки. Резервы будут задействованы лишь при отказе основных каналов доставки. В этом случае отсутствует прямая зависимость ресурсоёмкости транспортного процесса от числа основных и резервных каналов доставки, поскольку резервные каналы доставки используются по принципу «теплого» или «холодного» резервов.

Изложение сути рассматриваемых понятий даёт возможность определения их иерархии. Схема резервирования транспортного процесса определяет его ресурсоёмкость и надёжность. Последние две характеристики являются компонентами эффективности транспортного процесса. То есть для рассматриваемых понятий будет справедлива структура, приведенная на рис. 1.

Количественно установленную взаимосвязь предлагается обозначить посредством расчета величины совокупных затрат на автомобильные перевозки:

$$Z_{сов.} = Z_{\phi} + P + Z_{сб.}, \quad (1)$$

где Z_{ϕ} – затраты на формирование резервов в транспортном процессе; P – ресурсоёмкость транспортного процесса; $Z_{сб.}$ – затраты на ликвидацию сбоев в транспортном процессе.



Рис. 1. Иерархия понятий ресурсоёмкости, надёжности и эффективности транспортного процесса

Затраты на формирование резервов включают затраты на приобретение и содержание резерва того или иного вида, создание необходимых коммуникаций или переключателей, а также настройку дополнительных функций у структурных элементов транспортного процесса, например, связанных с обучением операционного персонала.

Затраты (Z_{ϕ}) прямо пропорциональны ресурсоёмкости транспортного процесса в случае ресурсного резервирования, при использовании общего постоянного резервирования на основе схем с целой кратностью. Эти же затраты, при использовании ресурсосберегающих схем структурного резервирования обратно пропорциональны количеству ресурсов, задействованных в транспортном процессе, поскольку обеспечивают достижение его результата меньшим числом каналов доставки.

Затраты на ликвидацию сбоев в транспортном процессе ($Z_{сб.}$) определяются размерами выплат ущерба за причинение вреда жизни и здоровью пассажиров, порчу или утерю багажа, восстановление исправности транспортных средств и других инженерно-технических сооружений, возникших по вине перевозчика, штрафов за невыполнение договорных обязательств по перевозке. Поскольку увеличение надёжности транспортного процесса, независимо от применяемой схемы его резервирования, снижает вероятность и частоту возникновения сбоев, затраты, связанные с их ликвидацией за расчетный период, также будут снижаться. При использовании ресурсосберегающих методов резервирования, вероятность сбоя в транспортном процессе будет дополнительно снижаться вследствие меньшей потребности в резервных каналах доставки. Следовательно, количество резервов, задействованных в транспортном процессе имеет обратное влияние на величину рассматриваемых затрат ($Z_{сб.}$).

Если величины (Z_{ϕ}) и ($Z_{сб.}$) соотнести с результатом транспортного процесса, то будет справедливо равенство:

$$Z_{сов.} = \frac{Z_{\phi} + Z_{сб.}}{Q} + P = \mathcal{E}^{-1}, \quad (2)$$

где Q – результат транспортного процесса, измеренный в перевезённых пассажирах, выполненных пассажиро-километрах или часах отработанного времени автобусом у заказчика, чел. (пасс-км, ч); \mathcal{E} – эффективность транспортного процесса, руб./чел. (пасс-км, ч).

Влияние метода резервирования транспортного процесса на затраты, связанные с его функционированием, систематизировано в табл. 3.

Как видно из табл. 3, снижение ресурсоёмкости и совокупных затрат на перевозку обеспечивает структурное резервирование. Это иллюстрируют графические модели затрат на автомобильные перевозки (рис. 2).

Таблица 3

Влияния метода резервирования транспортного процесса на затраты, связанные с его функционированием

Наименование параметра	Ресурсное резервирование	Структурное резервирование
Затраты на формирование резервов (Z_{ϕ})	Прямое	Обратное
Ресурсоёмкость (P)	Прямое	Обратное
Затраты на ликвидацию сбоев ($Z_{сб.}$)	Обратное	Обратное
Совокупные затраты ($Z_{сов.}$)	Нелинейная функция с нижним экстремумом	Обратное

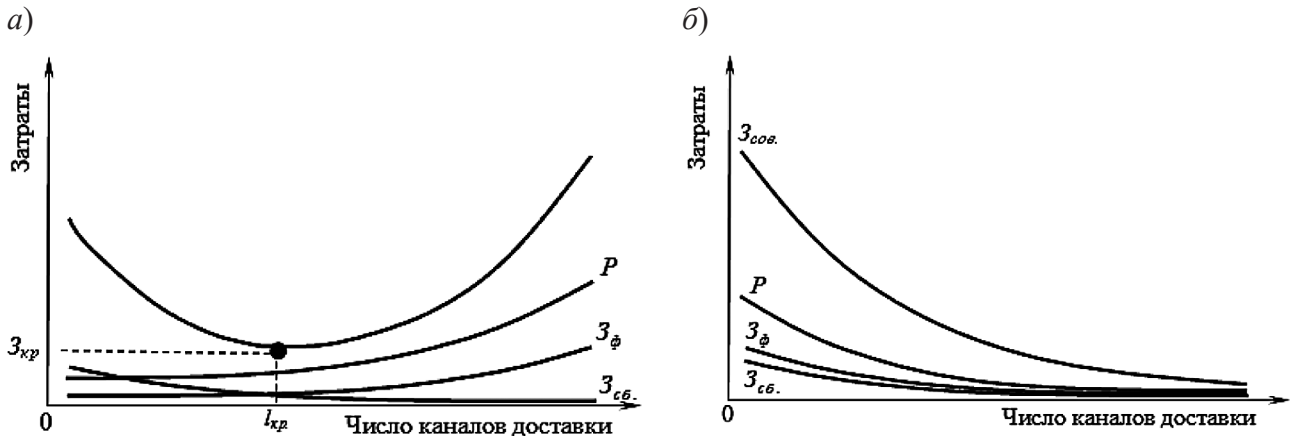


Рис. 2. Графическая модель затрат на автомобильные перевозки, при ресурсном (а) и структурном (б) резервировании транспортного процесса

На рис. 2, а обозначен нижний экстремум функции ($l_{кр.}$), показывающий отсутствие дальнейшей целесообразности вложения средств в наращивание числа резервных каналов доставки, поскольку это приведёт к повышению совокупных затрат ($Z_{сов.}$). То есть, при выборе метода резервирования необходимо соблюдать неравенство:

$$Z_{сов.} \geq Z_{кр.}$$

При этом, величина ($Z_{кр.}$) представляет собой критерий оптимизации функции ($Z_{сов.}$), аргументом которой является число каналов доставки в транспортном процессе в случае общего постоянного резервирования на с целой кратностью. Для ресурсосберегающих способов орга-

низации пассажирских перевозок, основанных на структурном резервировании транспортного процесса, справедлива взаимосвязь, приведенная на рис. 2, б.

Исходя из ф-лы (2), а также из принятого предположения о взаимосвязи исследуемых понятий, величина эффективности транспортного процесса будет равна:

$$\Theta = Z_{сов.}^{-1} = \frac{1}{\frac{Z_{\phi} + Z_{сб.}}{Q} + P} = \frac{Q}{Z_{\phi} + Z_{сб.}} + \frac{1}{P}, \quad (4)$$

Эффективность транспортного процесса в этом случае будет соответствовать кривой (рис. 3).



Рис. 3. Кривая эффективности транспортного процесса, при использовании ресурсосберегающих схем структурного резервирования

Затраты на формирование резервов в транспортном процессе (Z_{ϕ}), при использовании ресурсосберегающих схем структурного резервирования, определяется техническим оснащением транспортного процесса, которое может обеспечить перевозчик, включая подвижной состав, средства связи, оборудование организации дорожного движения, другие технические средства. Поэтому расчет величины (Z_{ϕ}) предлагается производить на основе определения размера капитальных затрат перевозчика за временной период:

$$Z_{\phi} = \frac{D_k}{365} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{C_{o,\phi,i}}{T_{пол,i}},$$

где D_k – продолжительность рассматриваемого периода, дней; $C_{o,\phi,i}$ – суммарная рыночная стоимость основных фондов перевозчика i -й амортизационной группы, задействованных в транспортном процессе, руб.; $T_{пол,i}$ – срок полезного использования основных фондов перевозчика i -й амортизационной группы, задействованных в транспортном процессе, лет; k – число рассматриваемых амортизационных групп согласно [10].

Ресурсоёмкость транспортного процесса определяется количеством затрачиваемых ресурсов на его результат, измеренный в перевезенных пассажирах, пассажиро-километрах или часах отработанного транспортным средством времени у заказчика. В случае, когда количество затрачиваемых ресурсов измеряется в денежных единицах, для определения ресурсоёмкости подходит методика расчета максимальной себестоимости пробега автотранспортных средств, регламентированная нормативным документом [11]:

$$P = \frac{(P_{OTB} + P_{OTK} + P_{ECH} + P_T + P_{см.} + P_{a/и.} + P_{TOuP} + P_{np.}) \cdot \beta}{S}, \quad (6)$$

где P_{OTB} , P_{OTK} , P_{ECH} , P_T , $P_{см.}$, $P_{a/и.}$, P_{TOuP} , $P_{np.}$ – расходы соответственно на оплату труда водителей автобусов, на оплату труда кондукторов автобусов, отчисления во внебюджетные фонды,

топливо, смазочные и прочие эксплуатационные материалы, износ и ремонт автомобильных шин, техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств, а также прочие расходы по основным видам деятельности в сумме с косвенными расходами по автопарку, задействованному в транспортном процессе за рассматриваемый период времени, руб.; β – коэффициент использования пробега на маршруте; S – пробег автотранспортных средств на маршруте за рассматриваемый период, км.

При необходимости, полученный по ф-ле (6) результат приводится к объему перевозок (чел.), объему выполненной транспортной работы (пасс.-км) или часы отработанного времени транспортных средств у заказчика (ч).

Затраты на ликвидацию сбоев в транспортном процессе ($Z_{сб.}$) в виде штрафов и компенсаций за нарушения, возникших в транспортном процессе по вине перевозчика (фрахтовщика) выплачиваются из его средств. Время и место возникновения сбоя в транспортном процессе зависит от множества факторов, имеющих случайную природу. Поэтому величина затрат на ликвидацию сбоев в транспортном процессе зависит от вероятности их возникновения. Чем выше вероятность возникновения сбоев, тем больше искомые затраты. В связи с этим, формула для определения затрат ($Z_{сб.}$) будет иметь вид:

$$Z_{сб.} = \frac{Ш^{\Sigma} \cdot T \cdot Q_{Дк} \cdot D_k \cdot Q(t) \cdot (1 + \gamma)^{\frac{D_k}{365}}}{100 \cdot A_m^{p/c}} \quad (7)$$

где $Ш^{\Sigma}$ – суммарная величина штрафов или компенсаций за нарушение в транспортном процессе, возникающих, как совместные события по вине перевозчика (фрахтовщика) согласно [11], % от платы за проезд; T – плата за проезд пассажира и провоз багажа, руб.; $Q_{Дк}$ – результат транспортного процесса, измеренный в перевезенных пассажирах, за рассматриваемый период времени (D_k), чел.; D_k – продолжительность рассматриваемого периода, дней; $Q(t)$ – вероятность сбоя в транспортном процессе; γ – годовая процентная ставка на капитал; $A_m^{p/c}$ – число транспортных средств, задействованных в транспортном процессе, при использовании ресурсосберегающих схем структурного резервирования, ед.

Величина ($Z_{сб.}$) представляет собой некие денежные средства, которые перевозчик должен зарезервировать перед началом транспортного процесса в рамках договора на перевозку пассажиров. Множитель $(1 + \gamma)^{\frac{D_k}{365}}$ обеспечивает учёт обесценивания зарезервированных перевозчиком денежных средств в течение расчётного периода (D_k).

Соотношение числа резервных каналов доставки в транспортном процессе и общего числа каналов доставки показывает величина (v):

$$v = \frac{l - h}{h}, \quad (8)$$

где $(l - h)$ – число резервных каналов доставки в транспортном процессе, сформированных перевозчиком; l – сумма основных и резервных каналов доставки; h – число основных каналов доставки в транспортном процессе, достаточных для выполнения договора на перевозку.

В отличие от кратности резервирования величина (v) может быть представлена десятичной дробью. Из теории надежности технических систем известно, что кратность резервирования представляется натуральной дробью, причем в вычислениях не допускается её сокращения. Построение зависимости эффективности транспортного процесса при ресурсном его резервировании от количества резервных каналов доставки требует наличия ряда значений (v). Определение этого ряда предлагается производить на основе арифметической прогрессии:

$$v_n = v_1 + d \cdot (n - 1), \quad (9)$$

где v_n – значение любого члена ряда прогрессии; v_1 – значение первого члена ряда прогрессии; d – разность прогрессии; n – порядковый член ряда прогрессии.

Используя ф-лу (9) производится определение значений кратности резервирования, по которым будет строиться кривая эффективности транспортного процесса. При этом необходимо задать разность прогрессии и максимальную величину избыточности транспортного процесса, рассматриваемую в расчетах. Значение первого члена ряда принимается равным нулю.

Если принять число транспортных средств, задействованных в транспортном процессе, согласно заявки заказчика (A_m) равным сумме основных и резервных каналов доставки (l), а число транспортных средств, задействованных в транспортном процессе, при использовании ресурсосберегающих схем структурного резервирования ($A_m^{p/c}$) равным числу основных каналов доставки, достаточных для выполнения договора на перевозку (h), то формула для расчета кратности резервирования транспортного процесса примет вид:

$$v = \frac{A_m - A_m^{p/c}}{A_m^{p/c}} = \frac{A_m}{A_m^{p/c}} - 1, \quad (10)$$

Выразив искомую величину из ф-лы (10), получается формула для расчета ($A_m^{p/c}$):

$$A_m^{p/c} = \frac{A_m}{1 + v}, \quad (11)$$

Вероятность сбоя в транспортном процессе $Q(t)$ является величиной, противоположной вероятности безотказного его функционирования:

$$Q(t) = 1 - P(t), \quad (12)$$

В соответствии с положениями теории надёжности, вероятность безотказной работы процесса или системы зависит от числа и надёжности работы его элементов. Приняв за число структурных элементов транспортного процесса число задействованных транспортных средств, вероятность сбоя будет определяться по формуле

$$Q(t) = 1 - \prod_{i=1}^{A_v} P_i, \quad (13)$$

где P_i – вероятность безотказной работы i -го транспортного средства на маршруте.

При равнонадежной работе транспортных средств, формула для расчета $Q(t)$ примет вид:

$$Q(t) = 1 - P^n, \quad (14)$$

где n – число транспортных средств, задействованных в транспортном процессе, ед.

При расчете $Q(t)$, число транспортных средств, задействованных в транспортном процессе (n), будет соответствовать величине ($A_m^{p/c}$). Поскольку ф-лы (13–14) предусматривают целое значение (n), в расчетах дробное значение ($A_m^{p/c}$) округляется до целого в меньшую сторону. При отсутствии резервных каналов в транспортном процессе справедливо равенство: $n = A_m$.

Предложенный математический аппарат обеспечивает возможность количественного обоснования зависимости эффективности транспортного процесса от числа резервных каналов доставки, при использовании структурного резервирования. Справедливость установленной взаимосвязи исследуемых понятий доказана посредством математического моделирования совокупных затрат на транспортный процесс.

Математическое моделирование производилось по двум вариантам перевозки пассажиров: транспортными средствами малого класса (категории М2) и большого класса (категории М3). Значения исходных данных, используемых в математической модели, соответствуют условиям эксплуатации автобусов на городских маршрутах Магнитогорского городского округа. Информационной базой для формирования массива исходных данных является документ [12].

Вычислительный эксперимент осуществлялся средствами стандартного программного обеспечения Microsoft Excel. Значение величины (ν), являющейся аргументом функции эффективности транспортного процесса, приведены в табл. 4.

Для расчета ресурсоёмкости транспортного процесса использовалась методика определения начальной (максимальной) цены контракта в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом, утвержденных приказом Минтранса [10]. Результаты расчета приведены в табл. 5.

Таблица 4

Результаты расчета величин (ν), ($A_m^{p/c}$)

Значения избыточности транспортного процесса	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Потребность в автобусах, при использовании ресурсосберегающих схем, ед.	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0	1,7

Таблица 5

Результаты расчета приведённых эксплуатационных затрат, руб./км

Наименование затрат	Малый класс	Большой класс
Расходы на оплату труда водителей	3,93	6,19
Расходы на оплату труда кондукторов	0,00	2,93
Отчисления на социальные нужды	1,18	2,74
Расходы на топливо	5,17	14,82
Расходы на смазку	0,39	1,11
Расходы на шины	0,16	0,93
Расходы на ТО и ремонт	7,70	15,26
Прочие и косвенные расходы	8,05	19,28

При расчете затрат на ликвидацию сбоев число структурных элементов транспортного процесса принято равным числу задействованных в нем транспортных средств. Транспортные средства равнонадёжны. Вероятность безотказной работы транспортного средства принято равной коэффициенту технической готовности ($\alpha_m = 0,95$). Следует отметить, что при расчете вероятности сбоя, дробное значение числа транспортных средств, задействованных в транспортном процессе, округляется до целого в меньшую сторону. Пояснения к расчету $Q(t)$ приведены на рис. 4.

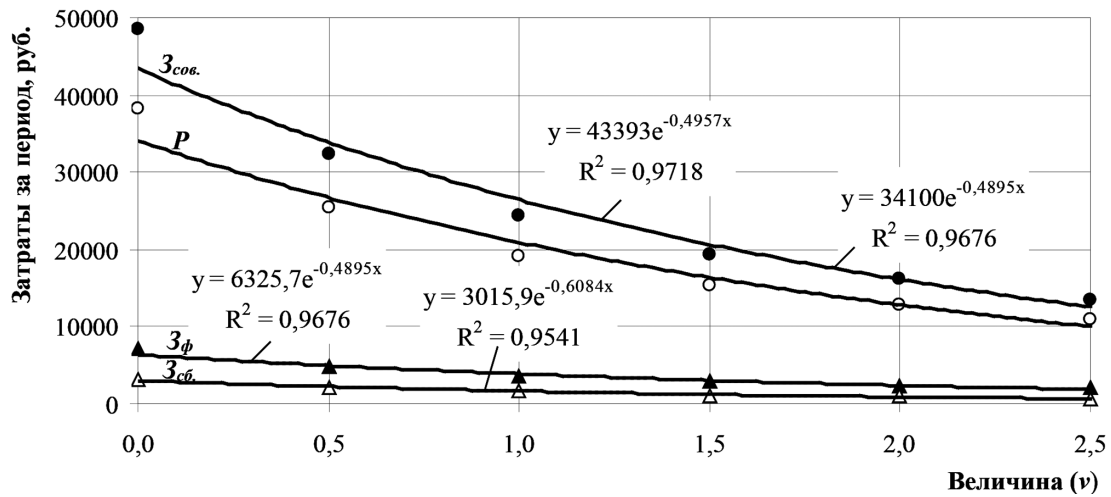
По результатам расчетов построены графические модели, приведённые на рис. 5, 6. Положительные результаты проверки результатов моделирования с использованием критерия Фишера [13] позволяют судить об адекватности предлагаемой математической модели. Анализируя полученные графические зависимости, приведённые на рис. 5, можно утверждать, что вид кривых соответствует предполагаемой форме графической модели, приведённой на рис. 2, б. Это же можно утверждать относительно кривой эффективности транспортного процесса (см. рис. 6).

Предложенный в данной статье математический аппарат, а также результаты математического моделирования позволяют считать доказанной установленную взаимосвязь исследуемых понятий, а также справедливой принятую гипотезу того, что снижение ресурсоёмкости пассажирских автомобильных перевозок обеспечивается наращиванием числа резервных каналов доставки в транспортном процессе на основе структурного резервирования.

Значение аргумента функции	Потребность в ТС	Расчет вероятности сбоя	Структурно-функциональная схема транспортного процесса
$v = 0$	$A_M^{pl/c} = A_M = 6$	$Q(t) = 1 - 0,95^6 = 0,26$	$P_1 = 0,95$ $P_2 = 0,95$ $P_3 = 0,95$ $P_4 = 0,95$ $P_5 = 0,95$ $P_6 = 0,95$
$v = 0,5$	$A_M^{pl/c} = 4$	$Q(t) = 1 - 0,95^4 = 0,18$	$P_1 = 0,95$ $P_2 = 0,95$ $P_3 = 0,95$ $P_4 = 0,95$
$v = 1,0$	$A_M^{pl/c} = 3$	$Q(t) = 1 - 0,95^3 = 0,14$	$P_1 = 0,95$ $P_2 = 0,95$ $P_3 = 0,95$
$v = 1,5$	$A_M^{pl/c} = 2$	$Q(t) = 1 - 0,95^2 = 0,1$	$P_1 = 0,95$ $P_2 = 0,95$
$v = 2,0$	$A_M^{pl/c} = 2$	$Q(t) = 1 - 0,95^2 = 0,1$	$P_1 = 0,95$ $P_2 = 0,95$
$v = 2,5$	$A_M^{pl/c} = 1$	$Q(t) = 1 - 0,95^1 = 0,05$	$P_1 = 0,95$

Рис. 4. Схема расчёта вероятности сбоя в транспортном процессе

а) Автобусы категории М2



б) Автобусы категории М3

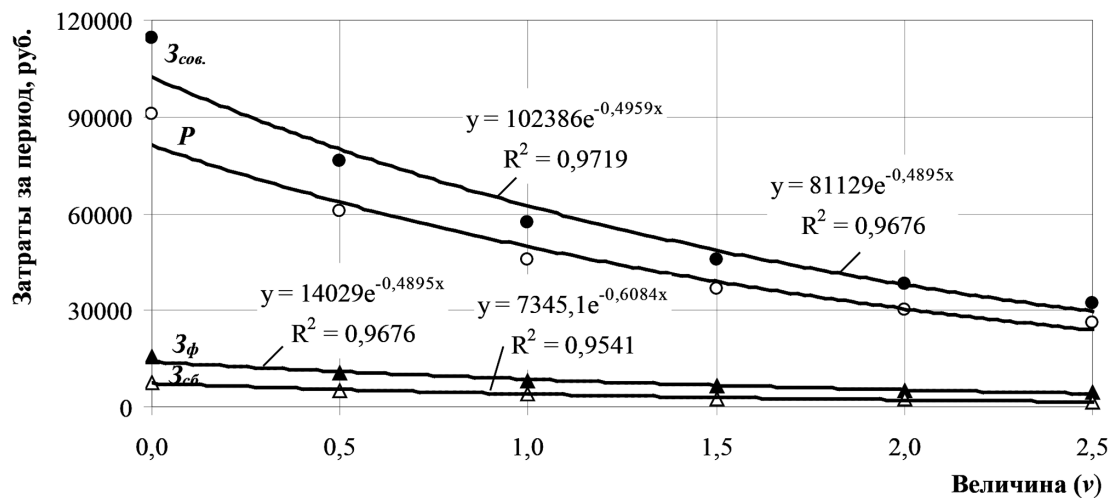


Рис. 5. Графическое представление результатов математического моделирования совокупных затрат на транспортный процесс

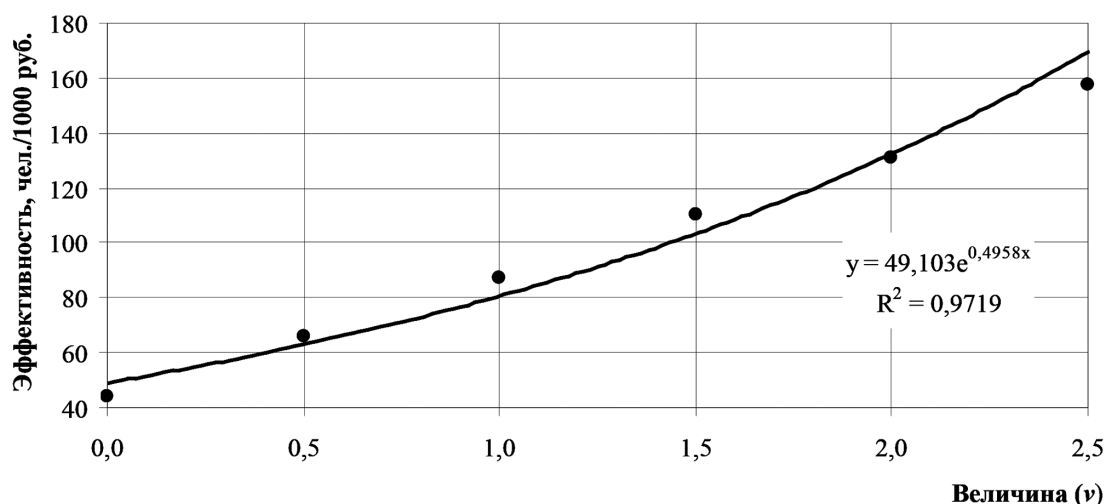


Рис. 6. Графическое представление результатов математического моделирования эффективности транспортного процесса (усредненные значения по категориям автобусов)

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51004-96 Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества (принят в качестве межгосударственного стандарта ГОСТ 30594-97).
2. Грязнов М.В. Обеспечение надежности функционирования транспортных систем доставки автомобильным транспортом (на примере Уральского региона): дисс. ... д-ра техн. наук – Москва, 2014. – 292 с.
3. Курганов В.М., Грязнов М.В. Управление надежностью транспортных систем и процессов автомобильных перевозок – Монография: Магнитогорск: Изд-во «Магнитогорский Дом печати», 2013. – 318 с.
4. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 702 с.
5. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: Учеб. пособие для вузов /И.А. Ушаков. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.
6. Грязнов М.В., Санников К.Б., Колобанов С.В. и др. Нормирование расхода дизельного топлива при эксплуатации автосамосвалов // Экономика и производство. – 2006. № 3. С. 52–55.
7. Грязнов М.В., Санников К.Б., Колобанов С.В. и др. Повышение эффективности нормирования запасных частей для автосамосвалов // Экономика и производство. – 2006. № 2. С. 49–53.
8. Грязнов М.В., Адувалин А.А. Резервирование автомобильных шин для обеспечения надежности перевозок без увеличения складских запасов // НТТ – наука и техника транспорта. – 2012. № 4. С. 51–57.
9. Грязнов М.В., Давыдов К.А., Адувалин А.А. Идентификация невостребованных в транспортном процессе производственных ресурсов // Мир транспорта. – 2018. Том 16, № 5. С. 92–101.
10. Постановление Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы».
11. Приказ Минтранса России № 513 от 8 декабря 2017 г. «Порядок определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».
12. Расчетно-пояснительная записка к определению начальной (максимальной) цены контракта на осуществление регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом по маршруту № 4 Магнитогорского городского округа Челябинской области – Магнитогорск, 2018 г.
13. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. перераб и доп. – М.: Высшая школа, 1988. – 239 с.

УДК 656.02/004.942

Наталья Григорьевна Куфтинова,
канд. техн. наук, доцент
(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет)
E-mail: nat.gk@mail.ru

Natal'ya Grigor'evna Kuftinova,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor,
(Moscow Automobile & Road Construction
State Technical University)
E-mail: nat.gk@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

MODEL OPERATION OF DYNAMICS OF MOTOR TRANSPORTATION STREAMS BY MEANS OF THE CLUSTER ANALYSIS

В данной статье рассматривается вопрос исследования кластерного анализа динамики транспортных потоков. По модели следования за лидером рассмотрено условие возникновения синергии и других стационарных состояний, зависимости скорости 3-кластеров от длины, расположения и расстояния между ними, где масса потока, например, на кольце разбивается на кластеры в зависимости от скорости (интенсивности или плотности) потока. Повышение эффективности работы транспорта и максимальное удовлетворение потребностей населения в перевозках достигается, прежде всего, в результате рациональной организации дорожного движения, способствующей сокращению сроков доставки грузов и пассажиров, повышению уровня безопасности движения и снижению негативного воздействия транспортных средств (ТС) на окружающую среду.

Ключевые слова: динамика автотранспортных потоков, модель следования за лидером, синергия, кластер, пропускная способность, динамический габарит.

In this article, the question of a research of cluster model operation of dynamics of traffic flows is considered. On following model for the leader the condition of emergence of synergy and other stationary states, dependences of speed of 3 clusters on length, an arrangement and distance between them where the mass of a stream, for example, on a ring breaks into clusters depending on speed (intensity or density) a stream is considered. Increase in overall performance of transport and the maximum satisfaction of needs of the population for transportations is reached, first, because of the rational organization of traffic promoting reduction of delivery periods of goods and passengers, increasing the level of security of driving and decrease in negative impact of vehicles on a surrounding medium.

Keywords: dynamics of motor transportation streams, following model for the leader, synergy, a cluster, a channel capacity, a dynamic dimension.

Одной из причин появления заторов является неэффективное управление потоками на регулируемых перекрестках. Выбор полосы движения жизненно важен для транспортного потока трафика: в отличие от меняющихся полос движения, это первую очередь зависит от маршрута транспортного средства и дальности расстояния пути пребывания. С этого расстояния до точки принятия решения транспортное средство может попытаться перейти на определенную полосу движения [3]. Однако выбор полосы не просто зависит от характеристик статической сети, но и от окружающих транспортных средств: выбор полосы, ускорение и замедление позволяют автомобилям сотрудничать с другими транспортными средствами, например, чтобы облегчить слияние одного потока из разных полос движения по трафику. Это, в свою очередь, влияет на пропускную способность зоны слияния и сильно зависит от ситуации. Свободное движение в условиях крупных мегаполисов является очень редким событием. Чаще всего водитель находится в условиях связанного движения, где его скорость существенно зависит от впереди идущего автомобиля (лидера). Модель следования за лидером, как микроскопический подход, явилась фундаментом для создания практически всех известных микро и макромоделей трафика [2, 3]. Вопрос исследования динамики транспортного потока с помощью такого поня-

тия как кластер, можно представить цепочками автомобилей, движущихся с почти равномерной скоростью на некотором расстоянии друг.

Кластер – это предельное устойчивое движение системы из двух и более частиц (автомобилей, клеток и т.д.) на одинаковом расстоянии друг от друга в модели следования за лидером. Основным понятием в модели следования за лидером является динамический габарит [1, 4]. В данной модели рассматривается движение частиц в одном направлении друг за другом без возможности обгона. Движение каждого автомобиля в модели следования за лидером в пределе зависит от характера движению первого автомобиля – лидера. Это значит, что всю цепочку движущихся автомобилей можно рассматривать как единое целое – пачку или кластер. Используя данное понятие рассмотрим двуполостный носитель с полосами $X^{(1)}$ и $X^{(2)}$, каждая длины L . По полосам движения совершают движение три типа кластеров: 1-кластеры, 2-кластеры и 3-кластеры. Скорости кластеров равны v_1, v_2, v_3 , длины d_1, d_2, d_3 и количество n_1, n_2, n_3 соответственно. 1-кластеры равномерно располагаются на полосе $X^{(1)}$ на расстоянии l_1 друг от друга, 2-кластеры равномерно располагаются только на полосе $X^{(2)}$ на расстоянии l_2 друг от друга. 1- и 2-кластеры двигаются только по своим полосам, 3-кластеры могут менять свою полосу. Будем рассматривать следующий случай: $v_3 > v_2 > v_1, n_3 = 1, n_2 > 1, n_1 > 1$. Определим условия возникновения синергии (свойство системы, достижение состояния законченными промежутками времени, при котором отсутствует конкуренция) и других стационарных состояний, зависимость скорости 3-кластеров от длины и расположения 1- и 2-кластеров, расстояния между ними.

Для этого рассмотрим два случая, первый, когда в задаче просачивания быстрого кластера в потоке медленных кластеров одной плотности, где необходимо установить наличие стационарных состояний системы и условия их возникновения, зависимость скорости 1-кластера от начальной конфигурации системы. Второй, в задаче просачивания быстрого кластера в потоке медленных кластеров одной плотности, то 2-кластер не сможет совершить обгон и будет следовать за 1-кластером.

Определим следующие величины:

Относительные скорости:

$$\Delta v_1 = v_3 - v_1, \Delta v_2 = v_3 - v_2, \Delta v_3 = v_2 - v_1.$$

Относительное расстояние:

$$\Delta l = l_1 - d_2.$$

Время прохождения относительного расстояния 3-кластером:

$$t_1 = \frac{\Delta l}{\Delta v_3}.$$

Время прохождения расстояния между 1- и 2-кластерами 3-кластером:

$$t_2 = \frac{l_1}{\Delta v_1}.$$

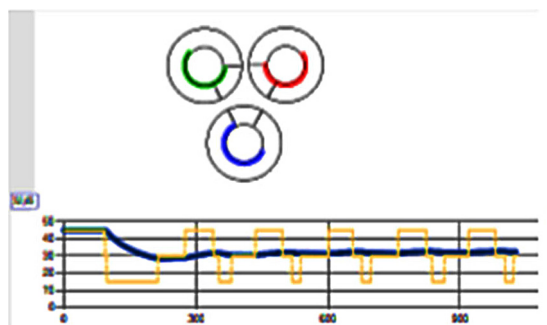
Так как t_1 характеризует время, разрешающее обгон, а t_2 – время, необходимое для совершения обгона, то очевидно, что на совершение обгона 3-кластеру не хватит времени. 3-кластер будет следовать за более быстрым 2-кластером со скоростью v_1 .

Аналогично рассмотрим, если кластер разделим на 3-части $\Delta d_3 = v_1(t_1 - t_2)$, то наступит синергия.

В данном случае время для совершения обгона t_1 больше, чем требуемое время t_2 , поэтому часть 3-кластера будет отделяться от общей группы и продолжать движение со своей скоростью v_3 . Другая часть, не успевшая совершить обгон, длины $\Delta d = d_3 - \Delta d_3$ будет по-прежнему оставаться на полосе $X^{(1)}$ и ждать возможности возвращения на более быструю полосу $X^{(2)}$. В итоге 3-кластер разделится на группы длины Δd_3 , имеющие возможность перестраиваться без помех.

Рассмотрим любой замкнутый участок дороги, который аппроксимируется в виде кольца, где общая протяженность дороги будет составлять его длину. Масса потока на кольце раз-

бивается на кластеры в зависимости от скорости (интенсивности или плотности) потока. В одномерной сети, рассматриваемой на примере городской УДС, учитываются размеры колец и расположение узлов. Общие точки (узлы) на сети являются точками конфликта потоков разных колец. На УДС города такие точки обозначают регулируемые и не регулируемые перекрестки, прямолинейные участки дороги, общие для двух колец, круговые развязки и места соединения разветвления дорог. Выберем две одномерных сети из 3-х с одинаковой массой потока 14 400 транспортных средств. Поток разбит на кластеры одинаковой плотности. Длина каждого кольца 900 метров. Взаимодействие кластеров автомобилей продемонстрируем на примере регулируемого перекрестка. Один кластер (кластер-пробка, лидер) – группа автомобилей, уже остановившаяся перед пересечением и ожидающая возможности проезда. Другой кластер (догоняющий, аутсайдер) – группа автомобилей, приближающаяся к пересечению (рисунок).



Кластерная модель на одномерной замкнутой сети из 3-х колец

Приближаясь к перекрестку, скорость автомобилей и расстояние между ними уменьшается постепенно, что является аналогом локального распространения информации в кластере. Ближе к пробке автомобили останавливаются, трансформируясь из догоняющего кластера в кластер-пробку, аналогично результату взаимодействия двух и более кластеров на прямой. В случае разделения потоков на типы (местный и транзитный или грузовой и легковой) кластеры разных типов не взаимодействуют друг с другом. В этом случае они ведут себя аналогично несжимаемым кластерам.

Таким образом, в результате моделирования динамики транспортных потоков на основе кластерного анализа получены численные данные о средней скорости потока на всей сети. При этом в первом случае длина кластеров больше 450 метров, во втором меньше. В результате получено увеличение скорости транспортного потока на 30 % при движении на 4-х кольцах, где скорость максимальна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куфтинова, Н.Г. Моделирование индивидуального поведения водителя на регулируемом перекрестке с помощью программных средств /Н.Г. Куфтинова Н.Г. // International innovation research: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. Ч. 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018. — С. 40–44.
2. Куфтинова, Н.Г. Математическое моделирование транспортных потоков на основе макро- и микро- подходов городской транспортной системы /Н.Г. Куфтинова// Транспортное планирование и моделирование. Цифровое будущее управления транспортом: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. – М.: МАДИ, 2018. – С. 67–77.
3. Куфтинова, Н.Г. Интеллектуальная транспортная инфраструктура мегаполиса на основе геоанализа и геомоделирования автотранспортных систем/Н.Г. Куфтинова // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: материалы международной научно-практической конференции. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 76–82.
4. Kolmogorov A.N., Selected works. In 6 volumes. Volume 1: Mathematics and mechanics. Nauka, Moscow, 1985, pp 14–69 (In Russia) (Tikhomirov V.M. and Magaril-Ilyayev G.G., Inequalities for derevatives, pp. 387–389).

УДК 656.1

Александр Владимирович Литвинов,
руководитель проектов
Вадим Валерианович Донченко,
канд. техн. наук, научный руководитель института
(ОАО «Научно-исследовательский
институт автомобильного транспорта»)
E-mail: litvinov@niiat.ru,
donchenko@niiat.ru

Alexander Vladimirovich Litvinov,
scientific supervisor
Vadim Valerianovich Donchenko,
PhD of Tech. Sci., Research Director
(Open joint-stock company “Scientific
and Research Institute of Motor Transport”)
E-mail: litvinov@niiat.ru,
donchenko@niiat.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ

URBAN TRAVEL MODE CHOICE MODELLING

Повышение устойчивости функционирования городских транспортных систем связано с перераспределением транспортного спроса от использования индивидуальных автомобилей к использованию общественного транспорта и не моторизированных способов передвижения. Для обоснования мероприятий по управлению транспортным спросом необходимы соответствующие инструменты – модели, позволяющие прогнозировать последствия принятия решений. Такими моделями являются модели выбора способа передвижения.

В данной работе рассмотрены методологические подходы к моделированию выбора способа передвижения. Предложенные подходы базируются на моделях дискретного выбора. В работе представлены результаты практической апробации предлагаемых подходов для условий г. Южно-Сахалинска.

Ключевые слова: выбор способа передвижения, логит-модель, полезность.

Improving the sustainability of urban transport systems is associated with the shifting of travel demand from the use of private cars to the use of public transport and non-motorized travel modes. Appropriate tools and models are needed for predicting the consequences of decision-making on travel demand management. Such models are travel mode choice models.

In this paper, we consider methodological approaches to travel mode choice modeling. The proposed approaches are based on discrete choice models. This paper presents the results of practical testing of the proposed approaches for the conditions of the city of Yuzhno-Sakhalinsk.

Keywords: travel mode choice, logit model, utility.

Модели выбора способа передвижения являются ключевыми инструментами для прогнозирования пассажиропотоков на общественном транспорте, разработки тарифной политики, оценки мероприятий по управлению транспортным спросом и при решении других задач.

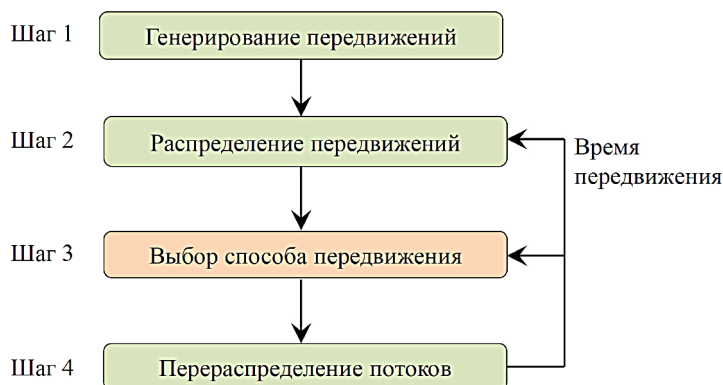


Рис. 1. Традиционная четырехшаговая модель

Модели выбора способа передвижения могут быть как самостоятельными моделями, так и составляющими более сложных моделей. Так, модель выбора способа передвижения является третьим шагом четырехшаговой транспортной модели (рис. 1). На шаге выбора способа передвижения определяется способ передвижения для каждой корреспонденции, определенной на шаге распределения передвижений (шаг 2). В рамках четырехшаговой модели, как правило, все пункты отправления и назначения объединены в транспортные зоны, а индивидуальные и семейные характеристики пользователей либо не учитываются, либо учитываются агрегировано.

Альтернативой агрегированным моделям является агентное моделирование, при котором рассматриваются передвижения (цепочки передвижений) каждого пользователя транспортной системы.

На практике широко используются две модели выбора способа передвижения: мультиномиальная логит-модель и вложенная логит-модель [5], которые относятся к моделям дискретного выбора (рис. 2). Вложенная (иерархическая) модель используется обычно для моделирования выбора различных видов общественного транспорта, имеющих схожие характеристики. В зависимости от рассматриваемого города, задач планирования в модель могут быть включены различные способы передвижения: автомобиль, автобус, трамвай, метро, железная дорога, велосипед, пешком и другие.

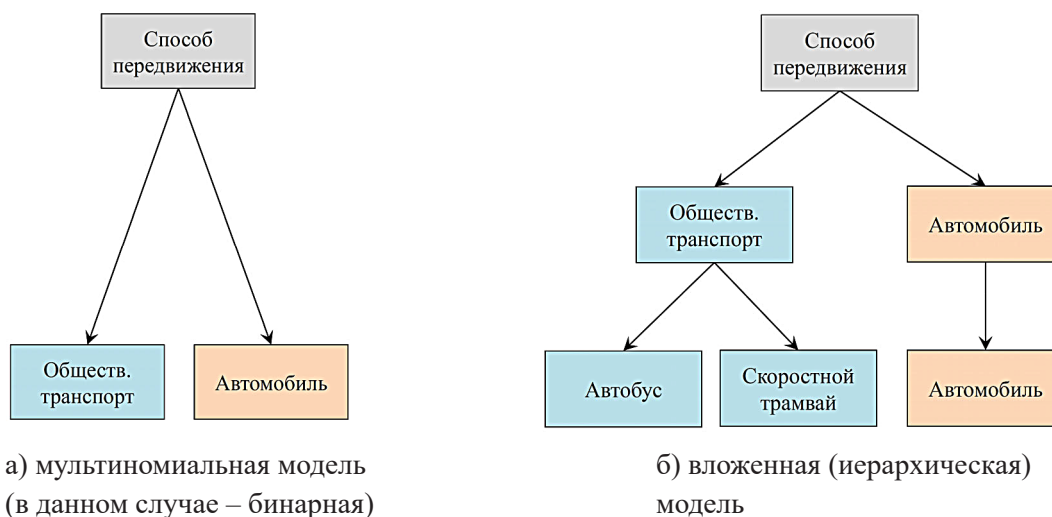


Рис. 2. Модели выбора способа передвижения

Модели дискретного выбора базируются на следующем постулате:

вероятность выбора индивидом данного варианта есть функция его социально-экономических характеристик и относительной привлекательности данного варианта [4].

Модель позволяет определить вероятность выбора способа передвижения, основываясь на полезности этого способа по сравнению с полезностями других способов передвижения [4]:

$$P_{mq} = \frac{e^{U_{mq}}}{\sum_{n \in A_q} e^{U_{nq}}},$$

где U_{mq} – функция полезности m -го способа передвижения; A_q – все способы передвижения n доступные для пользователя q .

Функция полезности может быть представлена в виде суммы систематической (измеряемой) и случайной составляющих:

$$U_{nq} = V_{nq} + \varepsilon_{nq},$$

где V_{nq} – систематическая (измеряемая) составляющая функции полезности;
 ε_{nq} – случайная составляющая функции полезности.

Систематическая (измеряемая) составляющая функции полезности, как правило, имеет линейный вид:

$$V_{nq} = \sum_k \beta_{kn} X_{nkq},$$

где X_{nkq} – k -я характеристика способа передвижения n для пользователя q ; β_{kn} – оцениваемые коэффициенты.

Случайная составляющая функции полезности ε_{nq} отражает предпочтения и вкусы каждого пользователя, а также возможные ошибки наблюдения или измерения. В логит-модели предполагаемое распределение ошибок подчиняется распределению Гумбеля (распределение экстремальных значений типа 1).

Характеристики, используемые при моделировании выбора способа передвижения:

- характеристики передвижения (цель передвижения, время начала передвижения и др.);
- социально-экономические характеристики пользователя и домохозяйства (наличие водительских прав, количество автомобилей в домохозяйстве, размер домохозяйства, доход, пол, возраст и др.);
- характеристики уровня обслуживания каждым способом передвижения (время движения в транспортном средстве, время ожидания на остановочном пункте, стоимость проезда и др.).

Модели выбора способа передвижения могут сильно отличаться друг от друга. В одних случаях индивидуальные и семейные характеристики пользователей включаются в модель, в других – нет. Это сильно зависит от специфики решаемых задач и доступности исходных данных. Для моделей, основанных на моделировании отдельных пользователей, (агентное моделирование) характеристики передвижения, индивидуальные и семейные характеристики пользователя могут напрямую входить в функции полезности.

Для агрегированных моделей рассматривается не отдельный пользователь транспортной системы, а однородные группы пользователей, сформированные по уровню доходов, наличию автомобиля в семье и т.п. (рис. 3). Комбинация целей передвижений и групп пользователей формируют так называемые слои спроса. Функции полезности определяются для каждого способа передвижения каждого слоя транспортного спроса. Такой подход позволяет учесть цели передвижений и индивидуальные характеристики пользователей в рамках агрегированной транспортной модели.

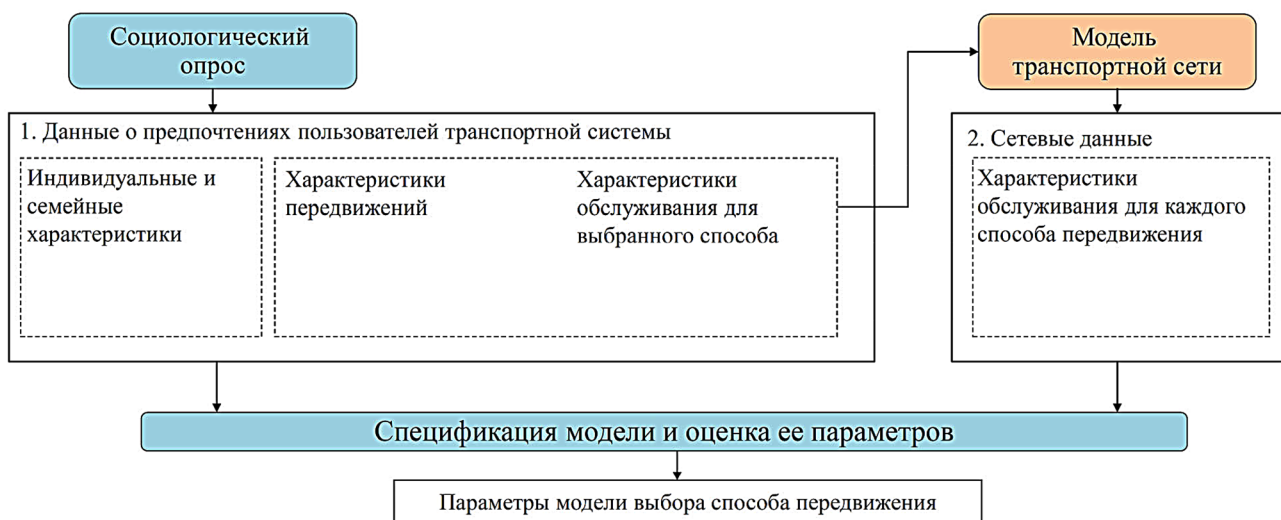


Рис. 3. Группировка пользователей при моделировании выбора способа передвижения

Модели дискретного выбора, как правило, не могут быть откалиброваны на основе стандартных методов аппроксимации, таких как, например, метод наименьших квадратов, поскольку зависимая величина (вероятность выбора) по результатам опросов принимают дискретные значения (0 или 1).

Для оценки параметров (калибровки) таких моделей может быть использован метод максимизации функции вероятности:

$$\ln L(\beta) = \sum_{q \in Q} \sum_{n \in A_q} g_{nq} \ln P_{nq},$$

где Q – выборка пользователей;

g_{nk} – фиктивная переменная (1 – способ передвижения n выбран пользователем q , иначе – 0).

В агрегированных моделях для перехода от вероятностей осуществления передвижения каждым способом к количеству передвижений каждым способом матрицы корреспонденций перемножаются поэлементно с соответствующими матрицами вероятностей.

$$N_{mq}^{(ij)} = P_{mq}^{(ij)} \cdot N_q^{(ij)},$$

где $N_{mq}^{(ij)}$ – количество передвижений с использованием способа передвижения m для слоя спроса q между зонами i и j ;

$N_q^{(ij)}$ – количество передвижений для слоя спроса q между зонами i и j ;

$P_{mq}^{(ij)}$ – вероятность выбора способа передвижения m для пользователя (сегмента спроса) q между зонами i и j .

С учетом описанного выше подход к построению модели выбора способа передвижения включает выявление транспортных предпочтений при выборе способа передвижения, определение характеристик транспортного обслуживания для каждого способа передвижения, разработку спецификации модели и определение коэффициентов функции полезности для каждого способа передвижения (рис. 4).

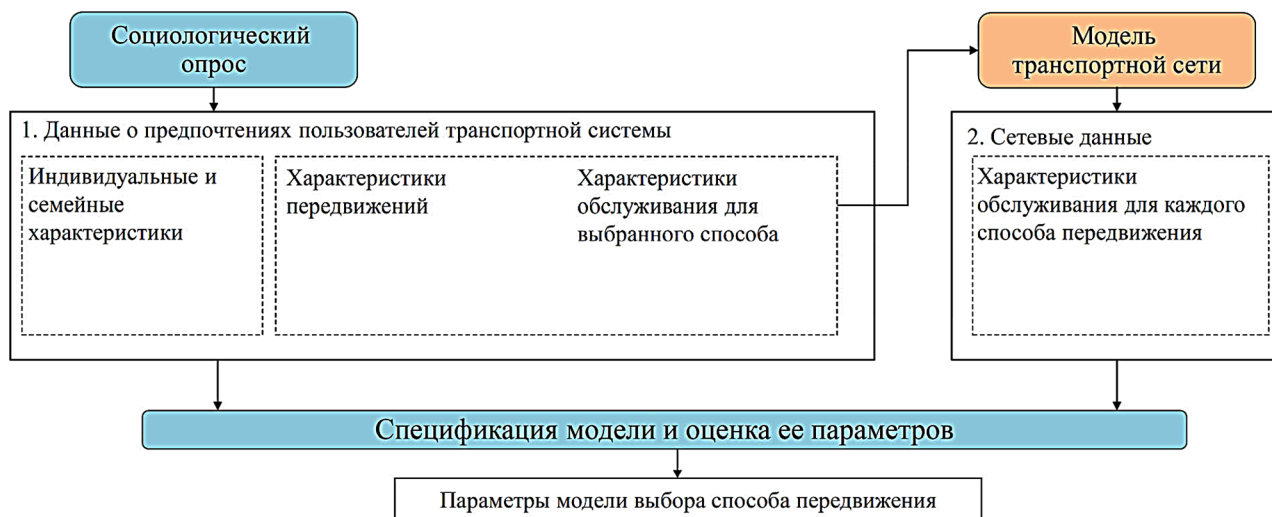


Рис. 4. Методологический подход к разработке модели выбора способа передвижения

При моделировании могут рассматриваться как отдельные передвижения, так и цепочки передвижений. Более предпочтительный подход – подход, основанный на цепочках передвижений, где отдельные передвижения – это их компоненты.

Описанная методология была апробирована на примере города Южно-Сахалинска. Область исследования включала территорию города Южно-Сахалинска и двух небольших насе-

ленных пунктов с. Дальнее и с. Новая Деревня, имеющие с городом общую границу. Общая численность населения в зоне исследования составляет около 200 тыс. чел.

Основным источником информации для данного исследования являлся опрос жителей города Южно-Сахалинска о совершенных передвижениях. Опрос проводился по телефону в марте-апреле 2016 года и охватил более 1500 человек в возрасте не моложе 16 лет. Выборка репрезентативна по полу, возрасту и географической принадлежности. Анкета опроса включает вопросы для получения детальной информации о социально-экономических характеристиках респондента и совершенных передвижениях за предыдущие сутки. Опрос проводился со вторника по субботу, поэтому выборка включает информацию о совершенных передвижениях только для будних дней.

С использованием модели транспортной сети для каждого передвижения были подготовлены данные по времени и затратам на осуществление передвижения каждым способом.

Основной фокус в данной работе сделан на исследовании трудовых передвижений, поскольку они занимают большую долю в общем объеме передвижений и формируют пиковые нагрузки на транспортную систему города.

При построении модели приняты во внимание основные альтернативы и факторы, влияющие на выбор способа передвижения. В модели рассматриваются три способа передвижения: на автомобиле, на автобусе и пешком (таблица).

Параметры модели выбора способа для передвижений Дом-Работа-Дом в г. Южно-Сахалинске

Способ	Параметр	Наименование	β -коэф.	t -стат.
Пешком	$T_{w walk}$	Время движения пешком, мин.	-0,073	-6,90
	$Walk$	Специфический атрибут для способа «Пешком»	5,384	7,41
На автомобиле	$T_{b car}$	Время движения в транспортном средстве, мин.	-0,036	-2,10
	$C_{t car}$	Стоимостные затраты, руб.	-0,016	-3,05
	N_c	Количество автомобилей, ед.	1,517	5,22
	DL	Наличие водительского удостоверения (1 – да, 0 – нет)	2,319	4,94
На автобусе	$T_{b bus}$	Время движения в транспортном средстве, мин.	-0,036	-2,10
	$T_{w bus}$	Время движения пешком, мин.	-0,073	-6,90
	$T_{wt bus}$	Время ожидания транспортного средства на остановке, мин.	-0,083	-2,13
	$C_{t bus}$	Стоимостные затраты, руб.	-0,016	-3,05
	GD	Пол (1 – женщина, 0 – мужчина)	1,086	3,13
	SI	Возраст ≥ 45 лет (1 – да, 0 – нет)	0,785	2,23
	Bus	Специфический атрибут для способа «На автобусе»	3,709	5,22
				$\rho^2 = 0,52$

В модели все коэффициенты β имеют ожидаемые знаки и являются статистически значимыми. По полученным коэффициентам функций полезности видно, что время движения пешком и время ожидания автобуса на остановке при выборе способа передвижения существенно более значимо для пользователя, чем время движения непосредственно в транспортном средстве.

В качестве примера применения модели представлена оценка влияния тарифной политики на общественном транспорте на вероятность выбора каждого способа передвижения (рис. 5).

При текущей стоимости проезда (17 руб./поездка в 2016 году) доля передвижений на автобусе составляет 25 %, при отсутствии платы за проезд – почти 32 %, а при увеличении стоимости проезда в 2 раза падает ниже 20 %. Передвижения на автобусе росте тарифа за проезд распределяются между альтернативными способами передвижения (пешком и на автомобиле).

Модели выбора способа передвижения позволяют оценивать последствия принятия тех или иных решений по развитию транспортной системы в широком диапазоне сценариев (введение платы за парковку, изменение интервалов движения общественного транспорта, организация приоритета проезда общественного транспорта и т.п.) и являются незаменимыми инструментами для поддержки принятия таких решений.

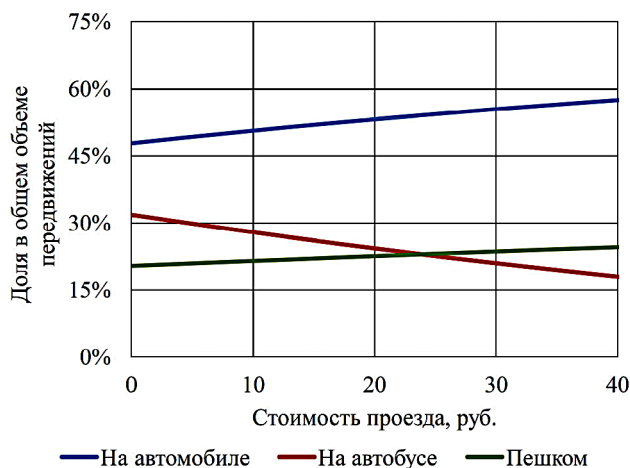


Рис. 5. Доля передвижений каждым способом при различной стоимости проезда на автобусе

ЛИТЕРАТУРА

1. Брайловский Н.О., Грановский Б.И. Моделирование транспортных систем. М.: Транспорт, 1978. 125 с.
2. Швецов В.И., Алиев А.С.. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей. М.: Едиториал УРСС, 2003. 64 с.
3. Cascetta E. Transportation Systems Engineering: Theory and Methods. Kluwer Academic Publishers, 2011. 742 p.
4. Ortúzar J. de L., Willumsen L.G. Modelling Transport. John Wiley & Sons Ltd., 2011. 586 p.
5. PTV VISUM 13 Manual. Karlsruhe, 2013. 2786 p.
6. Vuchic V.R. Urban Transit Systems: operations, planning and economics. John Wiley & Sons Inc., 2005. 644 p.

УДК 621.43.06:656(1-21):504.3.054

Владимир Николаевич Ложкин,
д-р техн. наук, профессор
Ольга Владимировна Ложкина,
д-р техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский университет
государственной противопожарной службы МЧС России)
E-mail: vnlojkin@yandex.ru,
o.lojkina@yandex.ru

Vladimir Nikolaevich Lozhkin,
Dr. of Tech. Sci., Professor
Olga Vladimirovna Lozhkina,
Dr. of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg University of State Fire
Service of EMERCOM of Russia)
E-mail: vnlojkin@yandex.ru,
o.lojkina@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ДВИГАТЕЛЯМИ ТРАНСПОРТА И ТЕПЛОВЫМИ СТАНЦИЯМИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ НА МЕЗО-УРОВНЕ

MODELING EXTREME AIR POLLUTION BY TRANSPORT MOTORS AND HEAT STATIONS IN ST. PETERSBURG AT MEZO-LEVEL

Обоснована математическая модель и приведены результаты расчетов экстремального загрязнения воздуха Санкт-Петербурга оксидами азота NO_2 и твердыми частицами PM_{10} при неблагоприятных метеорологических условиях: штиль и слабый ветер в сочетании с инверсией температуры в приземном слое атмосферы. Задача эмиссии и диффузии поллютантов в стратифицированной атмосфере, при совместной эксплуатации автомобильного, водного, железнодорожного, воздушного транспорта и тепловых станций, решается в масштабах города нейросетевым методом по уравнению Гаусса. Математическая модель обучается данными измерений концентраций поллютантов стационарными станциями и передвижными лабораториями, равномерно расположенными на городской территории. Установлено, что при неблагоприятных транспортных и метеорологических условиях, локальные значения концентраций NO_2 и PM_{10} могут в 5–10 раз превышать предельно допустимые значения.

Ключевые слова: двигатели, городской транспорт, тепловые станции, поллютанты, чрезвычайная ситуация.

A mathematical model is substantiated and the results of calculations of extreme air pollution in St. Petersburg of NO_2 and PM_{10} in adverse weather conditions are presented: the absence of wind combined with temperature inversion in the surface layer of the atmosphere. The problem of emission and distribution of pollutants in a stratified atmosphere in the joint operation of road, water, rail, air transport and thermal stations is solved throughout the city using the method of neural networks by the Gauss equation. The mathematical model is trained in accordance with measurements of concentrations of pollutants by stationary stations and mobile laboratories, evenly located within the city. It has been established that in adverse transport and meteorological conditions, local values of NO_2 and PM_{10} concentrations may be 5–10 times higher than the maximum allowable values.

Keywords: engines, urban transport, thermal stations, pollutants, emergency.

В крупных городах РФ и мира в периоды аномально неблагоприятных метеорологических условий (приземные атмосферные инверсии в штилевую погоду [1]) наблюдаются локальные экстремальные ситуации чрезвычайно опасного загрязнения воздушной среды токсичными и канцерогенными веществами отработавших газов (ОГ) двигателей транспорта [2, 3]. Для контроля ЧС Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России осуществляет в оперативном режиме мониторинг и прогнозирование загрязнения воздушной среды в городах [4].

В настоящей статье, на примере Санкт-Петербурга, приводятся результаты расчетного исследования вероятного локального загрязнения воздуха на уровне дыхания человека оксидами азота (NO_2) и ПМ₁₀ (частицы дизельной сажи, на которых адсорбируются канцерогенные вещества), являющихся наиболее опасными веществами по данным Всемирной организации здравоохранения [5].

Объектами исследования в данной работе являются двигатели автомобильного, водного (речной, морской), железнодорожного (маневровые дизельные тепловозы) и воздушного (с турбореактивными двигателями) транспорта и тепловые станции, одновременно эксплуатируемые на территории Санкт-Петербурга (включая его водные и воздушные акватории). Особенностями Санкт-Петербурга, водной столицы России, является его расположение не берегу Финского залива. Город имеет развитую улично-дорожную и железнодорожную инфраструктуру, на которой эксплуатируется ежедневно более 2,5 млн. транспортных средств. В черте города находятся 45 рек, рукавов, протоков и 40 искусственных каналов общей протяженностью около 300 км.

Навигация судов начинается в начале апреля, а заканчивается в конце ноября. Основное отличие пассажирских и грузовых судов от автотранспортных средств заключается в том, что размещенные на них дизельные двигатели, предназначены не только для приведения судов в движение, но и для утилизации отходов, выработки тепловой и электрической энергии, удовлетворения общесудовых нужд экипажа и пассажиров. Негативной особенностью эксплуатируемого в Санкт-Петербурге российского речного и морского флота является их экстремально высокий возраст. Так, трехпалубные пассажирские теплоходы 588 проекта выпускались с 1951 по 1961 гг., четырехпалубные теплоходы 301 проекта – с 1974 по 1983 гг., теплоходы «Метеор» 342Э – с 1961 по 1991 гг., в связи с чем их дизельные двигатели характеризуются чрезвычайно высокими показателями токсичности (преимущественно, нулевого экологического класса [1]).

Воздушные лайнеры аэропорта Пулково взлетают при работе двигателей на жестких, форсированных нагрузочных режимах, в направлении акватории Финского залива. По данным исследований [4], на долю тепловых двигателей автомобильного, водного, железнодорожного и воздушного транспорта, эксплуатируемого в Санкт-Петербурге приходится не менее 95-98 % выбросов в атмосферу вредных (загрязняющих) веществ, регистрируемых службами мониторинга. Остальные выбросы вредных (загрязняющих) веществ приходятся, в основном, на тепловые станции, работающие в городской черте, преимущественно, на природном газе.

В исследовании были проанализированы гипотетические сценарии закономерно повторяющихся кратковременных (от нескольких часов, например, часы пик транспортной нагрузки, до нескольких суток) ситуаций, обусловленных явлениями эмиссии, переноса (диффузии) в стратифицированной атмосфере и, чрезвычайно опасного, локального (по времени и территории) оседания загрязняющих веществ NO_2 и ПМ₁₀ поллютантов при сочетании неблагоприятных транспортных и метеорологических условий, способствующих их накоплению в приземном слое атмосферы. Миграция загрязняющих веществ изучалась нами в масштабе городской территории, включая ее водные акватории с частью примыкающего Финского залива. По международной шкале моделирования атмосферных процессов данный масштаб соответствует «мезо-уровню».

Исходными параметрами расчетного исследования были сведения за весенне-летне-осенние периоды наблюдений (2015-2017 гг.) о загрязнении воздушной среды вредными веществами на уровне дыхания человека, взятые из базы данных измерений автоматизированной системы мониторинга АСМ (она работает в режиме «онлайн») Комитета по охране окружающей среды и природопользованию Правительства Санкт-Петербурга [6]. В расчетах использовались выборки измеренных значений концентраций поллютантов, соответствующие малым осадкам, слабой и средней ветровой нагрузке (скорость ветра 0,5-3,0 м/с), часам «пик» транспортной нагрузки.

На время проведения исследований АСМ включала 21 стационарную автоматическую станцию мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, равномерно покрывающих террито-

рию города, а именно: № 1 (ул. Проф. Попова, д.48), № 2 (г. Колпино, ул. Красная, д. 1-А), № 3 (ул. Карбышева, д.7), № 4 (Малоохтинский пр., д.98), № 5 (пр. Маршала Жукова, д.30, корп. 3), № 6 (В.О., Весельная ул, д.6); № 7 (ул. Шпалерная, д. 56), № 8 (ул. Королева, д.36, корп.8), № 9 (Малая Балканская ул., д. 54), № 10 (Московский пр., д. 19), № 11 (г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2), № 12 (ул. Пестеля, д.1), № 13 (Шоссе Революции, д.84), № 14 (г. Зеленогорск, пляж «Золотой», д.1), № 15 (г. Кронштадт, ул. Ильмянинова, д. 4), № 16 (ул. Севастьянова, д.11), № 17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4), № 18 (ул. Ольги Форш, д. 6), № 19 (пр. Маршала Жукова, д. 55), № 20 (ул. Тельмана, д.24), № 21 (г. Ломоносов, ул. Федюнинского, д. 3).

Станции АСМ сосредоточены в 18 административных районах Санкт-Петербурга, функционируют непрерывно в автоматическом режиме и обеспечивают регулярное получение оперативной информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга основными загрязняющими веществами. Автоматические измерения концентраций загрязняющих веществ проводятся с периодичностью 20 минут (требование оценки соответствия качества воздуха населенных мест предельно допустимым значениям «максимальной разовой» концентрации вредного (загрязняющего) вещества – ПДК_{МР}). Эксплуатацию станций осуществляет Санкт Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал»».

Выбросы загрязняющих веществ молекулярной диффузией и ветровой конвекцией перемешиваются в приземном слое атмосферы и уносятся из районов сосредоточения стационарных и передвижных источников (автомобили, суда, локомотивы, авиалайнеры, дизель-электрические станции и другие промышленные установки с двигателями внутреннего сгорания, тепловые станции) на сопредельные территории, удаленные от источников на значительные (в несколько десятков километров) расстояния в пределах территории Санкт-Петербурга.

Скорость и дальность переноса загрязняющих веществ, в общем случае, зависят от их температуры, турбулентности воздуха и динамических характеристик ветрового поля. При выборе аппарата моделирования данного, весьма сложного, физико-химического процесса мы выделили три критерия, которым он должен удовлетворять: универсальность (возможность использования модели для решения конкретных актуальных задач переноса газообразных веществ и взвешенных частиц на мезо-уровне), реалистичность (степень ее соответствия реальной ситуации, по сути, – близкой к стационарной на исследуемом временном отрезке, обстановке), точность (способность количественно оценивать и прогнозировать развитие в пространстве и во времени поля концентраций при изменяющихся условиях). Очевидно, что следует добавить еще один: рациональность. Это означает, что принятая модель, по возможности, должна позволять максимально просто формулировать анализируемое явление (процесс диффузии), включать только те связи, соотношения, зависимости, которые наиболее важны при рассмотрении данной конкретной задачи, по сути, – поиска экстремального результата в условиях сочетания чрезвычайных факторов эксплуатации транспорта и метеорологии.

Как показал анализ отечественной и международной практики моделирования диффузии поллютантов в стратифицированной атмосфере на мезо-уровне [7], для описания переноса выбросов в атмосферном воздухе газообразных и взвешенных частиц, отвечающем выше отмеченным критериям, лучше всего подходит модель Гаусса, в которой средние сечения факела, неизменно, во времени и пространстве, имеет единообразную геометрическую форму, напоминающую сечение колокола.

В виду того, что массив исходных точечных данных о концентрациях веществ имеет объем, близкий к необозримому, работа с ним традиционными методами может оказаться весьма трудоемкой. Организация вычислительного процесса, очевидно, будет сопряжена с необходимостью использования далеко не полной информации о начальных и граничных условиях, о коэффициентах уравнений, о границах разделов газообразных и жидкостных сред, наконец, – при построении моделей, неизбежно, появиться необходимость учитывать обновляемые данные наблюдений АСМ.

Для того, чтобы минимизировать отмеченные неопределенности нами использовался универсальный подход [8] на основе построения иерархии нейросетевых моделей для любого набора оперируемой информации и аналитических выражений определяющих зависимости: «уравнения» или «наборы данных», или те и другие, – в смешанной гетерогенной форме: «уравнения + данные». Используя такой подход, можно единообразно, без принципиальной перестройки алгоритмов конструировать устойчивые к ошибкам и способные усваивать новую информацию нейросетевые модели процесса переноса веществ. Как показала практика, предложенная методология существенно сокращает трудоёмкость моделирования систем с распределёнными параметрами, к которым относится динамическая задача оценки загрязнения атмосферы отработавшими газами транспорта. Положительным является и то, что предложенный подход и соответствующие ему нейросетевые модели загрязнения воздуха, вместе с нейросетевыми алгоритмами их настройки, обладают приоритетной новизной [9].

Согласно модели Гаусса, изменение концентрации примеси от мгновенного точечного источника примеси подчиняется нормальному закону распределения:

$$q(t, x, y, z) = \frac{Q e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{(x-x_0-V_x t)^2}{(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y-y_0)^2}{(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z-z_0)^2}{(\sigma_z)^2 t} \right)}}{(\sqrt{2\pi t})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z}, \quad (1)$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты источника выброса;

Q – мощность выброса источником;

V_x – коэффициент, характеризующий скорость ветра в предположении, что система координат сориентирована таким образом, что ОХ совпадает с направлением ветра;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – средние квадратичные отклонения частиц примеси в момент времени t соответственно вдоль координатных осей ОХ, ОУ, ОZ:

$$\sigma_x^2 = \frac{2}{h} \int_0^h K_x(z) dz, \quad \sigma_y^2 = \frac{2}{h} \int_0^h K_y(z) dz, \quad \sigma_z^2 = \frac{2}{h} \int_0^h K_z(z) dz, \quad (2)$$

где h – высота приземного слоя.

Используя принцип суперпозиции, из (1) легко получить формулы для расчета концентрации примеси от точечного источника непрерывного действия.

$$q(t, x, y, z) = \int_0^t \frac{Q \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{(x-x_0-V_x t)^2}{(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y-y_0)^2}{(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z-z_0)^2}{(\sigma_z)^2 t} \right) \right)}{(\sqrt{2\pi t})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z} dt. \quad (3)$$

Согласно гауссовой модели изменение концентрации примеси в атмосфере подчиняется нормальному закону распределения. Основная сложность состоит в вычислении интеграла, при расчете которого аналитические методы приводят к громоздким формулам, а численные методы требуют большого времени счета. Поэтому, используя кубатурные формулы, заменяем интеграл конечной суммой

$$q_n(t, x_i, y_i, z_i) = \sum_{i=0}^n C_i \frac{Q \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{(x_i-x_0-V_x t)^2}{(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y_i-y_0)^2}{(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z_i-z_0)^2}{(\sigma_z)^2 t} \right) \right)}{(\sqrt{2\pi t})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z}. \quad (4)$$

где C_i – числовой коэффициент, $x_i \in [0; t]$, $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ – узлы интегрирования.

Приближение (4) для концентрации вредного (загрязняющего) вещества (q) можно рассматривать как модель, соответствующую искусственным нейронным сетям с радиальными базисными функциями (в анализируемом случае базисная функция – функция Гаусса).

На основе обработки данных мониторинга по разработанной математической модели были построены нейронные сети с разным количеством нейронов: $n = 5$; $n = 10$; $n = 15$; $n = 20$ с применением метода RProp [8] и комбинации [8] метода «Облака» из 3 частиц ($n_1 = 3$) и метода RProp.

В результате проведения по модели численного эксперимента с использованием программного обеспечения Mathematica компании Wolfram Research были получены диаграммы для разных гипотетических сценариев развития ситуации загрязнения атмосферного воздуха на территории Санкт-Петербурга. Полную информацию о проведенных исследованиях можно получить из отчета по гранту РФФИ «Информационные модели на основе иерархических гетерогенных нейронных сетей в исследовании влияния объектов транспортной инфраструктуры на окружающую среду (№ проекта 14-01-00733 А, 2015-2016 гг.).

В качестве примеров, подтверждающих работоспособность разработанного метода, на диаграммах рис. 1 и 2, соответственно, отражены 3D зависимости уровня загрязнения воздуха диоксидом азота NO_2 и твердыми частицами PM_{10} в разных районах города от комплексного векторного параметра – скорости и направления ветра.

Расчеты, показанные на диаграмме рис. 1, соответствуют аномально неблагоприятным метеорологическим условиям: безветренной погоде и наличия над Финским заливом глубокой, по высоте, области температурных инверсий.

В результате последовательных итераций (обучающих аппроксимаций данных измерений АСМ с использованием приема минимизации функционала ошибки), наилучшие, более точные результаты получились в случае применения комбинации методов «Облака» и RProp при $n = 5$; $n_1 = 3$. На рис. 1 результаты численного эксперимента, в целях лучшей наглядности, представлены в модели изображения 3D.

Согласно диаграмме, уровень наивысшего загрязнения диоксидом азота в этом случае соответствует области с географическими координатами $59^\circ 53'$ с. ш. и $30^\circ 03'$ в. д. (территория над Финским заливом). Ожидаемые вероятные численные значения загрязнения воздуха NO_2 на уровне дыхания человека в этой чрезвычайно опасной области могут лежать в диапазоне значений концентраций $8 - 10 \text{ ПДК}_{\text{МР}}$.

Высокий уровень загрязнения над Финским заливом можно объяснить диффузией, «перетеканием» вредных (загрязняющих) веществ из других районов города, в которых работает транспорт и тепловые станции. Причиной возникновения такого аномального явления послужила устойчивая инверсия над Финским заливом, породившая над поверхностью воды область пониженного атмосферного давления.

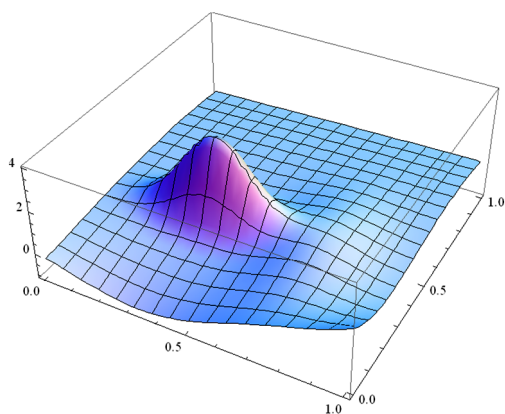


Рис. 1. 3D визуализация модельных вычислений распространения и распределения NO_2 в Санкт-Петербурге на мезо-уровне с использованием программного обеспечения Mathematica компании Wolfram Research (ожидаемые уровни максимальной концентрации до 8-10 ПДК_{МР} соответствуют географическим координатам 59°53' с. ш. и 30°03' в. д.)

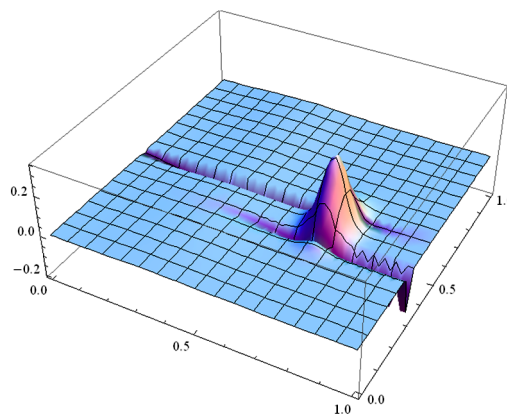


Рис. 2. 3D визуализация модельных вычислений распространения и распределения твердых частиц PM_{10} в Санкт-Петербурге на мезо-уровне с использованием программного обеспечения Mathematica компании Wolfram Research (ожидаемые уровни максимальной концентрации до 4-5 ПДК_{МР} соответствуют географическим координатам 59°55' с. ш. и 30°20' в. д.)

На диаграмме рис. 2, в качестве второго примера реализации метода, приведены данные численного моделирования загрязнения воздуха частицами PM_{10} в Санкт-Петербурге также, как и в первом примере, – на мезо-уровне. Здесь на диаграмме представлена ожидаемая трансформация распределения загрязнения воздуха частицами PM_{10} как следствия смещения, загрязненного поллютантами облака смога над Финским заливом, под воздействием слабого юго-западного ветра со скоростью 2 м/с.

Следует отметить, что для «розы ветров», характерной для региона Санкт-Петербурга, юго-западные направления ветровой нагрузки наблюдаются наиболее часто во все времена года. Как вытекает из анализа диаграммы рис. 2, – при слабом юго-западном ветре, наивысший уровень загрязнения атмосферного воздуха PM_{10} соответствует району с координатами 59°55' с. ш. и 30°20' в. д. (территория Центрального района Санкт-Петербурга).

Смещение высокого уровня загрязнения воздуха над Санкт-Петербургом с Финского залива в сторону Центрального района объясняется диффузией, «перетеканием» вредных (загрязняющих) веществ как из ранее сформировавшегося облака смога вредных (загрязняющих) веществ над Финским заливом, так и из других районов города, в которых работали транспортные тепловые двигатели. Причиной этому явилось, сформировавшееся под воздействием ветровой нагрузки, новое устойчивое распределение вертикальных температур, и, как физическое метеорологическое следствие, – смещение инверсионных пониженных атмосферных давлений в область Центрального района.

По результатам нейросетевой аппроксимации данных многолетних измерений АСМ ожидаемые максимальные значения загрязнения воздуха PM_{10} на уровне дыхания человека в исследованных неблагоприятных метеорологических условиях в Центральном районе Санкт-Петербурга могут достигать уровня 4 – 5 ПДК_{МР}.

Выводы

1. В Санкт-Петербурге одновременная эксплуатация двигателей автомобильного, водного, железнодорожного и воздушного транспорта при неблагоприятных метеорологических и транспортных условиях приводит к закономерно повторяемым локальным территориально-времен-

ным экстремальным ситуациям (ЧС) сверх нормативного загрязнения воздуха NO_2 и PM_{10} на уровне дыхания человека.

2. Применение оригинального (комбинация методов «Облака» и RProp) универсального подхода математического моделирования на основе построения иерархии обучаемых нейросетевых моделей для набора оперируемой инструментальной информации о полях распределения концентраций NO_2 , PM_{10} и аналитического выражения закона диффузии Гаусса («уравнения+данные»), позволяет контролировать и прогнозировать такие ЧС.

3. Организация и проведение численного эксперимента с использованием нового подхода, применительно к Санкт-Петербургу – водной и культурной столице РФ, позволили выявить вероятные локально временные ЧС загрязнения воздуха отходящими газами транспорта и тепловых станций, при совместной их работе, над Финским заливом (превышение концентраций NO_2 до 8–10 ПДК_{МР}) и в Центральном районе (превышение концентраций PM_{10} до 4–5 ПДК_{МР}).

4. Натурными полевыми и численными исследованиями установлено, что подобные закономерно повторяемые территориально-временные локальные ЧС сверх нормативного загрязнения воздуха в городах являются следствием сочетания, одновременно, – неблагоприятными метеорологическими факторами (штиль или слабый ветер, температурные инверсии в приземном слое атмосферы) факторов и высокой транспортной нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ложкин В. Н., Ложкина О. В. Прогнозирование загрязнения воздуха отработавшими газами двигателей судов и автотранспорта / Транспорт Российской Федерации. – 2017. – №1 (68). – С. 59-62.
2. Takeaki Orihara. An Update of Vehicle Emission Control Policies and Regulations in Japan and Tokyo // Motor Vehicle/Vessel Emissions Control Workshop 2016, December 14, 2016. – Available at:
3. <https://www.polyu.edu.hk/cee/MOVE2016/2-06-ORIHARA.pd>.
4. Michelle L. Bell, Devra L. Davis, Tony Fletcher. A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution // Environmental Health Perspective. – 2004. – V. 112, № 1. – pp. 6–8. – DOI:10.1289/ehp.6539. – PMID 14698923.
5. Ложкин В. Н., Ложкина О. В. Управление экологической безопасностью городского транспорта. Исследование эффективности управления экологической безопасностью городского транспорта на примере Санкт-Петербурга. – LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 195 с.
6. Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения. Режим доступа: <http://www.who.int/en/>.
7. Экологический портал Санкт – Петербурга. <http://www.infoeco.ru/>
8. Härkönen J. Regulatory dispersion modelling of traffic-originated pollution / Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 38, FMI-CONT-38. University Press, Helsinki, 2002. – 103 p.
9. Васильев А. Н., Тархов Д. А., Шемякина Т. А. Нейросетевой подход к задачам математической физики / А. Н. Васильев, Д. А. Тархов, Т. А. Шемякина. – СПб. : Нестор-история, 2015. – 260 с.
10. Motor transport related harmful $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} : from on-road measurements to the modelling of air pollution by neural network approach on street and urban level / О. В. Lozhkina, V. N. Lozhkin, N. V. Nevmerzhiyskiy, D. A. Tarhov and A. N. Vasilyev // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – V. – 772. – № 1. Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/772/1/012031/meta>.

УДК 656

Татьяна Владимировна Михеева,
заведующий научно-исследовательским
отделом комплексного развития транспорта
(ОАО «Научно-исследовательский институт
автомобильного транспорта»)
E-mail: tmikheeva@niiat.ru

Tatyana Vladimirovna Mikheeva,
Head of Transport
Development Department
(Joint-stock company „Scientific
and Research Institute of Motor Transport“)
E-mail: tmikheeva@niiat.ru

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

FEATURES OF SERVICE QUALITY ASSESSMENT OF PUBLIC TRANSPORT FOR URBAN AGGLOMERATIONS

Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 г. № НА-19-р утвердило социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, устанавливающий показатели качества и уровни транспортного обслуживания. Однако для целей оценки качества транспортного обслуживания населения пассажирским транспортом на территории городских агломераций показателей социального стандарта недостаточно. В настоящей работе предлагаются дополнительные показатели для оценки качества работы пассажирского транспорта в городских агломерациях на примере Красноярской агломерации.

Ключевые слова: качество транспортного обслуживания населения, городские агломерации, социальный стандарт, оценка качества, пассажирский транспорт.

The order of The Ministry of Transport of the Russian Federation dated January 31, 2017 No. NA-19-p approved the social standard of public transport services in the carriage of passengers and baggage by road and city ground electric transport, establishing quality indicators and levels of transport service. However, for the service quality assessment of public transport for urban agglomerations, social standard indicators are not enough. This paper proposes additional indicators for assessing the quality of passenger transport in urban agglomerations on the example of the Krasnoyarsk agglomeration.

Keywords: quality of public transport services, urban agglomerations, social standard, quality assessment, passenger transport.

В настоящий момент вопросы повышения качества транспортного обслуживания населения приобрели особую актуальность. Так, в частности, в целях реализации пункта 63 Плана мероприятий по реализации Транспортной стратегии Российской Федерации на среднесрочный период (2014-2018 годы), утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р распоряжением Минтранса России от 31 января 2017 года №НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» был утвержден социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (далее – Социальный стандарт), определяющий показатели качества транспортного обслуживания населения и их нормативные значения в рамках осуществления перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом по муници-

пальным, межмуниципальным, смежным, межрегиональным и международным маршрутам регулярных перевозок.

Данная инициатива была призвана обеспечить соблюдение организаторами пассажирских перевозок определенного уровня качества транспортных услуг и сформировать механизм, позволяющий организаторам перевозок контролировать заданный уровень качества в рамках принятия решений по формированию и оптимизации маршрутной сети в отдельных муниципальных образованиях.

Вместе с тем в настоящий момент Социальный стандарт, формируя показатели качества транспортного обслуживания населения и их нормативные значения, не устанавливает конкретных подходов к сбору исходной информации, используемой в последующих расчетах, что может приводить к сложностям итоговой оценки качества транспортного обслуживания на исследуемой территории. Еще одним проблемным моментом является отсутствие в Социальном стандарте показателей, призванных оценить уровень качества транспортного обслуживания населения в городских агломерациях. Данная оценка помимо положительного влияния на качество работы транспорта общего пользования, поспособствовала бы достижению целей, отраженных в паспорте национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», в частности, снижению доли автомобильных дорог федерального и регионального значения, работающих в режиме перегрузки за счет корректировки комплексной схемы обслуживания населения транспортом общего пользования и соответствующего перераспределения пассажирских и транспортных потоков.

В этой связи существует необходимость дополнения положений Социального стандарта информацией о подходах к сбору исходной информации и конкретизации исходных значений для расчетов показателей качества транспортного обслуживания, а также формирования дополнительных показателей для оценки функционирования транспорта общего пользования на территории городских агломераций.

Подобные практики уже были реализованы отдельными субъектами Российской Федерации в рамках разработки региональных документов транспортного планирования комплексных схем **организации транспортного обслуживания населения общественным транспортом (далее – КСОТ) для городских агломераций в рамках реализации приоритетного проекта «Безопасные и качественные дороги».**

Так, в частности, по итогам разработки комплексных схем транспортного обслуживания населения общественным транспортом, формируемых в рамках выполнения ОАО «НИИАТ» научно-исследовательской работы по теме «Разработка Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры, Комплексных схем транспортного обслуживания населения общественным транспортом, в том числе, учитывающих пригородные перевозки, Комплексных схем организации дорожного движения, Красноярской городской агломерации» были предложены показатели, оценивающие качество транспортного обслуживания населения Красноярской городской агломерации.

Данные показатели были сформированы на основании опросов жителей городской агломерации и мониторинга основных жалоб населения на уровень качества общественного транспорта в открытых источниках. Жители Красноярской агломерации чаще всего отмечали следующие проблемы в работе пассажирского транспорта общего пользования, отражающиеся на снижении качества транспортного обслуживания:

- нарушение перевозчиками установленного расписания рейсов;
- техническое состояние подвижного состава (неисправные системы кондиционирования и отопления, неполадки тормозной системы);
- санитарное состояние подвижного состава и остановочных пунктов;
- опасное вождение и нарушение правил дорожного движения водителями;
- несоблюдение профессиональной этики кондукторами.

Основными направлениями по улучшению в рамках разработки показателей стали, в первую очередь, обновление подвижного состава, осуществляющего перевозки пассажиров и багажа на территории Красноярской агломерации, повышение средней скорости движения транспорта общего пользования, снижение средней длительности интервала движения транспортного средства по маршруту.

Для каждого из показателей были установлены единицы измерения и предложены интервалы изменения на прогнозный период с целью концентрации на работе с конкретными направлениями по снижению дефицитов качества на территории Красноярской агломерации.

Перечень итоговых показателей и их единицы измерения приведены в таблице.

Перечень итоговых показателей качества транспортного обслуживания населения в Красноярской агломерации

№ п/п	Показатель	Единица измерения
	Оценка качества транспортного обслуживания населения	баллы
	Доля транспортных средств со сроком эксплуатации более 5 лет	%
	Доля транспортных средств, оснащенных двигателями экологического класса «Евро3» и ниже	%
	Объемы выбросов парниковых газов	тыс. тонн
	Средняя скорость пассажирского сообщения транспортом общего пользования	км/ч
	Уровень провозной способности сети пассажирского транспорта общего пользования	Автобусы
		Электропоезда
		Трамваи
		Троллейбусы
	Объем пассажирских перевозок пассажирского транспорта общего пользования	млн пассажиров/год
	Средняя длина маршрута пассажирского транспорта общего пользования	км
	Доля личного транспорта, используемого населением для передвижения в границах агломерации	%
	Количество ДТП по вине водителей общественного транспорта	единиц/год
	Число погибших в ДТП по вине водителей общественного транспорта	человек/год
	Число раненых в ДТП по вине водителей общественного транспорта	человек/год
	Коэффициент пересадочности	единиц
	Средняя длительность интервала движения ТС по маршруту	минут

Внедрение дополнительных показателей качества транспортного обслуживания населения в городской агломерации существенно дополняет показатели, приведенные в Социальном стандарте, что, в свою очередь, позволяет осуществить комплексный мониторинг (и впоследствии контроль) уровня качества работы пассажирского транспорта.

В этой связи для целей обеспечения высокого уровня качества транспортного обслуживания на территории городских агломераций, обеспечения взаимосвязанности функциониру-

вания муниципальных и межмуниципальных маршрутов пассажирского транспорта общего пользования, а также достижения целей, отраженных в паспорте национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», в частности, снижения доли автомобильных дорог федерального и регионального значения, работающих в режиме перегрузки, предлагается дополнить существующий Социальный стандарт дополнительными показателями качества, характеризующими уровень качества транспортного обслуживания населения на территории городских агломераций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 года № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации».

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ОДНОМ УРОВНЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И УЛИЦ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ: СИСТЕМА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

RURAL ROADS AND URBAN STREETS INTERSECTIONS DESIGN: A SYSTEM OF STANDARDS

В статье рассмотрены подходы к формированию системы стандартов и сводов правил, устанавливающих технические требования к проектированию перекрёстков всех типов: со светофорным регулированием и без светофорного регулирования, кольцевых. В разработанных за последние годы документах систематизированы требования к перекрёсткам и унифицированы для перекрёстков на загородных дорогах и городских улицах, с учётом особенностей градостроительных условий городов.

Ключевые слова: пересечение в одном уровне, кольцевое пересечение, проектирование, геометрические параметры.

The article discusses approaches to the formation of a standard's system that establish technical requirements for the design of intersections of all types: with traffic light and without traffic light, roundabouts. In the developed in recent years documents, the requirements for intersections are systematized and unified for intersections on rural roads and urban streets, taking into account the peculiarities of urban conditions.

Keywords: intersection, roundabouts, design, geometry design.

Введение

В последний год завершена подготовка нескольких знаковых нормативно-технических документов, устанавливающих требования к геометрическим параметрам пересечений в одном уровне, направленных на реализацию поручений Президента Российской Федерации (Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»): «8. Правительству Российской Федерации при разработке национального проекта по созданию безопасных и качественных автомобильных дорог исходить из того, что в 2024 году необходимо обеспечить:

- достижение следующих целей и целевых показателей:
- снижение доли автомобильных дорог федерального и регионального значения, работающих в режиме перегрузки, в их общей протяженности на 10 процентов по сравнению с 2017 годом;
- снижение количества мест концентрации дорожно-транспортных происшествий (аварийно-опасных участков) на дорожной сети в два раза по сравнению с 2017 годом;
- снижение смертности в результате дорожно-транспортных происшествий в 3,5 раза по сравнению с 2017 годом – до уровня, не превышающего четырех человек на 100 тыс. населения (к 2030 году – стремление к нулевому уровню смертности);»

К настоящему времени утверждены:

- СП 396.1325800.2018 – Утвержденный приказом Минстроя России от 1 августа 2018 года № 474/пр СП «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проек-

тирования» зарегистрирован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) с присвоением номера СП 396.1325800.2018. Действует с 2 февраля 2019 года и содержит требования к пересечениям и примыканиям, кольцевым пересечениям, расположенным на территории населённых пунктов.

– ПНСТ 271-2018 Дороги автомобильные общего пользования. Кольцевые пересечения. Правила проектирования.

Завершается разработка – члены ТК 418 одобрили заочным голосованием – ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. Технические требования».

На сайте ФАУ ФЦС Минстроя России размещены Методические рекомендации по применению СП «Улицы и дороги населённых пунктов. Правила градостроительного проектирования». Методические рекомендации являются логическим продолжением СП 396.1325800.2018 и включают современные методики расчёта пропускной способности и длин очередей на пересечениях в одном уровне, методики оценки расстояния видимости на всех типах пересечений в одном уровне.

Требования к пересечениям и примыканиям, кольцевым пересечениям в пределах и за пределами населённых пунктов гармонизированы и по возможности, с учётом специфики застроенной территории, унифицированы друг с другом. При подготовке национальных стандартов проведены исследования транспортных потоков на кольцевых пересечениях и перекрёстках.

Пересечения в одном уровне

Пересечения в одном уровне – один из самых опасных элементов на сети автомобильных дорог – значительное число конфликтных точек, сложная иерархия очередности проезда (для отдельных направлений движения главными будут три разных транспортных потока с различных направлений) – приводят к повышению риска возникновения дорожно-транспортных происшествий. Эти пересечения являются местами с наименьшей пропускной способностью, определяя таким образом величину пропускной способности и характеристики обслуживания пользователей для значительных по протяжённости участков автомобильных дорог и улиц населённых пунктов [1,2,5,7,9,12,15,16].

Для повышения безопасности дорожного движения на пересечениях в одном уровне и пропускной способности и в России, и в других странах используют канализированные пересечения, однако нормативные требования к таким пересечениям в Российской Федерации до настоящего времени не были формализованы. В разработанных нормативно-технических документах сформированы требования к проектированию полос для поворота направо, полос для поворота налево, направляющих островков. Идеология нормирования в обоих случаях аналогичная – поэлементное проектирование пересечений, исходя из востребованности дополнительных полос для поворота и переходно-скоростных полос на каждом направлении движения, требования сформулированы для каждого элемента (рис. 1 и 2).

Требования к обеспечению видимости на пересечениях и примыканиях в одном уровне дифференцируются в зависимости от способа организации движения.

На пересечении или примыкании должны быть обеспечены:

- минимальное расстояние видимости поверхности дороги для остановки до пересечения или примыкания на главной дороге и второстепенной дороге;
- треугольник видимости при выезде на главную дорогу или её пересечении;
- минимальное расстояние видимости на пешеходных переходах и велосипедных дорожках и полосах (при их наличии).

В разработанных документах, так же как во всех странах, выделены различные требования к обеспечению видимости в зависимости от способа организации движения:

- Расстояние видимости на пересечении без регулирования приоритета проезда (проезд согласно правилам дорожного движения равнозначных пересечений);
- Расстояние видимости на пересечении с регулированием приоритета проезда знаком 2.4 «Уступите дорогу»;
- Расстояние видимости на пересечении с регулированием приоритета проезда знаком 2.5 «Проезд без остановки запрещён».

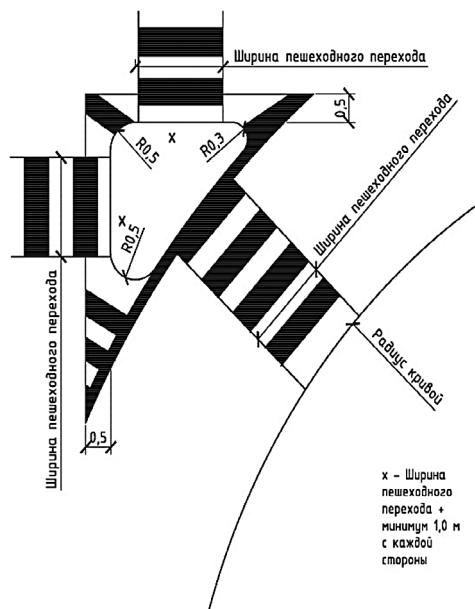


Рис. 1. Пример треугольного направляющего островка

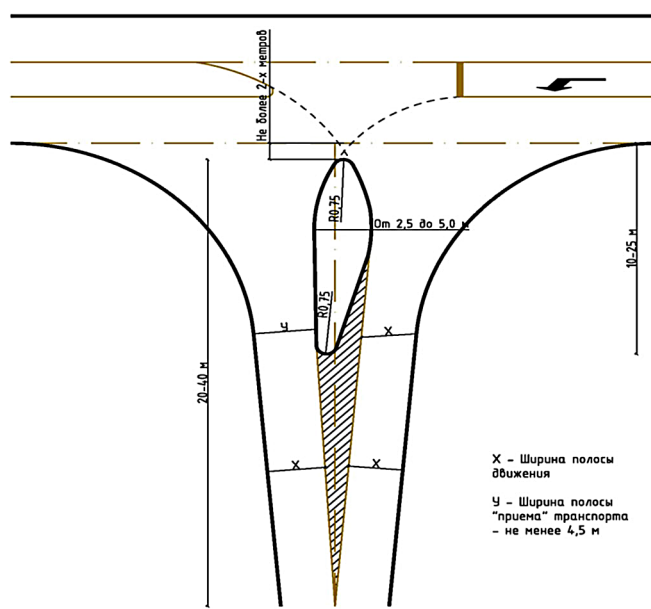


Рис. 2. Пример каплевидного направляющего островка

Проведённые исследования транспортных потоков позволили выявить принимаемые граничные интервалы при встраивании на отнесённом развороте (рис. 3 и 4) и положение глаз водителя на второстепенной автомобильной дороге относительно края проезжей части (рис. 5).

Дополнительно, ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. Технические требования» содержит требования к пересечениям в одном уровне, на которых левый поворот организован через отнесённый разворот.

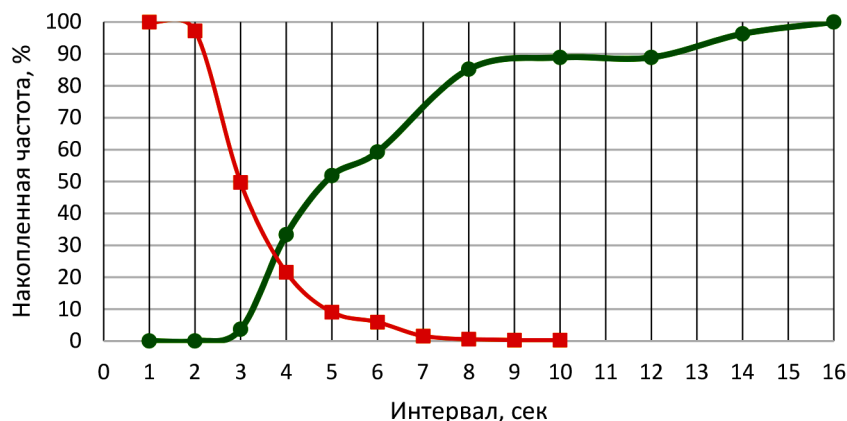


Рис. 3. Принимаемые и отклонённые интервалы на пересечении в Московском регионе

Кольцевые пересечения

Кольцевые развязки (перекрестки, Roundabout) в последнее время во многих странах стали одним из самых популярных решений при проектировании пересечений в одном уровне со средним и низким уровнем транспортных потоков, на пересечении дорог регионального и местного значения, как в городских условиях, так и за пределами населённых пунктов.

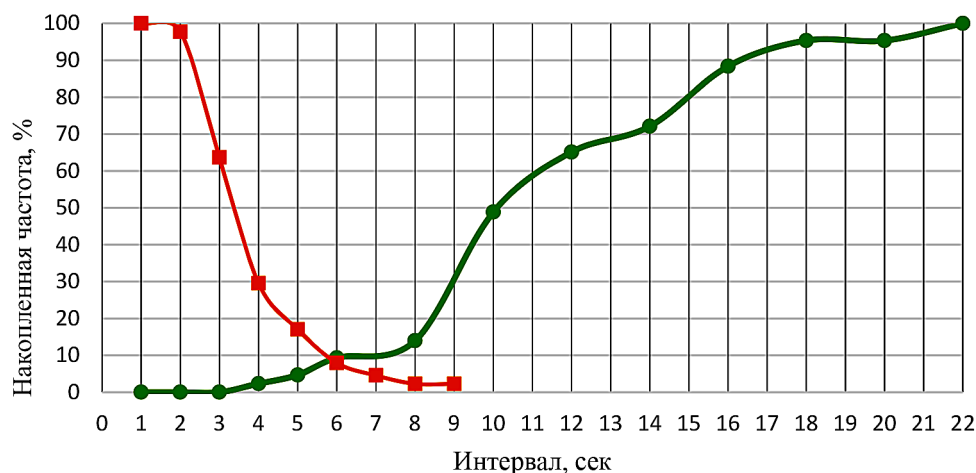
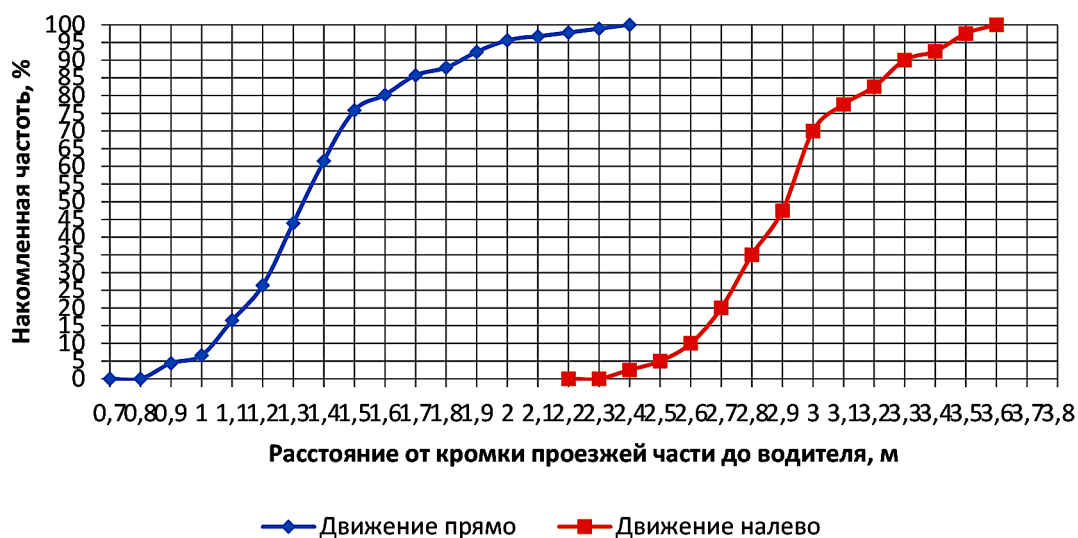


Рис. 4. Принимаемые и отклонённые интервалы на пересечении в Иркутском регионе



условий движения главного потока по кольцевой проезжей части (не обеспечена видимость на въезде на кольцо).

В разработанных документах требования к обеспечению видимости на кольцевых пересечениях гармонизированы для территорий населённых пунктов и загородных территорий. При подготовке ПНСТ 271-2018 выполнены исследования транспортных потоков, которые позволили оценить величину граничного интервала на кольцевых пересечениях (рис. 6).

Кроме того, ПНСТ на кольцевые пересечения содержит требования к кольцевым пересечениям со спиральными полосами движения – турбокольцам.

Кольцевые пересечения со спиральными полосами движения (спиральные кольцевые пересечения) – могут быть реализованы в виде кольцевых пересечений со спиральной разметкой или выделенных спиральных полос движения разделителями.

Кольцевые пересечения со спиральными полосами движения могут применяться для снижения влияния неравномерности интенсивности движения транспортных потоков по различным въездам кольцевого пересечения, а также некоторой экономии средств на строительство многополосных кольцевых пересечений, снижения числа перестроений на кольцах.

Основные особенности кольцевого пересечения со спиральными полосами движения [10]:

- распределения автомобилей по полосам движения перед въездом на кольцевое пересечение в зависимости от направления, в котором они хотят выехать;
- у пересечения две или более полос движения;
- нужная полоса движения должна быть выбрана прежде, чем водитель въедет на пересечение;
- въезжая на кольцевое пересечение, водитель должен уступить дорогу автомобилям,двигающимся по кругу, и при необходимости пересечь максимум 2 полосы движения;
- в пределах кольцевого пересечения никакое переплетение или перестроение не возможны;
- с кольцевого пересечения можно съехать только на один выезд раньше, что предполагает меньшее число конфликтных точек (рис. 7) [6, 8,10,11,13,14,17].

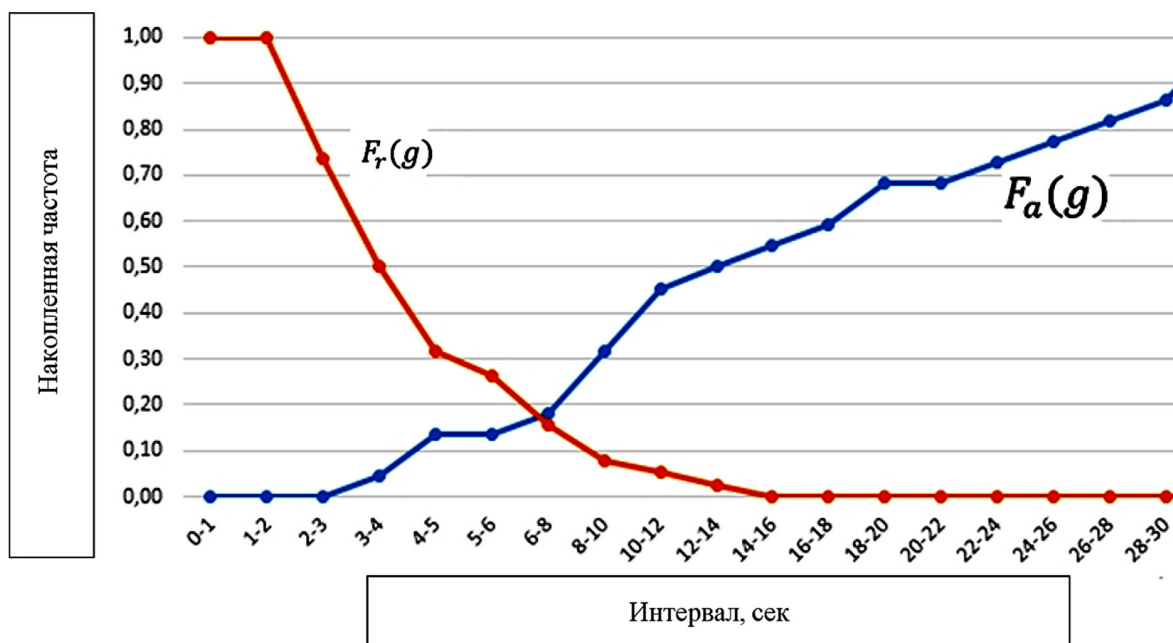


Рис. 6. Оценка критического интервала (Головинское шоссе) [4]

Для кольцевых пересечений со спиральными полосами движения обоснованы рекомендуемые для российских климатических условий размеры разделителей [3].

Расчёт пропускной способности пересечений в одном уровне

Порядок расчёта пропускной способности автомобильных дорог установлен в «ОДМ 218.2.020-2012. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (издан на основании распоряжения Росавтодора 17.02.2012 № 49-р), однако по существу эта методика не обновлялась и не соответствует современным аналогичным зарубежным методикам. Эта позиция подтверждена на заседании Подкомитета по линейным объектам транспортной инфраструктуры Комитета по конструктивным, инженерным и технологическим системам НОПРИЗ 15 ноября 2018 (обсуждение проведено по поручению Росавтодора в рамках обсуждения проекта ГОСТ «Пересечения и примыкания...»). Проектирование геометрических элементов пересечений на направлениях, где требуется ожидание интервала в главном потоке автомобилей, в настоящее время невозможно без оценки длины очереди. Причём длины очередей по каждому направлению на подходе (а их может быть три на каждом подходе) при наличии отдельных полос для каждого направления должны рассчитываться отдельно, чтобы исключить перекрытие движения по другим направлениям с проектируемого подхода.

Такое условие расчёта длины очереди требует в свою очередь расчёта пропускной способности пересечения в одном уровне по каждому направлению с каждого подхода. Всего на пересечении таких направлений может быть максимум 12 – по 3 на каждый из четырёх подходов.

Пропускная способность каждого направления в этом случае должна рассчитываться с учётом интенсивности движения, наличия интервалов и очередей всех главных (имеющих приоритет) по отношению к рассматриваемому направлению. Если хотя бы на одном из направлений, имеющих более высокий приоритет, будет иметься очередь автомобилей, ожидающих возможности проезда, движение с рассматриваемого направления будет заблокировано.

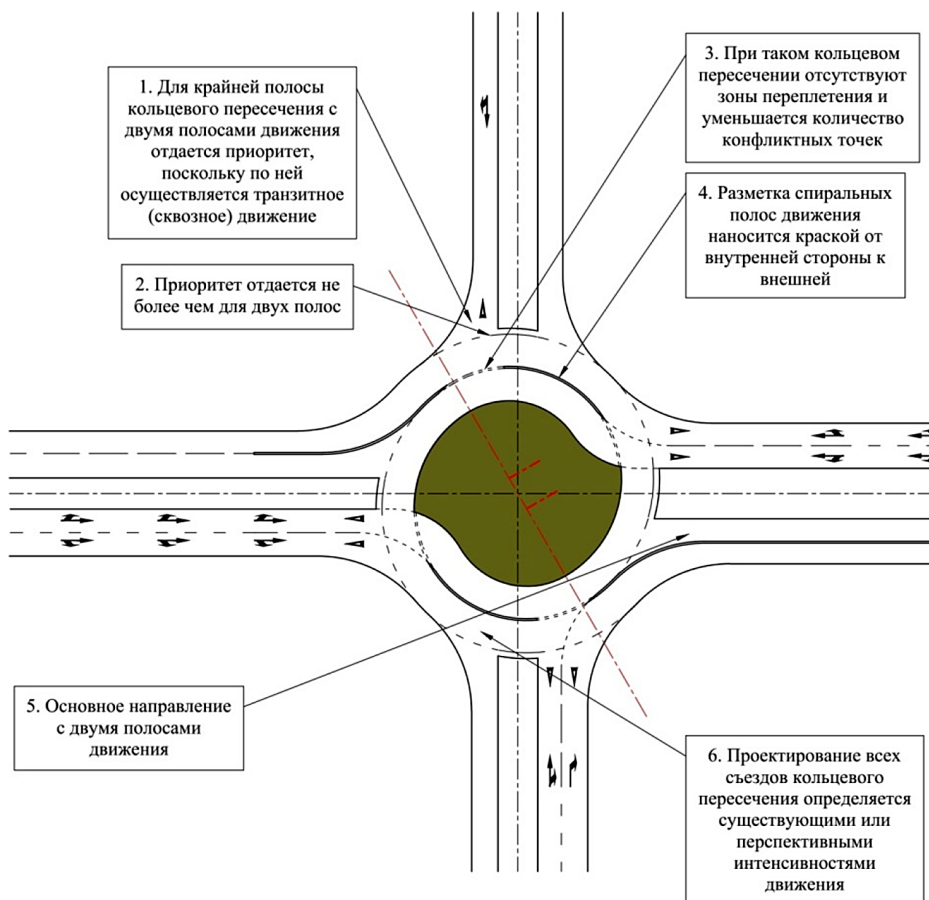


Рис. 7. Основные элементы кольцевого пересечения со спиральной разметкой

Выводы

По итогам работы выявлены потребности по дальнейшему развитию нормативной и методической базы проектирования пересечений в одном уровне – необходимо совершенствование методических подходов к проектированию пересечений, разработка методических документов, в том числе методики оценки пропускной способности пересечений и примыканий в одном уровне.

Литература

1. Alfonso Montella, Filomena Mauriello DRIVERS' SPEED BEHAVIOUR AT RURAL INTERSECTIONS: SIMULATOR EXPERIMENT AND REAL WORLD MONITORING. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, September 14 – 16, 2011, Indianapolis, USA
2. Arndt O. K. (2004) "Relationship Between Unsignalised Intersection Geometry and Accident Rates", Doctor of Philosophy Thesis, Queensland University of Technology and Queensland Department of Main Roads, Brisbane
3. D. Nemchinov, A. Kostsov, A. Mikhailov, D. Matiyahin Determining the critical headways by observation the roundabout's traffic flows in of Russian Federation//5th International Conference on Road and Rail Infrastructure, Zadar, Croatia, May 2018. p. 1273 – 1278.
4. D. Nemchinov, A. Kostsov, A. Mikhailov, D. Matiyahin Draft of turbo roundabouts design considering climatic features of Russian Federation//5th International Conference on Road and Rail Infrastructure, Zadar, Croatia, May 2018. p. 1279 – 1284.
5. Guidance for Evaluating the Safety Impacts of Intersection Sight Distance. National Cooperative Highway Research Program; Transportation Research Board; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine/ 2018 [Online]. Available: <http://nap.edu/25081>
6. http://www.yubs.rs/Simpozijumi/RAP_2014_Prezentacije/042_Tollazzi_Turbo_roundabouts_in_Slovenia_RAP_2014_Prezentacija.pdf
7. MRWA Supplement to Austroads Guide to Road Design Part 4 - Intersections and Crossings – General. Australia, 2017
8. Provincie Zuid Holland. 2008. Werkgroep Evaluatie Geregelde Turbopleinen: Toepassing Geregelde Turbopleinen
9. Road Safety Web Publication No. 16 Relationship between Speed and Risk of Fatal Injury: Pedestrians and Car Occupants D. C. Richards Transport Research Laboratory Department for Transport: London September 2010
10. Roundabouts – Application and design. A practical manual. Ministry of Transport, Public Works and Water management. Partners for Roads. Holland. June 2009
11. Roundabouts: An Informational Guide. Second Edition// Federal Highway Administration. NCHRP report 672. 2010, 407 p.
12. Safety Impacts of Intersection Sight Distance/ National Cooperative Highway Research Program; Transportation Research Board; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Kimberly Eccles; Scott Himes; Kara Peach; Frank Gross; Richard J. Porter; Timothy J. Gates; Christopher M. Monsere. 2018. [Online]. Available: <http://nap.edu/25082>
13. TA 78/97 Design of Road Markings at Roundabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Volume 6, Section 2, Junctions, 1997. 23 p.
14. Tamara Dzambas, Sasa Ahac, Vesna Dragevic GEOMETRIC DESIGN OF TURBO ROUNDABOUTS
15. The relationship between speed and car driver injury severity' Road safety web report 9, Transport Research laboratory, April 2009
16. Thomas, N. Analysis of right-turn lane length in left-hand traffic countries at signalised intersections of urban roads. 2016. .Retrieved from <http://ro.ecu.edu.au/theses/1781>
17. Tim Murphy, AScT, MBA, PMP, Eng.L., P.L.(Eng.) Senior Project Manager, Parsons Inc. The Turbo Roundabout a First in North America Paper prepared for consideration of the TAC 2015 Road Safety Engineering Award of the 2015 Conference of the Transportation Association of Canada Charlottetown, PEI

УДК 629.331

Евгений Павлович Новоселов,
студент
Александр Сергеевич Афанасьев,
канд. воен. наук, профессор
(Санкт-Петербургский горный университет)
E-mail: a.s.afanasev@mail.ru,
cross3004@yandex.ru

Evgenii Pavlovich Novoselov,
student
Alexander Sergeevich Afanasyev,
PhD of Military Sci., Professor
(Saint Petersburg Mining University)
E-mail: a.s.afanasev@mail.ru,
cross3004@yandex.ru

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ УТТ и СТ «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ СУРГУТ» И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ANALYSIS OF OPERATION OF GAS-CYLINDER CARS, ON THE EXAMPLE OF UTT AND ST „GAZPROM TRANSGAZ SURGUT“, AND DEVELOPMENT POTENTIAL

В настоящее время в Российской Федерации увеличивается количество автомобилей, использующих газовое топливо, ввиду низкой стоимости на сам газ, а также растущих цен на бензин и дизельное топливо. Еще одним преимуществом компримированного природного газа является его экологичность, особенно в настоящее время [4]. В работе приводится анализ одного из таких предприятий, а также трудности, которые возникают при переводе автомобилей на газ. Также приведены собственные разработки предприятия в сфере оборудования для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Ключевые слова: компримированный природный газ, автомобиль, метан, газобаллонное оборудование, защитный кожух, стенд регулировки.

Currently, the number of vehicles using gas fuel is increasing in the Russian Federation, due to the low cost of gas itself, as well as rising prices for gasoline and diesel fuel. Another advantage of compressed natural gas is its environmental friendliness, especially at present [4]. The paper provides an analysis of one of these enterprises, as well as the difficulties that arise when converting cars to gas. Also given the company's own development in the field of equipment for maintenance and repair.

Keywords: compressed natural gas, vehicle, methane, gas-cylinder equipment, protective case, adjustment bench.

Ежегодно только отечественным автопарком (это более 34 млн. единиц транспортных средств по всей стране) выбрасывается с отработавшими газами 14 млн. т вредных веществ, что составляет 40 % общих промышленных выбросов в атмосферу [5]. В больших городах они достигают 90 % и представляют серьезную экологическую угрозу здоровью населения [7]. Величина экологического ущерба, наносимого промышленными выбросами, составляет сумму в 2 % валового национального продукта, при этом, 60% ущерба наносится именно автомобильным транспортом [8]. В совокупности с ежегодным удорожанием нефтепродуктов все вышеприведенные факторы заставляют обратить более пристальное внимание на вопрос о переводе транспорта на альтернативные виды топлива.

Наиболее перспективные из них – это природный газ (метан) и углеводородные газы (пропан-бутановые смеси), т.к. на территории нашей страны сосредоточена без малого треть мировых запасов углеводородного сырья. В настоящий момент компримированный природный газ (КПГ) и сжиженный углеводородный газ (СУГ) являются наиболее подготовленными видами топлива для использования в двигателях внутреннего сгорания в отечественных реалиях.

Некоторые страны уже имеют положительный опыт использования данного вида топлива (табл. 1) [9].

Стоит выделить тот факт, что Правительство Российской Федерации приняло постановление о переводе на газовое топливо не менее половины общественного транспорта в стране [8]. Отмечается, что автомобили, работающие на газе, являются одними из самых перспективных видов транспорта.

В настоящее время особый акцент сделан на необходимости развития использования газа в качестве топлива для муниципального транспорта в крупных городах, что позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в мегаполисах, а также сократить расходы на содержание автопарка ввиду того, что разница КПГ и бензина по стоимости, примерно в 4 раза меньше (табл. 2).

Таблица 1

Статистика газобаллонных автомобилей в мире

Страна	Количество автомобилей на газе, ед.	Процент от общего количества автомобилей, %
Пакистан	2750000	61,4
Аргентина	1900000	15,3
Польша	2500000	12,2
Италия	730000	1,6
США	112000	0,44
Германия	91500	0,2
Канада	12000	0,06
Россия	100000	0,003

Таблица 2

Сравнительная стоимость использования

Тип транспортного средства	Газель 330263	
	Бензин АИ-92	КПГ
Пройденное расстояние за езду (км)	492	492
Расход на 100 км	13 л	14,3 м ³
Цена за л/м ³	41,63 руб.	15,83 руб.
Количество ездов в месяц	18	18
Затраты в месяц, руб.	47928	20048
Экономия, руб.		27880

Использование природного газа в качестве моторного топлива позволяет повысить уровень безопасности эксплуатации транспортных средств. Метан почти в 2 раза легче воздуха, поэтому при разгерметизации он улетучивается, а не оседает, в отличие от других видов топлива. Метан не токсичен, не канцерогенен. Кроме того, нижние температурные и концентрационные показатели воспламенения у газов существенно выше, чем у бензина и дизельного топлива. За счет того, что газ находится в баллонах под давлением, исключается возможность попадания в них воздуха, необходимого для воспламенения или взрыва, в то время как в баках

с бензином или дизельным топливом все время присутствует смесь их паров с воздухом. Газовые баллоны имеют многократный запас прочности и устанавливаются в наименее уязвимые места автомобиля. В случае пожара баллоны, наполненные метаном, не взрываются, газ стравливается через специальные вставки и выгорает.

К основным преимуществам использования КППГ перед альтернативными видами топлива можно также отнести.

1. КППГ не содержит вредных примесей (свинец, сера), которые на химическом уровне разрушают детали камеры сгорания.

2. Стабильность агрегатного состояния. Газ поступает в двигатель в газообразной фазе, не смывает масляную плёнку со стенок цилиндров и не разжижает масло в картере.

3. Газ легко смешивается с воздухом и равномерно наполняет цилиндры однородной смесью.

3. КППГ почти втрое дешевле дизельного топлива. Несмотря на то, что расход газа несколько выше традиционного топлива (в городских условиях примерно на 15 %, за городом на 10%), экономия всё же значительна. Особенно это ощутимо при больших пробегах автомобиля. Расходы на горюче-смазочные материалы могут снижаться на 40 %.

5. Содержание вредных веществ в отработавших газах снижается на 53 %.

6. Штатная система подвергается минимальному переоборудованию, абсолютно не теряя прежней мощности;

7. Использование КППГ обеспечивает увеличение срока службы двигателя на 30...40% и в последствии снижает ремонтные затраты.

Большинство предприятий в Российской Федерации стремятся перевести свой автопарк именно на газ для достижения максимальной экономии средств на топливе [1]. Сургутское управление технологического транспорта и специальной техники (УТТ и СТ) создано 27.01.1978 года. Оно действует от имени общества «ПАО Газпром», в своей деятельности руководствуется действующим законодательством РФ, Уставом Общества и Положением о УТТ и СТ [6].

В своей структуре на 31.12.2014 год УТТ и СТ имеет: аппарат управления, три автотранспортных цеха, здравпункт и спортивный зал, общая численность на предприятии – 1370 человек.

УТТ и СТ организует и обеспечивает структурные подразделения ООО техникой. Предоставляет транспорт для их корпоративного спортивного клуба «Факел», организует развозку работников до мест работы сотрудников, а именно до подразделений, находящихся в г. Сургуте, Тюмени, Ноябрьске, Тобольске, а также до компрессорных станций.

Общее число техники во всех цехах подразделения составляет 1026 единиц. Количество автомобильной техники в Сургутском автотранспортном цехе (САТЦ) УТТ и СТ 393 единицы из них работают на компримированном природном газе (КППГ) 196 автомобилей (табл. 3). Из них только на КППГ 38, на КППГ/бензин 156, КППГ/ДТ 5 [6].

Из 196 автомобилей переоборудовано на КППГ собственными силами с 2012 по 2016 – 106 единиц (из них в САТЦ 60%).

Ввиду увеличения количества автомобилей на компримированном природном газе предприятие столкнулось с увеличением количества отказов автомобилей на данном виде топлива. Было принято решение о создании участка обслуживания газобаллонных автомобилей, а также разработке мероприятий по поддержанию транспортных средств в работоспособном состоянии и обеспечивать бесперебойную работу предприятия.

Статистики выхода из строя автомобилей не ведётся, но по опыту эксплуатации было выявлено достаточное количество отказов у газовых автомобилей КамАЗ 65116-30 и 65115-32 и 2014-2017 года выпуска: выходят из строя дозаторы газа, свечи, форсунки, приходится перебирать газовые редуктора. При ремонте эти все запасные части в основном являются заказными, их нет в наличии в Сургуте. Они являются импортными, что из-за программы импортозамещения представляет трудности по их закупке. Также на газовых автомобилях КамАЗ имеют место

отказы двигателей: начинаются задиры цилиндров в поршневой группе при пробеге от 15000–50000 км, что требует больших затрат на ремонт или замену двигателей. Была замена 5 двигателей КамАЗ 820.60 и ремонт 2 двигателей КамАЗ 820.60 в гарантийный период. Были отказы двигателя Урал-55571-3121-16 при минимальных пробегах.

Таблица 3

Количество автомобильной техники в САТЦ, работающих на КПП

Автомобиль	Количество	Вид топлива
Волжанин	1	КПП/ДТ
ГАЗ-330262;2217;32212; 330263; 2705; 32213	49	КПП/бензин
ГАЗ-3102	21	КПП/бензин
ЗИЛ-4331	4	КПП/бензин
КАвЗ-3976, ПАЗ-3206	9	КПП/бензин
КАвЗ-4238-72	8	Только КПП
КамАЗ 65117, 43118-20, 53215	4	КПП/ДТ
КамАЗ-65116-30, 65115-32, 65116-32	24	Только КПП
КамАЗ Маркополо Бравис	3	Только КПП
НефАЗ-5299-000011-31	2	Только КПП
УАЗ Patriot	50	КПП/бензин
Урал 55571-3121-16	1	Только КПП
Форд Mondeo	13	КПП/бензин
Шевроле Нива	2	КПП/бензин

По остальным автомобилям на КПП отказов не выявлено. Имеют место только регулировки при плановом техническом обслуживании.

Из опыта эксплуатации установлено, что при обслуживании: необходима приточно-вытяжная вентиляция, соответствующая объему помещения, датчики утечки, также необходимо оборудование для диагностики (АСКАН-10, программа LandiRenzoSetup), течеискатели, пункт аккумулирования газа, собственные приборы для регулировки подачи газа.

Для выполнения работ с автомобилями, работающими на газе, специалисты, и, в частности, слесари прошли специальную подготовку и имеют удостоверение слесаря по ремонту топливной аппаратуры, удостоверение для работы с сосудами, работающими под давлением.

По опыту эксплуатации основными трудностями на предприятии являются: отсутствие запасных частей в Сургуте, отсутствие оборудования для ремонта и освидетельствования баллонов, а также основная трудность в ограниченной сети газовых заправок.

На 03.04.2017 в России насчитывается 314 АГНКС [7] (автомобильная газонаполнительная компрессорная станция). К сравнению количество АЗС с бензином и дизельным топливом на 2017 год насчитывается 29735 штук.

Автомобили предприятия не могут преодолеть расстояние равное 800 км (Сургут-Тюмень), ввиду отсутствия АГНКС приходится использовать мобильные заправщики для дополнительной дозаправки машин в пути.

Ввиду увеличения количества автомобилей на природном газе на предприятии, будет создаваться участок технического обслуживания и ремонта. Это позволит уменьшить временные и денежные затраты, а именно затраты на обслуживание автомобилей на стороннем предприятии.

Для обеспечения работоспособности автомобилей ГАЗ-32213, ГАЗ-32212 и ГАЗ-2705 УТТ и СТ потребовался «Кожух защиты газового баллона автомобилей ГАЗ-32213, ГАЗ-32212 и ГАЗ-2705» [5].

После многолетней эксплуатации автомобилей марок указанных выше, сформировался основной перечень периодически возникающих неисправностей ГБО, являющихся, причиной долгого простоя транспортных средств.

При установке газобаллонного оборудования на автомобили, баллоны размещены под днищем салона. Два баллона размещены непосредственно в раме автомобиля, являющейся для них защитой от окружающих воздействий, а вот третий расположен в менее защищаемой задней части кузова после заднего моста автомобиля по ходу движения. Указанное место установки третьего баллона является неблагоприятным из-за большой вероятности механических повреждений при движении по пересечённой местности, при движении по дороге с искусственными неровностями, обеспечивающими безопасность дорожного движения, а также при движении задним ходом при парковке автомобиля. На сегодняшний день зафиксированы только неисправности электромагнитного клапана, установленного на самом баллоне, трубопроводов и деформация баллона при которой дальнейшая эксплуатация опасна и требует его замены. Во избежание выше перечисленных проблем, предлагаем использовать следующее техническое решение.

Оно заключается в изготовление универсальной защиты заднего баллона и установки её на автомобиль (рис. 1–3). Она представляет собой лист металла толщиной 2 мм длиной 1300 мм и шириной 1700 мм. В самой защите просверлены технологические отверстия для отвода грязи, воды и снега. Крепится штатными болтовыми соединениями к раме автомобиля.

Благодаря внедрению данного предложения, универсальная защита предохраняет от ударов баллона, при котором может произойти его повреждение, электромагнитного клапана, установленного на нём, в результате чего это может привести к возгоранию или взрыву.



Рис. 1. Расположение баллона



Рис. 2. Защитный кожух



Рис. 3. Установленный защитный кожух

При эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте газобаллонных автомобилей и автобусов, в конструкции которых используется новое поколение газовой аппаратуры, предназначенной для использования в качестве моторного топлива – компримированный природный газ (КПГ), требуются специальные инструменты, оборудование и приспособления.

Для выполнения этих работ предлагаем использовать стенд, предназначенный для ремонта, регулировки, опрессовки газовых редукторов и газовой аппаратуры, входящих в состав газотопливной системы газобаллонных автомобилей (ГБА), настройку и проверку технического состояния и рабочих параметров газобаллонного оборудования (ГБО) автомобилей.

Используя переходные соединения для ГБО разных изготовителей, приспособление позволяет производить.

1. Проверку герметичности соединений и трубопроводов.
2. Проверка герметичности газовых систем питания.
3. Проверку герметичности и работоспособность вентиляей.
4. Проверку герметичности газовых электромагнитных клапанов.
5. Проверку герметичности, работоспособность и регулировку редукторов высокого давления.
6. Проверку герметичности, работоспособность дозатора газа электромагнитного.

Приспособление представляет собой монтажный стол с закрепленными на нем манометрами, вентилями и соединительными трубками высокого и низкого давления (рис. 4). Высокое давление обеспечивает кислородный баллон с сжатым воздухом (15,2 МПа), расположенный около стола. Также используем генератор импульсов для проверки газовых дозаторов. Блок питания на 24 и 12 вольт для проверки соленоидных электромагнитных клапанов.



Рис. 4. Стенд проверки ГБО

К перспективам развития применения КПГ можно отнести.

1. Проектирование автомобилей на КПГ с завода. Не беря в учет российских производителей, концерн VAG будет оснащать свои «новинки» двигателями семейства tgi. Заявленный средний расход топлива на Golf с роботизированной коробкой – 3,5 кг газа на 100 км пробега).
2. На 2019 год в РФ на строительство газовых заправок выделено 4 млрд. рублей.

3. Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу. В сравнении с дизельным двигателем, выбросы оксида углерода сокращаются в 2-3 раза.

4. Природный газ не образует отложений в топливной системе, не смывает масляную пленку со стенок цилиндров, тем самым снижая трение и уменьшая износ двигателя. При сгорании природного газа не образуется твердых частиц и золы, вызывающих повышенный износ цилиндров и поршней двигателя. Таким образом использование природного газа в качестве моторного топлива позволяет увеличить срок службы двигателя в 1,5-2 раза. А, следовательно, простоев и затрат на КР будет меньше.

Вышерассмотренное предприятие УТТ и СТ «Газпром Трансгаз Сургут» будет стремиться и дальше переводить свой автопарк на метан, а также производить закупку автомобилей на данном виде топлива. Еще одним направлением будет реконструкция участка для хранения под участок для технического обслуживания и текущего ремонта газобаллонных автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А.С., Жуков О.В., Рыженков А.А. Анализ транспортных средств, работающих на компримированном природном газе, и разработка мероприятий по поддержанию их работоспособности. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции «Транспортное планирование и моделирование», СПб, ГАСУ, 24-25 мая 2017.
2. Афанасьев А.С., Новоселов Е.П. Анализ эксплуатации газобаллонных автомобилей на предприятии УТТ и СТ «Газпром Трансгаз Сургут» и пути их совершенствования. III Всероссийская межвузовская конференция «Магистерские слушания», СПб, ГАСУ, 25-26 октября 2018.
3. Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т., Загорский С.М. Обоснование экологической оценки безопасности дизелей автомобильной техники // Вестник Таджикского университета. 2015. № 3 (31). С. 225-228.
4. Дидманидзе О.Н., Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т., Бисенов К.А. Научные основы ресурсосбережения в газовых двигателях. В Сборнике: Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации. Материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых, Астана, 19-20 июня 2017. С. 221-227.
5. Журнал рационализаторских предложений УТТ и СТ ООО «Газпром Трансгаз Сургут».
6. Пояснительная записка к годовому отчету за 2017 год УТТ и СТ, Сургут, 2018.
7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 мая 2013 г. № 767-р.
8. Рентабельность использования газомоторного топлива. URL: <http://www.gazpromlpg.ru/?id=212> (дата обращения: 22.11.2018).
9. Статистика международного опыта ГБО. URL: <http://www.agts-spb.ru/ecology/experience/> (дата обращения: 23.10.2018).

УДК 656.025

Игорь Николаевич Пугачёв,

д-р техн. наук, доцент

Юрий Иванович Куликов,

канд. техн. наук, доцент

(Тихоокеанский государственный университет)

E-mail: ipugachev64@mail.ru

Igor Nikolaevich Pugachev,

Dr. of Tech. Sci., Associate Professor

Yuri Ivanovich Kulikov,

PhD of Tech. Sci., Associate Professor

(Pacific National University)

E-mail: ipugachev64@mail.ru

ПОДГОТОВКА КАДРОВ – ЗАЛОГ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕДОМСТВЕННОГО ПРОЕКТА «ЦИФРОВОЙ ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИКА»

TRAINING – THE KEY TO IMPLEMENTATION OF THE INSTITUTIONAL PROJECT «DIGITAL TRANSPORT AND LOGISTICS»

В статье рассматривается необходимость подготовки кадров для цифрового транспорта в соответствии с ведомственным проектом Минтранса России «Цифровой транспорт и логистика» в составе национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в связи со Стратегией пространственного развития страны на период до 2024 года, основу которой составляют транспортные инфраструктуры, требующие модернизации, кадрового, технического и технологического обеспечения цифровизации и интеграции в одну экосистему цифровых сервисов как по отдельным видам транспорта, так и в совокупности по типу «одного окна» для всех участников транспортного процесса.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, цифровая среда, образовательные программы, компетенции, уровни подготовки, сквозная профессиональная подготовка, образовательная мобильность.

The article discusses the need for training for digital transport in accordance with the departmental project of the Ministry of transport of Russia “Digital transport and logistics” as part of the national program “Digital economy of the Russian Federation” in connection with the Strategy of spatial development of the country for the period up to 2024, which is based on transport infrastructure that requires modernization, personnel, technical and technological support of digitalization and integration into one ecosystem of digital services as separate modes of transport., and in conjunction of the type “one stop shop” for all participants in the transport process.

Keywords: transport infrastructure, digital environment, professional standard, competencies, training levels, end-to-end training, educational mobility.

Необходимость подготовки профессиональных кадров по профилю «Цифровой транспорт и логистика» определилась неукоснительной реализацией национальных проектов, к числу которых отнесены цифровая экономика; безопасные и качественные автомобильные дороги; наука и образование, которые в совокупности определяют научно-образовательный, технический и технологический прорыв и будущее развитие транспортной сферы наряду с другими сферами жизни в стране.

Развитие и реализация цифровой транспортной экономики должны соответствовать программе «Цифровая экономика РФ» (28.07.2017 № 1632-р). В основе программного документа лежит тезис, определяющий, что цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, в которой ключевым фактором производства становятся данные в цифровой форме, что позволяет практически формировать информационное пространство с учетом характеристик транспортных инфраструктур, спроса потребителей транспортных услуг и предложений перевозчиков.

Общим профессиональным содержательным аспектом в подготовке и переподготовке кадров по профилю «Цифровой транспорт и логистика» являются сформировавшиеся в результате обсуждения на государственном, правительственном и ведомственном уровнях концепту-

альные подходы к стратегическому развитию транспортной сферы, суть которых определяется рядом направлений.

Сегодняшние векторы научно-образовательного, технического и технологического прорыва в транспортной сфере требуют широкого применения цифровых технологий и сервисов, обеспечивающих оптимизацию грузовых и пассажирских перевозок на всех видах транспорта. Целевым результатом функционирования цифровой транспортной экономики должно стать соблюдение баланса между спросом и предложением транспортных услуг и логистики доставки грузов и пассажиров с предоставлением сервисных услуг пользователям транспорта.

Реализация цифровой транспортной экономики возможна при консолидации науки, образования, бизнеса и государства, что требует креативного развития существующих и создания новых сквозных цифровых платформ и технологий. Среда, необходимая для развития платформ и технологий, эффективного взаимодействия субъектов дорожно-транспортного рынка включает нормативно-правовую базу, информационную структуру, кадры и образование, информационную безопасность и интероперабельность в соответствии с государственной политикой в области различных видов транспорта.

Цифровая оптимизация мультимодальных прямых смешанных (комбинированных) грузовых перевозок с участием нескольких видов транспорта через транспортно-логистические узлы, в том числе в трансграничном сообщении, требует унификации и интеграции цифровой телеметрической платформы на основе бортовых компьютеров для совместимости, доверия, взаимодействия и координации работы видов транспорта в логистических бизнес-процессах, что позволит упорядочить работу и ответственность операторов единой перевозки.

Создание единой цифровой интегрированной платформы мультимодальных пассажирских перевозок позволит выбрать для пассажира оптимальный маршрут перевозки любыми видами транспорта и в любой комбинации, приобрести единый билет с гарантированным уровнем комфорта и безопасности с учетом лояльности для пассажиров.

Формирование единой цифровой платформы транспортного комплекса страны, которая объединит в одну экосистему все сервисы и массивы данных как по отдельным видам транспорта, так и в совокупности по типу «одного окна», позволит обеспечить связанность территорий страны, цифровую беспроводную логистику доставки грузов и пассажиров, электронный документооборот, снизить издержки для бизнеса и оптимизировать госрегулирование процесса перевозок.

При этом важное значение имеют национальные приоритеты в разработке базовых документов, определяющих единую государственную стратегию цифровизации различных видов транспорта. К ним относятся единые стандарты, правила и регламенты информационного обмена, унификация требований к платформам и технологиям, аппаратному и программному обеспечению цифрового транспорта, что позволит сохранить национальную безопасность и суверенитет над информационными потоками в транспортном комплексе страны.

Интегрирующим и координирующим центром цифровой трансформации транспортного комплекса должна стать ассоциация цифрового транспорта и логистики с федеральным центром компетенции (ФЦК) всех игроков отрасли по цифре при министерстве транспорта РФ, которое объявило конкурс на разработку концепции создания цифровой платформы транспортного комплекса РФ, основу которой, по нашему мнению, должен составить проект в области искусственного интеллекта и больших данных (big data) для реализации цифровой логистики.

Общность транспортных проблем и единство цифровых показателей работы позволяют формировать цифровые контуры и технологии по грузовым и пассажирским перевозкам отдельных видов транспорта с последующей интеграцией цифровых сервисов в единую цифровую платформу как по отдельным видам транспорта, так и в совокупности. Это обстоятельство дает возможность подготовки и переподготовки кадров по профилю «Цифровой транспорт и логистика» с отраслевым компонентом (специализацией по видам транспорта и объектам его инфраструктуры).

Сложившаяся в ТОГУ система подготовки специалистов транспортной сферы включает ряд направлений и профилей. Направление «Технология транспортных процессов» включает три профиля: «Организация перевозок и управления на автомобильном транспорте», «Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий», «Транспортная логистика». Направление «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» включает два профиля: «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис». Направление «Строительство» включает профиль «Автомобильные дороги». Для цифровой трансформации инфраструктуры автомобильного транспорта требуется кадровая подготовка. Для этого в ТОГУ подготовлена материально-техническая база, основу которой составляет Центр космических технологий, включающий в себя средства инженерно-технического проектирования, геоинформационного анализа, устройства дистанционного зондирования земли, получение и обработки космических снимков с обработкой данных суперкомпьютерными мощностями, что позволяет использовать взаимодействие образовательных программ с исследовательскими проектами, связанными с потребностями региональной экономики.

Современная практика функционирования транспортного комплекса страны показывает, что наиболее востребован и восприимчив к цифровой экономике автомобильный транспорт в части коммерческой эксплуатации, особенно пассажирский общественный транспорт, формирующий главным образом комфортность и доступность объектов городской среды, выступающий показателем цифровизации и гармоничного пространственного развития.

Цифровизация автомобильного транспорта имеет свои отличительные особенности [1-5]. На современном этапе развития автомобильного транспорта предусматривается изменение инфраструктуры производства автотранспортных средств (АТС) во всех сегментах в соответствии со Стратегией развития автомобильной промышленности РФ на период до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 апреля 2018 г. № 831-р. На территории РФ осуществляется производство легковых, легких коммерческих и грузовых автомобилей, автобусов, а также перспективных видов инновационного транспорта: электромобилей, газомоторных автомобилей, работающих на сжатом природном газе, и беспилотных АТС. При этом цифровизация автомобильного парка предусматривает наличие электронных паспортов АТС, выпускаемых в обращение с 1 июля 2018 года, страховых полисов владельцев АТС в электронном виде, маркировку RFID-метками (чипами) на лобовом стекле для считывания радиочастотной идентификации АТС в условиях плохой видимости в системах автоматизированных стационарных постов весогабаритного контроля с функцией фотовидеофиксации АТС, перевозящих тяжеловесные грузы в системе взимания платы «Платон», установку индикаторов экстренного реагирования на аварии «ЭРА-ГЛОНАСС». Следует отметить, что космическая группировка «ГЛОНАСС» обеспечивает мониторинг автотранспорта по всем индикаторам подключенных автомобилей и является национальной цифровой телематической платформой, требующей подготовки кадрового состава.

Новый импульс в развитии цифровой экономики был дан в дни работы Восточного экономического форума в сентябре 2018 г. во Владивостоке на котором Президентом РФ было предложено создать на базе Дальневосточного федерального университета центр цифрового развития и использовать Дальний Восток как площадку для внедрения передовых цифровых решений в том числе в области транспорта, что явилось стартовым началом цифровизации транспорта и требует координационной работы перевозчиков в регионах Дальневосточного федерального округа (ДФО).

Для этого предлагается создание под эгидой Минвостокразвития информационно-аналитического центра и координационного совета по транспорту с участием представителей вузов, ДВО РАН, региональных транспортных министров, кооперативного бизнеса, спутниковых навигационно-информационных систем, агентств по стандартизации и при необходимости других участников. При этом на уровне субъектов ДФО могут быть созданы региональные отделения ФЦК по цифровому транспорту и логистике.

Основой кадрового обеспечения цифрового транспорта является национальный проект «Образование». В соответствии с разделом 4.4. Федеральный проект «Цифровая образователь-

ная среда» Паспорта национального проекта «Образование», утвержденного президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 3 сентября 2018 г. № 10) пунктом 1 определена задача из Указа Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204: создание к 2024 году современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей высокое качество и доступность образования всех видов и уровней, а также календарный срок реализации целевой модели цифровой образовательной среды по общеобразовательным программам, по образовательным программам высшего образования и дополнительным профессиональным программам, обеспечивающим возможность формирования индивидуальных портфолио обучающихся на созданной платформе «Современная цифровая образовательная среда» в том числе за счет использования набора сервисных и интеграционных решений в соответствии с федеральным проектом «Молодые профессионалы» (модернизация среднего профессионального и высшего образования).

Внедрение сквозной профессиональной подготовки, начиная с ранней профориентации школьников, реализуемой на открытых онлайн-уроках «Проектория» и до последующей подготовки специалистов рабочих профессий, среднего и высшего звена в соответствии с выбранными профессиональными компетенциями с учетом реализации проекта «Билет в будущее» позволит подготовить высококвалифицированные отраслевые кадры. При этом реализация принципа образовательной мобильности, связанной с переводом в другой вуз или работой в другом месте, возможна при адекватности подготовки специалистов одного профиля [6-8].

Таким образом, образовательные программы для цифровой трансформации транспортной инфраструктуры должны быть согласованы с ФЦК и соответствовать требованиям национальных проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности цифровой экономики в транспортной сфере / И. Н. Пугачёв, Ю. И. Куликов, Г. Я. Маркелов, Л. М. Липсиц, А. Е. Борейко // Транспорт Российской Федерации. – № 3 (76). – 2018. – С. 34–36.
2. Инновационные технологии цифровой трансформации автомобильно-дорожного комплекса в стратегическом развитии / И. Н. Пугачёв, Ю. И. Куликов, А. И. Ярмолинский // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : международный сборник научных трудов / под ред. А. И. Ярмолинского. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. – № 18. – С. 36–39.
3. Стратегия инновационного развития автомобильного транспорта / И. Н. Пугачёв, Ю. И. Куликов // Автомобильный транспорт Дальнего Востока – 2018 : материалы IX международной науч.-практ. конф. (Хабаровск-Владивосток, 19-23 сент. 2018 г.) / [отв. ред. П. П. Володькин]. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. – С. 238–241.
4. Стратегическое развитие автомобильно-дорожного комплекса в цифровой среде / И. Н. Пугачёв, Ю. И. Куликов, Г. Я. Маркелов // Научные чтения памяти профессора М. П. Даниловского: материалы Восемнадцатой Национальной научно-практической конференции : в 2 т. / Тихоокеан. гос. ун-т. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. – 1 т. – С. 336–338.
4. Автомобильный транспорт: основы контурной цифровизации / Ю. И. Куликов, И. Н. Пугачев // Направление-Дальний Восток. – № 1 (100). – 2019. – С. 30.
5. Интерактивные методы обучения студентов по дисциплинам профессионального цикла / Ю. И. Куликов, И. Н. Пугачев // Проблемы высшего образования : материалы междунар. науч.-метод. конф., Хабаровск 10-12 апр. 2013 г. / под ред. Т. В. Гомза. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. С. 198–200.
6. Значение профессиональной терминологии в научно-образовательном процессе / Ю. И. Куликов, И. Н. Пугачёв // Проблемы высшего образования : материалы междунар. науч.-метод. конф., Хабаровск, 9–11 апр. 2014 г. / под ред. Т. В. Гомза. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – С. 257–259.
7. Стратегия подготовки кадрового ресурса для инновационного развития и модернизации транспортных инфраструктур / Ю. И. Куликов, И. Н. Пугачёв // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – № 11. – 2014. – С. 40–43.

УДК 711.73

Джованни Хавьер Айяла Пупиалес,
студент
Сергей Дмитриевич Митягин,
д-р архит., профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: javier.ayala.jm@gmail.com,
snpkaf@yandex.ru

Geovanny Javier Ayala Pupiales,
student
Sergey Dmitrievich Mityagin,
Dr. of Arch., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: javier.ayala.jm@gmail.com,
snpkaf@yandex.ru

ДОРОЖНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СЕВЕРА ГОРОДА КИТО, ЭКВАДОР

ROAD SOLUTION FOR THE NORTH OF THE CITY OF QUITO, ECUADOR

В статье говорится о предлагаемом городском дорожном решении для парка «Бисентенарио» в столице Эквадора, Кито. Появление данного парка связано с переносом аэропорта «Марискаль Сукре» на другой участок. На месте аэропорта муниципальные власти решили обустроить городской парк, который позволит восстановить зеленую среду обитания к северу от города. Для этого необходимо разработать дорожные альтернативы с применением критериев городского подземного планирования, чтобы сохранить целостность парковой зоны и не разрушить ее экосистемы. Научная статья связана с предложенным автором проектом подземного дорожного соединения для расширения станций метро линий 1 и 2, являющихся продолжением строящегося в настоящее время метро Кито.

Ключевые слова: подземная урбанистика, градостроительство, дорожный дизайн, метрополитен, Кито, Эквадор.

This article refers to the proposed urban road solution in the Bicentennial Park in the capital of Ecuador, Quito, park whose designation was from the cessation of the functions of the Mariscal Sucre airport that operated on the site. Once relocated the airport, city officials decided that this space is intended for an urban park for recovering green habitat north of the city. To this end, it is necessary to design road alternatives applying the criteria of underground urbanism and preserve the park area intact without the destruction of its ecosystem. The scientific article is related to the design of the underground road connection for the connection of the metro stations of lines 1 and 2 proposed by the author, which are extensions of the Quito metro that is currently under construction.

Keywords: underground urbanism, urban planning, road design, metro, Quito, Ecuador.

В городе Кито, столице Эквадора, на данный момент зарегистрировано 2 644 145 человек, а по прогнозу на 2020 год население составит 2 781 641 человек [1]. В этой связи активно реализуются проекты по строительству нового жилья, а также по организации зеленых зон и мест отдыха, необходимых для обеспечения качества жизни людей.

Ранее создание зеленых зон не было приоритетным при планировании застройки, однако сейчас наблюдается стремление сохранить как можно больше территорий под городские парки. Одной из таких территорий является зона бывшего аэропорта «Марискаль Сукре» (рис. 1) [2], функционировавшего с 1960 по 2013 год.

В 2008 г. муниципалитет Кито объявил конкурс «Парк-дель-Лаго» на проект городского парка общей площадью в 125 га на месте аэропорта. В том же году название проекта сменилось на «Парк Бисентенарио». В финале конкурса на разработку ландшафтно-архитектурной концепции парка победил проект Э. Бильбао (рис. 2). [3]

Данный парк должен был стать объединяющим элементом для восточной и западной частей северного района г. Кито. В проекте Э. Бильбао, а также почти во всех других представленных на конкурс ландшафтно-архитектурных концепциях, было предложено проложить через парк несколько автомобильных дорог, чтобы соединить прилегающие к парку секторы. (см. рис. 2, 3) [4]

Ввиду возросшей потребности в перемещении между данными секторами строительство дорог, безусловно, необходимо и позволило бы экономить время и деньги, однако разделение парка на несколько зон противоречит новой модели города Кито, предложенной в проекте по развитию города до 2040 год [5]. Реализация представленных на конкурс вариантов приведет к тому, что автомобильные дороги в парке будут препятствовать свободному передвижению пешеходов и нарушать целостность парка, из-за чего люди будут вынуждены проводить мероприятия в пределах определенных секторов (рис. 4) [6].

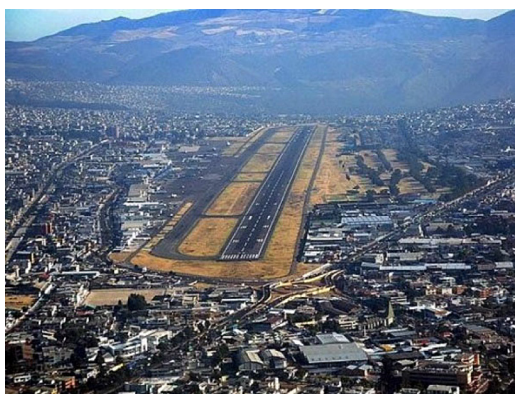


Рис. 1. Аэропорт «Марискаль Сукре»



Рис. 2. Проект парка, автор Э. Бильбао



Рис. 3. Проект парка от Boris Albornos Architects



Рис. 4. Влияние автомобильных дорог на перемещение людей в парке

Первый этап работы над проектом «Парк Бисентенарио» начался со строительства конференц-центра на месте бывшего терминала, однако на этом работы остановились. Для строительства станции метро «Лабрадор» была использована часть южной территории парка, что уменьшило его размеры на 9,7 га, а также рядом со станцией метро была проложена сквозная дорога через парк, чтобы разгрузить соседние улицы. В настоящее время зона, выделенная под парк «Бисентенарио», используется в качестве места для концертов, спортивных соревнований и т.д., которые проходят непосредственно на бывшей взлетно-посадочной полосе.

Очевидно, что с течением времени проблема мобильности и необходимость в пересечении парка в данном секторе будет становиться все острее в связи с окончанием строительства станции «Лабрадор» и первой линии метро Кито, которое должно завершиться к декабрю 2019. Так как первая линия метро не способна охватить весь город, логично предположить, что система метро Кито будет развиваться дальше на север, где проживает 40 % населения, и в таком случае она затронет зону парка «Бисентенарио».

Возможным вариантом расширения метро Кито является строительство еще двух веток от станции «Лабрадор» (рис. 5). В нашем проекте расширения системы метро данные ветки огибают парк, направляясь на восток и запад. Появление новых станций предполагает создание общественных автобусных линий, объединяющих эти узлы между собой. Ввиду того, что линии тем или иным образом обязательно пересекут парк, следует рассмотреть возможность создания подземных туннелей для транспорта, которые, с одной стороны, никак не повлияют на целостность парка, а с другой, объединят части района.

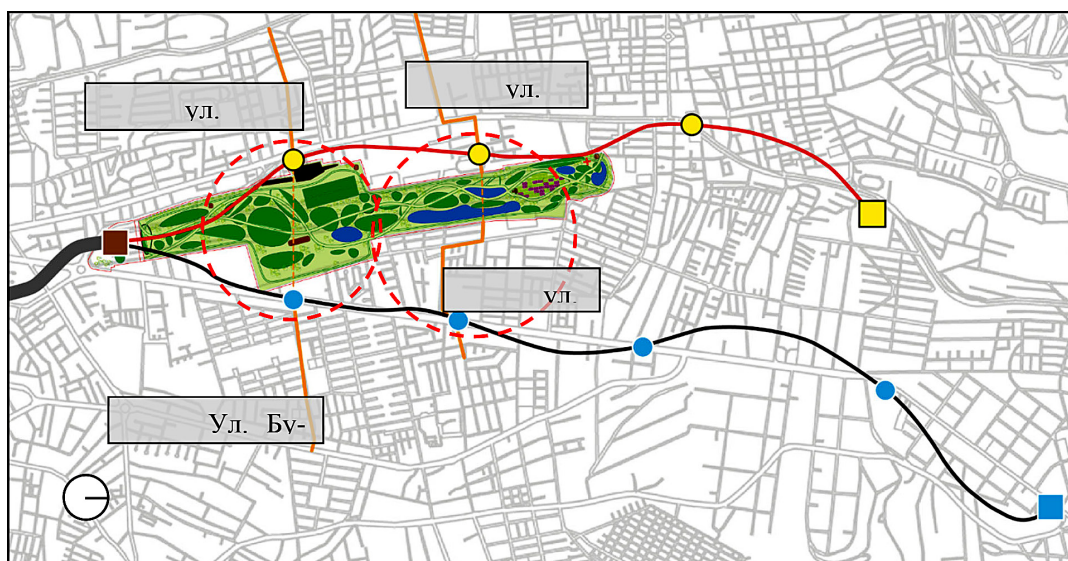


Рис. 5. Проект новых линий метро и подземных туннелей, автор – Д.Х. Айяла Пупиалес

Предлагаемое создание дорог для связи станций метро без нарушения целостности парка основано на применении подземного градостроительства. Критерии проектирования соответствуют Эквадорскому дорожному стандарту, который регулирует и устанавливает необходимую ширину дороги, глубину туннеля и другие технические аспекты.

Подземные туннели, проходя под парком, соединят улицу Вальдивьесо с улицей Бустаманте и Улицу Карлоса V – с улицей Йепес, и станут альтернативными дорожными осями для циркуляции городского транспорта (рис. 5–7). Соединение улиц Вальдивьесо и Бустаманте создает ось 1, длиной ± 650 м, а улицы Карлоса V и улицы Йепеса – ось 2, длиной ± 320 м. Данные оси имеют одинаковые характеристики по отношению к планируемым станциям метро и их соединению с автомобильными полосами движения. Таким образом, представленный предварительный проект позволяет сохранить целостность зоны для будущего парка «Бисентенарио».



Рис. 6. Пример туннеля



Рис. 7. Пример туннеля

ЛИТЕРАТУРА

1. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo INEC. Ecuador. URL: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/> (дата обращения: 08.04.2019)
2. Фото. Quito Ecuador URL: <https://es.foursquare.com/v/quito-equador/536cb685498eb942fe351c6b?openPhotoId=536cb6dd498eae4c4c67f21> (дата последнего посещения 08.04.2018)
4. Arquitectura moderna en Ecuador. URL: <http://arquitecturaecuatoriana.blogspot.com/2012/01/ernesto-bilbao.html> (дата последнего посещения 08.04.2019)
5. Boris Albornos Arquitecura. URL: <http://www.borisalbornoz.com/proyectos/parque-del-lago/> (дата последнего посещения 08.04.2019)
6. Visión de Quito 2040 y su nuevo modelo de ciudad. Quito, 2018, ISBN: 978-9942-781-01-7 SAA arquitectura. Parque del Lago, Quito, concurso público, proyecto. URL: <http://www.saarquitectos.cl/Parque-del-Lago-Quito-concurso-publico-proyecto> (дата последнего посещения 09.04.2019)

УДК 656.13.08

Александр Иванович Солодкий,
д-р экон. наук, доцент
Наталья Владимировна Черных,
ассистент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: asolodkiy@mail.ru,
VasNat_710@mail.ru

Alexander Ivanovich Solodkiy,
Dr. of Sci. Ec., Professor, Associate Professor
Natalya Vladimirovna Chernikh,
assistant
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: asolodkiy@mail.ru,
VasNat_710@mail.ru

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДОВ

METHOD OF INCREASING THE LEVEL OF SERVICE OF MOTION ON THE STREET-ROAD NETWORK OF CITIES

Перенасыщение движением улично-дорожной сети – одна из основных проблем современных мегаполисов. Наибольшую нагрузку в этой «работе» на себя принимает опорная улично-дорожная сеть. В статье предложен алгоритм включения городской улицы в опорную сеть, который является составляющим методики повышения уровня обслуживания дорожного движения на улично-дорожной сети. Уровень обслуживания является важным параметром, оценивающим эффективность организации дорожного движения. В качестве основной проблемы отмечена необходимость повышения уровня обслуживания дорожного движения на улично-дорожной сети путем применения комплекса мероприятий. Приводится классификация типов мероприятий и факторы, которые ограничивают их применение.

Данная методика позволит повышать пропускную способность наиболее загруженных транспортных участков путем их реконструкции для равномерного перераспределения транспорта по всей улично-дорожной сети.

Ключевые слова: организация движения, пропускная способность, управление движением, улично-дорожная сеть, уровень обслуживания, локальные планировочные мероприятия.

Gelatinization of the road network is one of the main problems of modern megacities. The backbone network assumes the greatest load in this «work». The article proposes an algorithm for the inclusion of a city street in the core network, which is part of the methodology for improving the level of traffic service on a street-road network. The level of service is an important parameter evaluating the effectiveness of traffic management. As the main problem, the need to improve the level of traffic service on the road network by using a set of measures is noted. A classification of event types and factors that limit their use are given.

Keywords: traffic organization, traffic capacity, traffic management, street-road network, service level, local planning measures.

Проблемы организации и безопасности дорожного движения в крупных городах становятся все более актуальными в связи с продолжающимся ростом автомобилизации и недостаточным развитием транспортной инфраструктуры городов. Увеличение интенсивности движения, рост числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), распространение заторовых ситуаций на основных городских маршрутах – все это вызывает необходимость совершенствования организации движения (ОД), технологий обеспечения пропускной способности (ПС) городских улично-дорожных сетей (УДС) и повышения эффективности транспортного обслуживания городов, а также обеспечения дорожной безопасности при функционировании автомобильного транспорта [1].

Системные заторы приводят к большим затратам времени на поездки граждан, как на индивидуальном, так и на общественном транспорте. Низок уровень комфортности и безопасности этих поездок [2]. Одним из параметров, оценивающим эффективность организации дорожного движения, является уровень обслуживания дорожного движения, представляющим собой показатель, выражающий отношение средней скорости движения транспортных средств, к скорости транспортных средств в условиях свободного движения [3]. Это положение закреплено Постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2018 г. № 1379 «Об утверждении Правил определения основных параметров дорожного движения и ведения их учета», которое, разработано во исполнение Федерального Закона № 443-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Скорость движения транспортных средств во многом определяется равномерностью движения автомобильного транспорта, двигающегося в потоке [4].

Актуальной является задача повышения уровня обслуживания дорожного движения на улично-дорожной сети. Для чего авторами разработана методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях, учитывающая вероятностные характеристики транспортного потока и сочетания различных факторов, влияющих на условия движения. Использование предлагаемой методики обеспечивает повышение эффективности функционирования городской улично-дорожной сети (УДС) за счет комплекса мер по совершенствованию элементов транспортной инфраструктуры, организации и управления движением в крупных городах.

Первым шагом является определение опорной сети городских улиц, для которых и решается задача повышения уровня дорожного движения. Для определения возможности включения городской улицы в опорную сеть, предложен алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети (рис. 1). В качестве критериев отбора выступают совершаемые по УДС корреспонденции и интенсивность движения [5].

Для каждой городской улицы (участка улицы), претендующей на включение в опорную улично-дорожную сеть определяется доля корреспонденций, соответствующих магистральным улицам общегородского значения (по СП 42.13330.2016) и при этой доле более 30 % улица включается для дальнейшего рассмотрения.

На следующем этапе рассчитывается коэффициент интенсивности движения опорной сети $K_{N_{oc}}$ (1). Значение указанного коэффициента для каждой городской улицы сравнивается со средневзвешенной интенсивностью движения крупного города $N_{ср.вз.}$

$$K_{N_{oc}} = \frac{N_i}{N_{ср.вз.}}, \quad (1)$$

где N_i – интенсивность движения на участках рассматриваемого маршрута, авт./сут.; $N_{ср.вз.}$ – средневзвешенная интенсивность движения, авт./сут.

Таким образом, формируется опорная сеть улиц и дорог. Прежде всего, перечень городских улиц, входящих в опорную сеть проверяется на соответствие назначенного уровня обслуживания.

Если уровень обслуживания соответствует назначенному для каждой категории городской улицы – городская сеть функционирует исправно и не требует дополнительных корректировок или проведения мероприятий по реорганизации дорожного движения. Значения уровня обслуживания, не соответствующие назначенным свидетельствуют о необходимости выявления участков, ограничивающих скорость движения на рассматриваемой сети. Алгоритм повышения уровня обслуживания дорожного движения для каждого элемента опорной сети производится по алгоритму (рис. 2).

Определение проблемных мест производится на основе анализа графика скорости движения на рассматриваемом маршруте движения. Прежде всего, необходимо включать участки с существенным снижением скорости движения.

Для проблемных участков производится детальный анализ существующих условий движения и его организации и факторов, ограничивающих возможность применения тех или иных мероприятий. Рассматриваются следующие условия и ограничения:

- пространственные (территориальные) ограничения;
- интенсивности движения различных участников;
- изменение интенсивности движения;
- спрос на выполнение поворотных маневров различного направления;
- существующая организация движения на рассматриваемом участке улицы;
- существующие способы управления движением на перекрестках рассматриваемого участка улицы;
- организация остановочных пунктов маршрутного транспорта общего пользования (МТОП);
- организация парковки транспортных средств;
- экономические ограничения;
- временные – сроки реализации предлагаемых мероприятий.

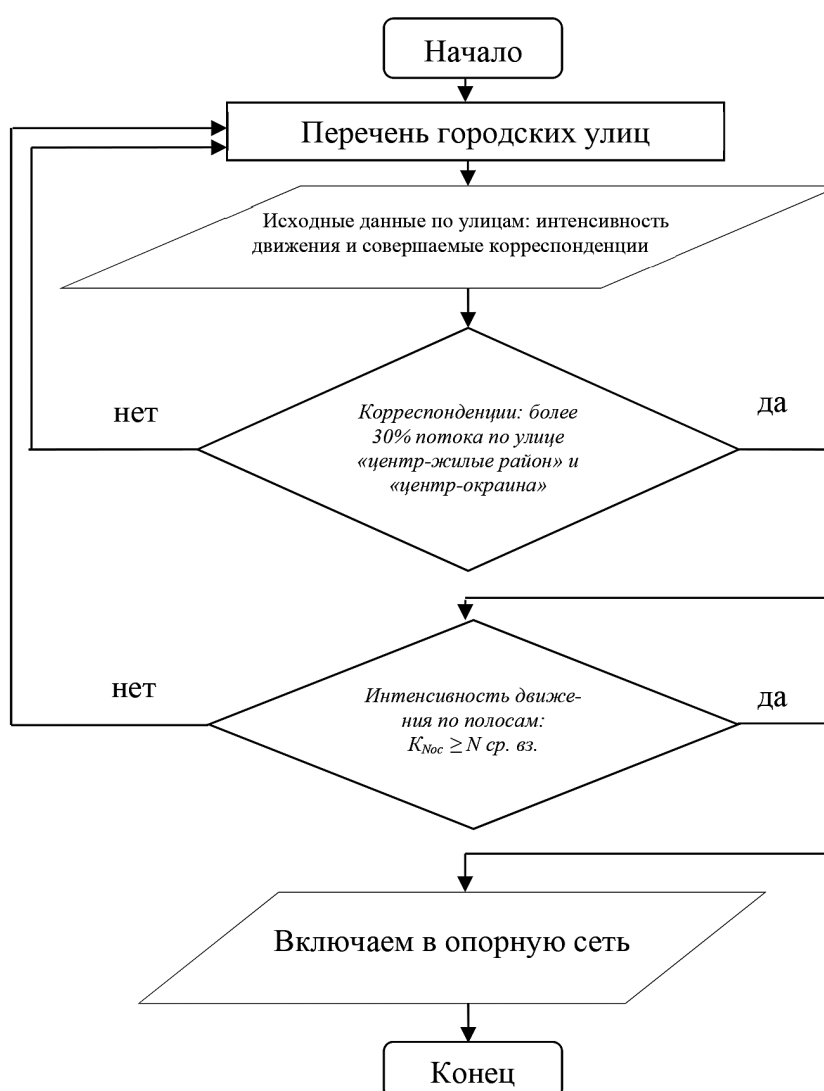


Рис. 1. Алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети

С учетом вышеперечисленных факторов разрабатываются мероприятия по повышению уровня обслуживания дорожного движения, которые условно можно разделить на три группы (рис. 3):

1. Развитие транспортной инфраструктуры;
2. Организация дорожного движения;
3. Управление движением.



Рис. 2. Алгоритм повышения уровня обслуживания дорожного движения

Наибольшее ограничение и влияние на последующие решения оказывают мероприятия по развитию транспортной инфраструктуры. Так как предлагаемая методика ориентирована на повышение уровня обслуживания движения на существующей УДС, для рассмотрения взяты локальные планировочные мероприятия, а также мероприятия по совершенствованию организации движения и управления им. При невозможности обеспечения заданного уровня обслуживания дорожного движения указанным комплексом мероприятий, необходим переход к реконструктивным мероприятиям элементов УДС.

Наибольший эффект дает комплексное применение указанных мероприятий. Выбор комплекса мероприятий зависит от существующих условий, вышеперечисленных факторов и ограничений.

Выработка мероприятий и оценка их эффективности должны производиться с применением транспортного моделирования. Выработка мероприятий производится для каждого переезда и перекрестка рассматриваемого маршрута (участка улицы, комплекса улиц).

После выявления участков, ограничивающих скорость движения, целесообразно подготовить рекомендации по повышению уровня обслуживания.

Последовательность выработки мероприятий:

- анализ факторов и ограничений по выбору типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения;
- разработка локальных планировочных мероприятий;
- разработка мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения с учетом локальных планировочных мероприятий;
- разработка мероприятий по совершенствованию управления движением с учетом предлагаемых изменений организации дорожного движения и локальных планировочных мероприятий.



Рис. 3. Классификация типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения

Предложенные мероприятия должны послужить основой для повышения уровня обслуживания городской сети, для этого проводится его оценка с применением транспортного моделирования.

Если достигнут назначенный уровень обслуживания дорожного движения, принимается предложенный комплекс мероприятий и производится технико-экономическая оценка его применения.

Если назначенный уровень обслуживания дорожного движения не обеспечен, повторяется цикл выработки комплекса мероприятий. При условии невозможности обеспечить назначенный уровень обслуживания дорожного движения за счет комплекса мероприятий, включаю-

щий локальные планировочные мероприятия, мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения и управления им, делается вывод о необходимости реконструкции элементов УДС.

Комплекс разработанных методик и алгоритмов позволяет осуществлять обследование условий движения автомобильного транспорта и будет способствовать решению важной задачи – повышению уровня обслуживания и качества функционирования движения автомобильного транспорта на улично-дорожной сети крупных городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябоконт Ю.А., Храпова С.М. Методика определения уровня загрузки элементов улично-дорожной сети // Наука и техника в дорожной отрасли. 2010. № 1(52). С. 7–8.
2. Солодкий А. И. Проблемы функционирования транспортной инфраструктуры крупных городов России и пути их решения (на примере Санкт-Петербурга) // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Транспортное планирование и моделирование». 2016. С. 136–145.
3. Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2018 г. N 1379. URL: <http://base.garant.ru/72108806> (дата обращения: 14.06.2019).
4. Васильева Н.В. К вопросу обеспечения равномерности и безопасности движения автомобильного транспорта в городской среде // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 4(51). С. 128-132.
5. Черных Н.В. Проблемы формирования опорной сети крупных городов // Сборник докладов международной конференции «Образование. Наука. Производство». БГТУ, Белгород. 2019.

УДК 656.13

Иван Владимирович Тарасов,

аспирант

Валерия Алексеевна Терентьева,

аспирант

Александр Сергеевич Афанасьев,

канд. воен. наук., профессор

(Санкт-Петербургский Горный университет)

E-mail: tarasovivan92@gmail.com,

terentevavalery@gmail.com,

a.s.afanasev@mail.ru

Ivan Vladimirovich Tarasov,

postgraduate student

Valeria Alekseevna Terentyeva,

postgraduate student

Alexandr Sergeevich Afanasyev,

Dr. of Military Sci., Professor

(Saint Petersburg Mining University)

E-mail: tarasovivan92@gmail.com,

terentevavalery@gmail.com,

a.s.afanasev@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СРОКА СЛУЖБЫ АВТОБУСОВ

USING THE TECHNICAL-ECONOMICAL CRITERION TO DETERMINE THE RATIONAL BUSES LIFETIME

В данной статье рассмотрено применение технико-экономического критерия для определения рационального срока службы автобусов при расчете удельного показателя нормативной трудоёмкости двумя различными способами. Традиционный способ сводится к суммированию всего объёма работ по текущему ремонту за пробег до капитального ремонта, и эта величина относится к значению пробега автобусов до капитального ремонта. В качестве альтернативы предложена методика оперативного анализа показателя удельная трудоёмкость текущего ремонта для фактического учёта значения объёмов текущего ремонта. Это позволит дифференцировано учитывать трудоёмкость текущего ремонта на протяжении всего срока эксплуатации автобусов.

Ключевые слова: автобусный парк, затраты на эксплуатацию автобусов, удельная трудоёмкость, технико-экономический критерий, срок эксплуатации автобусов.

This article considers using the technical-economical criterion to determine the rational buses lifetime with calculating the specific indicator of regulatory labor intensity in two different ways. The traditional method is reduced to the summation of the total work amount on the current repair for the mileage before the overhaul, and this value refers to the value of the mileage of the buses before the overhaul. The proposed method is used to differentiate the complexity of current repairs throughout the buses life.

Keywords: bus fleet, bus operation costs, specific labor intensity, feasibility criterion, bus life.

Абсолютное большинство свойств автобусов ухудшается по мере его «старения», что влияет на показатели качества не только конкретных автобусов, но и всей системы – автобусного парка [1, 2]. Фактическое распределение затрат, связанных с эксплуатацией автобусов говорит о том, что наибольший удельный вес составляют затраты на топливо, ТО и ремонт, а также заработную плату водителей. Но максимальная динамика изменения свойственна затратам на ТО и ремонт в зависимости от времени или пробега эксплуатации автобусов [3].

В основу расчета производственной программы АТП положены нормативы трудоёмкости, периодичности ТО, ресурса автобусов и его агрегатов до капитального ремонта, простоя автобусов в ТО и ремонте [4]. Для ТР могут быть регламентированы удельная трудоёмкость, т. е. трудоёмкость, отнесенная к пробегу автобусов (чел.-ч/1000 км), а также удельные затраты на ТО и Р (руб./1000 км) с поэлементной разбивкой на оплату труда рабочих, на запасные части и материалы и т.д.

В настоящее время определение удельного показателя нормативной трудоёмкости ТР автобусов (чел.-час/1000 км) осуществляется следующим образом: производится суммирование всего объёма работ по ТР за пробег до КР и эта величина относится к значению пробега автобусов до КР. В дальнейшем производится корректирование удельного показателя нормативной трудоёмкости ТР в зависимости от условий эксплуатации автобусов, пробега с начала эксплуатации автобусов и т.д.

Применяемый сегодня метод расчёта показателя трудоёмкости ТР в общем виде имеет вид:

$$T_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i} \sum_{j=1}^m t_{\text{тр}ji} \cdot 1000, \text{ чел.-ч/1000}, \quad (1)$$

где $t_{\text{тр}ji}$ – трудоёмкость устранения j -го отказа в пределах i -го интервала ТО, чел. час; L_i – пробег автомобиля от начала эксплуатации до j -го интервала ТО, км; n – количество интервалов ТО; m – количество отказов в пределах интервала ТО.

Недостатком такого подхода является то, что значение фактической трудоёмкости работ по ТР усредняется для всего срока эксплуатации автобусов.

В рамках проводимого исследования предлагается оценивать показатель трудоёмкости ТО, ТР для каждого интервала между двумя последовательно проводимыми ТО. В этом случае формируется единый интервал приведения работ по ТО и ТР. Тогда формула для определения показателя трудоёмкости ТР примет вид:

$$T_{\text{тр}i} = \frac{1}{\Delta l_i} \sum_{j=1}^m t_{\text{тр}ji} \cdot 1000, \text{ чел.-ч/1000}, \quad (2)$$

где $T_{\text{тр}i}$ – трудоёмкость ТР на j -м интервале пробега автобусов; Δl_i – пробег, соответствующий регламенту ТО, рекомендуемого производителями автобусов, км.; m – количество отказов.

С целью исследования был произведен аналитический сбор данных для проведения эксперимента на базе автобусного парка № 2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс». На этапе обработки экспериментальных данных применялся корреляционно-регрессивный анализ (рис. 1, 2).

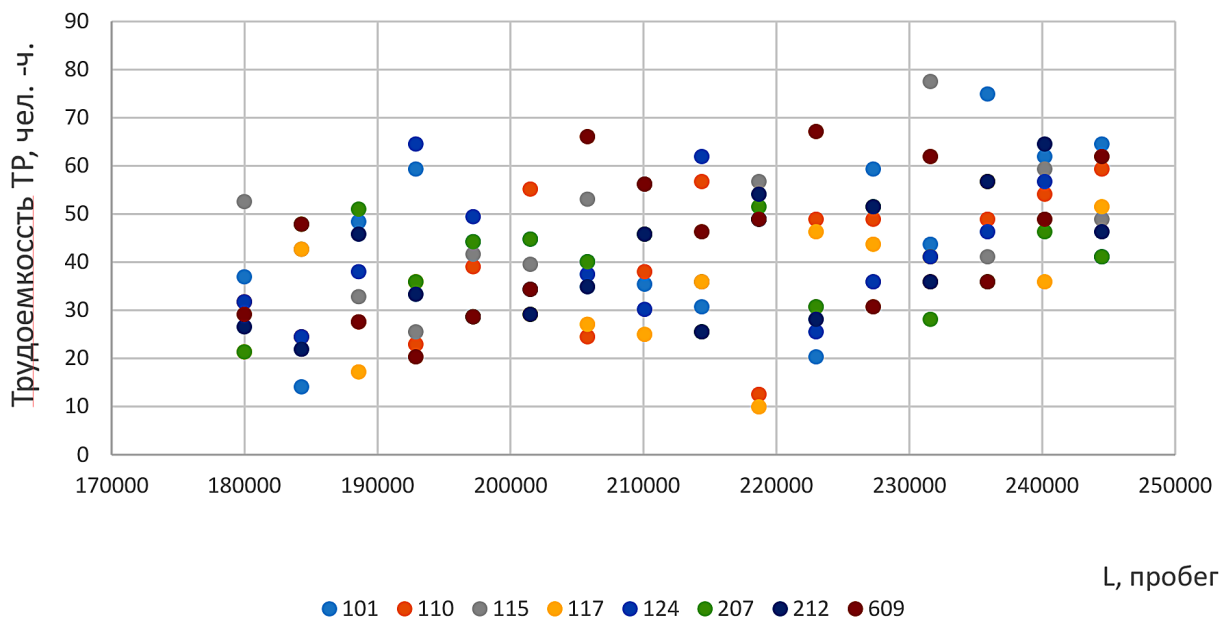


Рис. 1. Поле регрессии значений трудоёмкости ТР для автобуса ЛиАЗ-62132 в зависимости от пробега (175...250 тыс. км)

По результатам обработки экспериментальных данных определены корреляционные уравнения зависимости трудоёмкости ТР от величины пробега с начала эксплуатации автобусов.

Для автобуса ЛиАЗ-52923 пробег (80...170 тыс. км)

$$y = 0.00000000051281x^2 + 0.00005272002807x,$$

$$R^2 = 0.83307032492958.$$

Для автобуса ЛиАЗ-62132 пробег (175...250 тыс. км)

$$y = 0.00000000044547x^2 + 0.00009894548111x,$$

$$R^2 = 0.85647916883427.$$

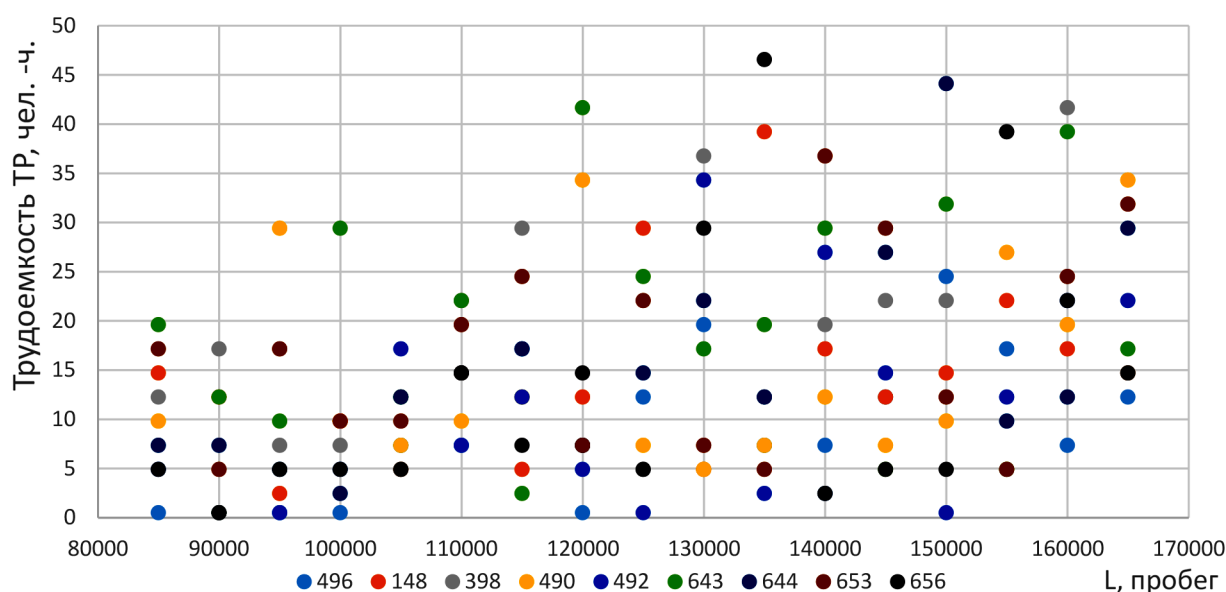


Рис. 2. Поле регрессии значений трудоёмкости ТР для автобуса ЛиАЗ-529230 в зависимости от пробега (80...170 тыс. км)

Полученные статистические математические модели изменения значения трудоёмкости ТР в зависимости от пробега автобусов с начала эксплуатации хорошо аппроксимируются линейной функцией (рис. 3, 4):

Линейные функции изменения удельной трудоёмкости ТР для автобусов ЛиАЗ-52923 и ЛиАЗ-62132 представлены в таблице.

Линейные функции изменения удельной трудоёмкости ТР

Тип автобуса	Применяемый метод	Предлагаемый метод
ЛиАЗ-52923	$f_{\text{ТР}}(L) = 0.000015 \cdot l$	$f_{\text{ТР}}(L) = 0.00003 \cdot l$
ЛиАЗ-62132	$f_{\text{ТР}}(L) = 0.000049 \cdot l$	$f_{\text{ТР}}(L) = 0.000025 \cdot l$

Для определения пробега эффективной эксплуатации автобусов был применен технико-экономический критерий. Алгоритм расчёта пробега эффективной эксплуатации автобусов выполнен по двум вариантам: традиционный вариант определения удельной трудоёмкости ТО и ТР и предлагаемый вариант удельной определения трудоёмкости ТО и ТР. Для этого дополнительно введены следующие экономические показатели и их обозначения:

- $S_{\text{а/м}}$ – стоимость автобуса, руб;
- $\Pi_{\text{ТО и ТР}}$ – стоимость выполнения одного часа работ ТО и ТР, руб;
- $R(T_{\text{ТО и ТР}i})$ – затраты на ТО и ТР для предлагаемого метода, руб/1000 км;
- $R(T_{\text{ТО и ТР}i})$ – затраты на ТО и ТР для традиционного метода, руб/1000 км;
- $R_{(2)i}$ – суммарные затраты на эксплуатацию автобуса в случае применения предлагаемого метода, руб/1000 км

– $R_{(1)i}$ – суммарные затраты на эксплуатацию автобуса в случае применения традиционного метода, руб/1000 км

С учётом формул (3) и (4) были определены $R_{(2)i}$ и $R_{(1)i}$:

$$R_{(2)i} = \frac{S_{a/m}}{l_i} + S(T_i) = \frac{S_{a/m}}{i \cdot \Delta l} + k \Pi_{TP} \cdot i = \frac{S_{a/m} + k \cdot \Delta l \cdot \Pi_{ТОиТР} \cdot i^2}{i \cdot \Delta l}; \quad (3)$$

$$R_{(1)i} = \frac{S_{a/m}}{l_i} + S(T_i^c) = \frac{S_{a/m}}{i \Delta l} + \frac{k}{2} \Pi_{ТОиТР} \cdot (i+1). \quad (4)$$

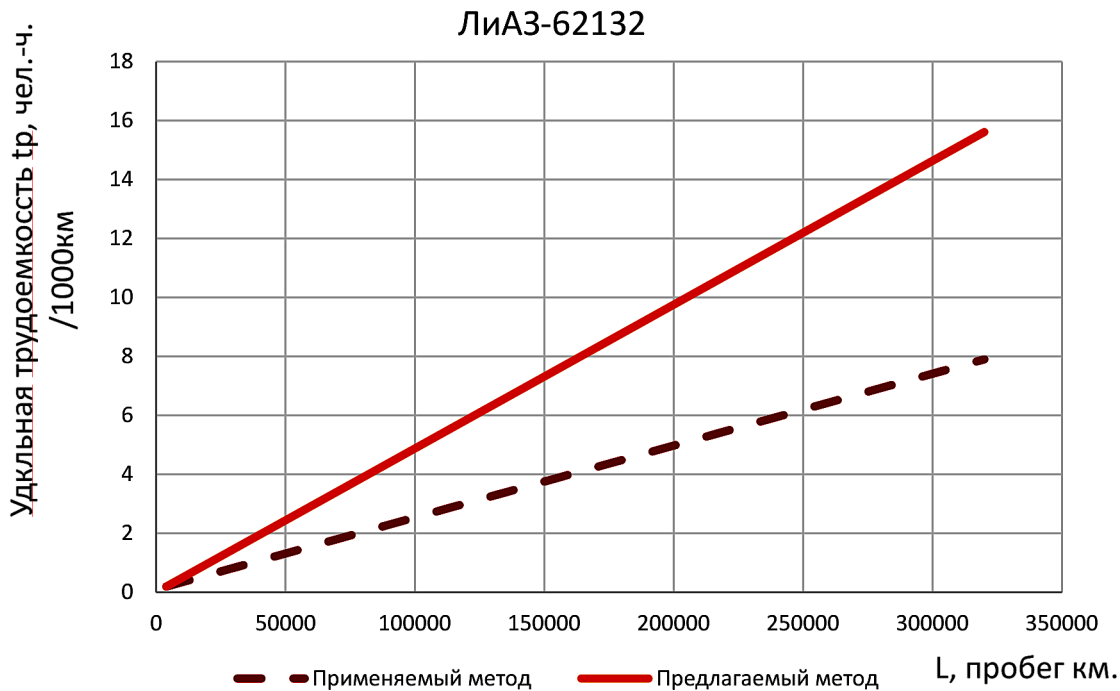


Рис. 3. Линейные функции изменения удельной трудоёмкости ТР для автобуса ЛиАЗ-62132 пробег (175...250 тыс. км)

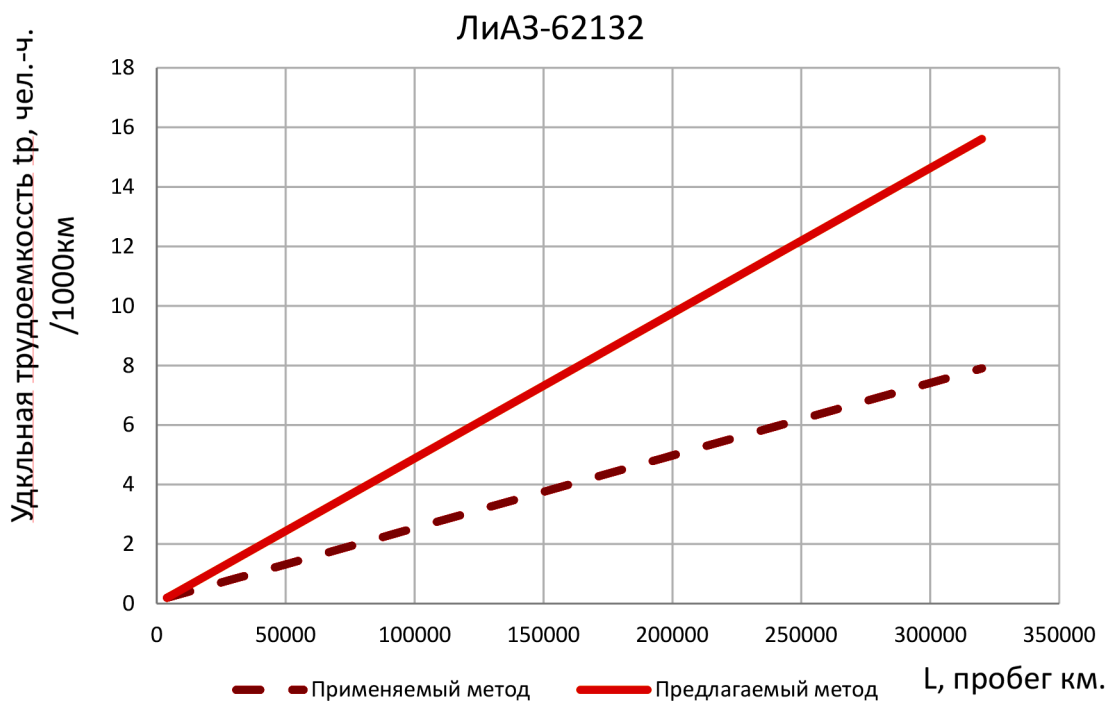


Рис. 4. Линейные функции изменения удельной трудоёмкости ТР для автобуса ЛиАЗ-52923

Применение технико-экономического критерия для определения эффективного срока эксплуатации ЛиАЗ-529230 с применением традиционного и предлагаемого методов расчёта удельного показателя трудоёмкость ТО и ТР представлено на рис. 5.

Применение технико-экономического критерия для определения эффективного срока эксплуатации ЛиАЗ-62132 с применением традиционного и предлагаемого методов расчёта удельного показателя трудоёмкость ТО и ТР представлено на рис. 6.

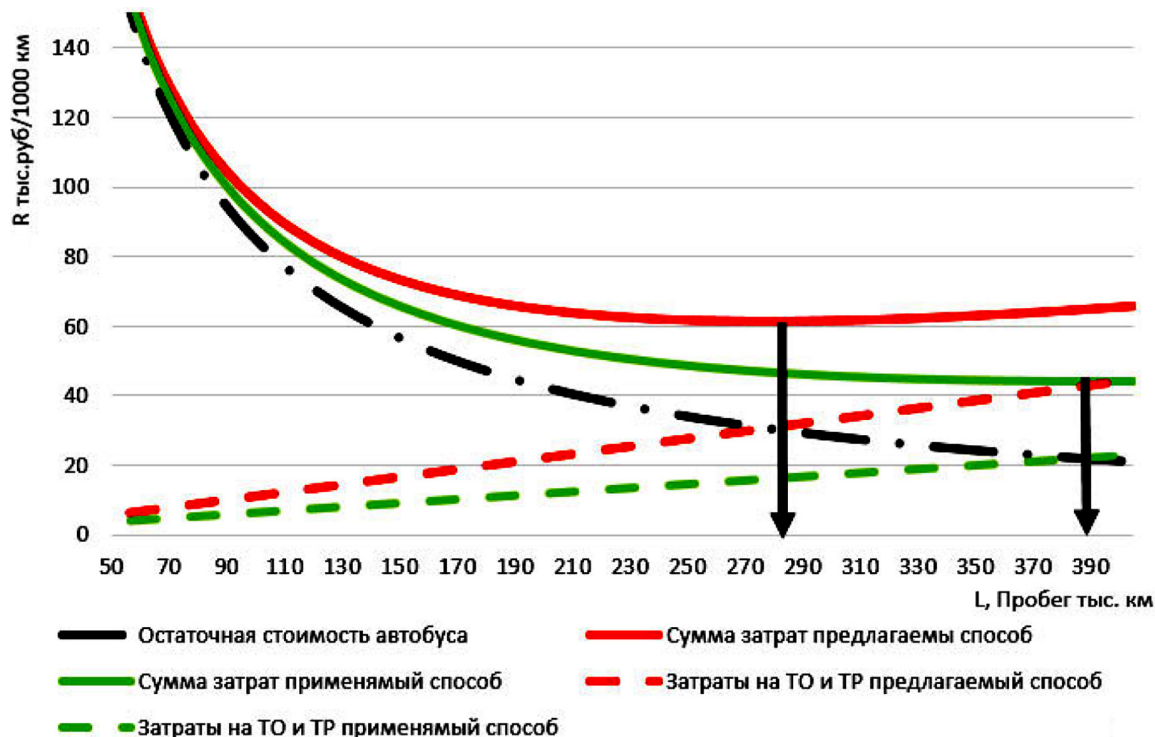


Рис. 5. Применение технико-экономического критерия для ЛиАЗ-529230

В настоящее время определение удельного показателя нормативной трудоёмкости ТР автобусов осуществляется с помощью суммирования всего объёма работ по ТР за пробег до КР, и эта величина относится к значению пробега автобусов до КР. Недостатком такого подхода является то, что значение фактической трудоёмкости работ по ТР усредняется для всего срока эксплуатации автобусов, в результате чего комплекс работ ТО оказывается не способен обеспечить необходимые требования к поддержанию работоспособности автобусов и безопасности его эксплуатации [5, 6].

Предложена методика оперативного анализа показателя удельная трудоёмкость ТР для фактического учёта значения объёмов ТР. Разработанная методика была применена в системе определения рационального срока службы подвижного состава автотранспортного предприятия [7]. Представленная методика позволит дифференцировано учитывать трудоёмкость ТР на протяжении всего срока эксплуатации автобусов. В результате обработки полученных данных затраты на ТР при эксплуатации автобусов модели ЛиАЗ-62132 начинают возрастать при пробеге 144 тыс. км., а для модели ЛиАЗ-529230 – при пробеге 160 тыс. км. Полученные аналитические и графические зависимости показывают, что применение метода оперативного анализа показателя трудоёмкости ТО и ТР позволяет более точно определить изменение интенсивности приращения исследуемого параметра. Другими словами, с использованием предложенной методики будет получено значение пробега автобусов с начала их эксплуатации, в результате чего станет возможным предотвратить излишнюю сложность проводимых работ в конце срока эксплуатации автобусов по сравнению с существующей методикой, в том числе сократить затраты на замену сложных, дорогостоящих узлов и агрегатов.

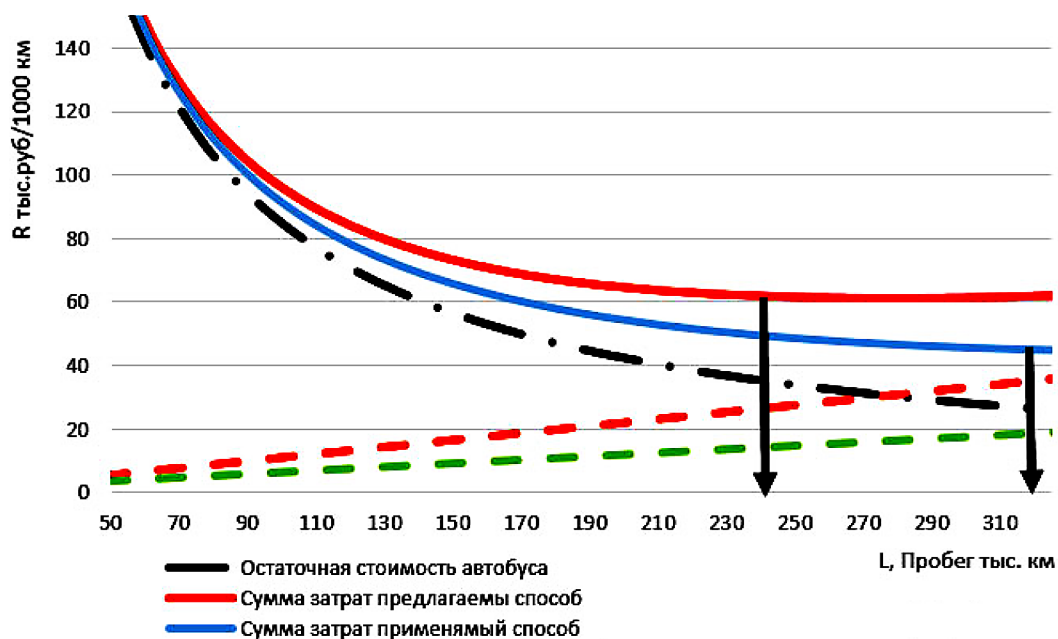


Рис. 6. Применение технико-экономического критерия для ЛиАЗ-62132

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасов И.В. Дифференцированная оценка изменения показателя качества автомобиля / Тарасов И.В., Терентьева В.А., Афанасьев А.С. Транспортное планирование и моделирование Сборник трудов II Международной научно-практической конференции. 2017. С. 253–257.
2. Терентьев А.В. Научно-методический подход к многокритериальной оценке срока эксплуатации автомобиля: дис. ... д-ра техн. наук. МАДИ, Москва, 2018.
3. Тарасов И.В. Определение оптимальной структуры парка подвижного состава, как многокритериальная задача / Тарасов И.В., Терентьева В.А. // Наука, техника и образование. 2016. № 11 (29). С. 62–63.
4. Беляев А.И. Efficiency of Vehicle Operation. А.И. Беляев, А.С. Афанасьев. // International Journal of Economics and Financial Issues. Volume 6, 2016. С. 24–30.
5. Терентьев А.В. Обоснование рационального срока служб автомобилей / А.В. Терентьев, А.С. Афанасьев, Ю.Н. Кацуба. Монография // СПб.: Свое издательство. 2017. 147 с.
6. Терентьев А.В. Иерархия системы управления рациональным сроком службы автомобиля. Терентьев А.В., Тарасов И.В., Терентьева В.А. // Экономика и менеджмент систем управления. 2016. Т. 22. № 4. С. 46–50.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Система определения рационального срока службы подвижного состава автомобильного предприятия / А.С. Афанасьев, И.В. Тарасов, А.В. Терентьев; правообладатель ФГБОУВО СПГУ (RU). – №2017614732; заявл. 24.05.17; опубл. 11.06.17, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

УДК 656.11

Алексей Александрович Фадюшин,
ассистент
Георгий Николаевич Морозов,
ассистент
Дмитрий Александрович Захаров,
канд. техн. наук, доцент
Дмитрий Сергеевич Карманов,
ассистент
(Тюменский индустриальный университет)
E-mail: fadyush72@gmail.com,
goga.post@yandex.ru,
zaharov1976@rambler.ru,
numlock10@mail.ru

Alexey Aleksandrovich Fadyushin,
teaching assistant
George Nikolayevich Morozov,
teaching assistant
Dmitrii Aleksandrovich Zakharov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Dmitrii Sergeevich Karmanov,
teaching assistant
(Industrial University of Tyumen)
E-mail: fadyush72@gmail.com,
goga.post@yandex.ru,
zaharov1976@rambler.ru,
numlock10@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «МЕДИЦИНСКИЙ ГОРОД»

APPLICATION OF TRANSPORT MODELING IN THE IMPLEMENTATION OF THE MEDICAL CITY CONCEPT

В статье приводятся результаты моделирования при реализации концепции «Медицинский город» в городе Тюмень. В настоящее время все большее внимание уделяется разработке документов транспортного планирования с целью повышения качества транспортного обслуживания населения. Приводится оценка влияния мероприятий по строительству объектов транспортной инфраструктуры на параметры дорожного движения в зависимости от появления новых центров притяжения. Предложены мероприятия, которые возможно изучить с помощью имитационного моделирования дорожного движения. Например, изучение потенциальных очагов возникновения транспортных заторов на улично-дорожной сети.

Ключевые слова: транспортное обслуживание городов, транспортное планирование, объекты дорожной инфраструктуры, транспортное моделирование, социально-экономическое развитие, параметры дорожного движения.

The article presents the results of modeling in the implementation of the concept “Medical City” in the city of Tyumen. At present, more and more attention is paid to the development of transport planning documents in order to improve the quality of transport service for the population. An assessment is made of the impact of measures on the construction of transport infrastructure on traffic parameters, depending on the emergence of new centers of gravity. Suggested activities can be studied by road traffic simulation. For example, the study of potential traffic congestion on the road network.

Keywords: city transport service, transport planning, road infrastructure, transport modeling, social and economic development, traffic parameters.

С 2007 года в 12-ом планировочном районе Патрушевский г. Тюмени создается Медицинский город. Согласно, концепции запланировано всего 7 медицинских учреждений. Первое будет введено в эксплуатацию в 2019 году, два последующих – в планах к 2021 и 2023 годам. По исходным данным, полученным от Департамента здравоохранения Тюменской области в медицинский город в 2024 г. будет прибывать около 5 000 сотрудников и посетителей за сутки. На сегодняшний день существует лишь два возможных пути в Медицинский город: с ул. Пермякова и с Червишевского тракта (рис. 1).

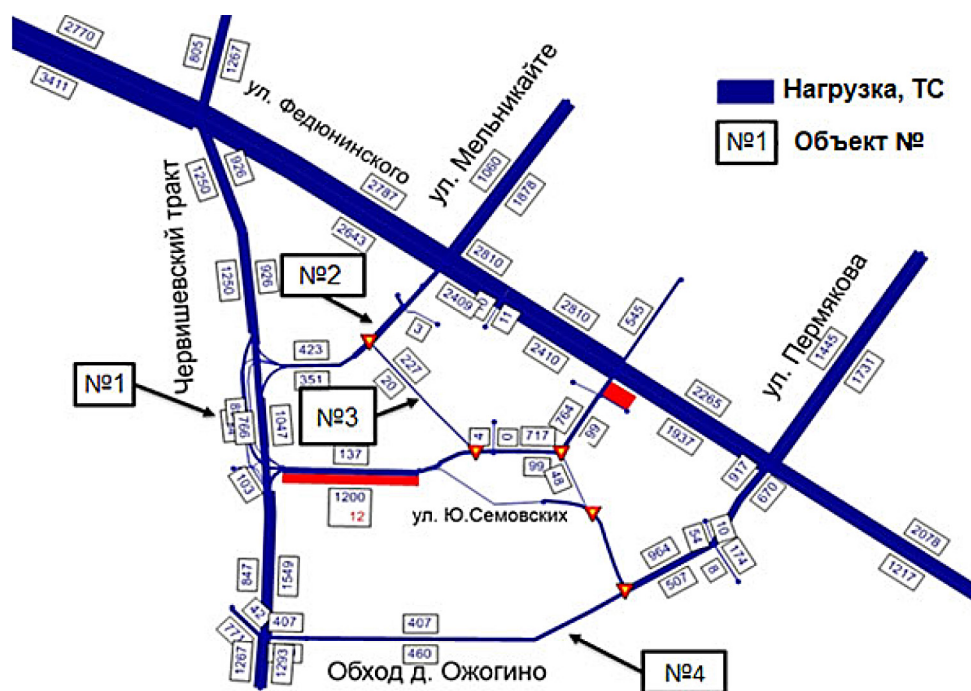


Рис. 2. Имитационная транспортная модель с запланированными объектами дорожной инфраструктуры в 12-ом планировочном районе «Патрушевский», согласно ПКРТИ

Таблица 1

Результаты моделирования

Параметры дорожного движения для утреннего времени	Значение параметров, при реализации ПКРТИ				
	2018 г.	2019 г.	2022 г.	2024 г.	2029 г.
Среднее время в пути, с	371	568	478	802	328
Среднее время задержки, с	68	325	240	565	88
Итоговое время в пути, ч	977	1573	1448	2662	1181
Поток, ТС	9478	9963	10902	11953	12978
Относительное время в пути, %	100	153	129	216	88

2019 г. – введение в эксплуатацию мед. учреждения «Мать и Дитя» (2019 г.);

2022 г. – введение в эксплуатацию нового участка автодороги ул. Николая Федорова – ул. Юрия Семовских (2021 г.), введение в эксплуатацию мед. учреждения Детская клиническая больница (4 кв. 2021 г.);

2024 г. – введение в эксплуатацию мед. учреждения Онкодиспансер (4 кв. 2023 г.);

2029 г. – введение в эксплуатацию всех объектов дорожной инфраструктуры в 12-ом планировочном районе «Патрушевский» (начало строительства с 2025 г.).

При строительстве транспортной развязки дорожные заторы с Червишевского тракта на ул. Юрия Семовских уменьшаются. Однако, повышается нагрузка на кольцевое пересечение ул. Мельникайте – ул. Федюнинского со стороны ул. Пермякова. Строительство Обхода д. Ожого не решит проблему на заездах в медицинский город с Червишевского тракта и ул. Пермякова. Результаты моделирования различных сценариев на 2022 год представлены в табл. 2 и рис. 3.

В ходе исследовательской работы, на основе прогнозной модели 2029 года, были обнаружены проблемные участки. Например, слияние трех транспортных потоков со съездов многоуровневой транспортной развязки в одну полосу движения на ул. Юрия Семовских (рис. 4). При сохранении существующих параметров ул. Юрия Семовских возможно значительное затруднение движения на данном участке.

Интенсивное социально-экономическое развитие региона может потребовать корректировку документации транспортного планирования (например, ПКРТИ, КСОДД, КСОТ).

Таблица 2

Результаты моделирования

Параметры дорожного движения для утреннего времени	Значение параметров, при реализации ПКРТИ				
	2022 (согласно ПКРТИ)	Объект №1	Объект №1+2	Объект №1+2+3	Объект №4
Среднее время в пути, с	478	414	605	600	662
Среднее время задержки, с	240	148	338	334	426
Итоговое время в пути, ч	1448	1253	1832	1818	2004
Относительное время в пути, %	100	87	127	126	138

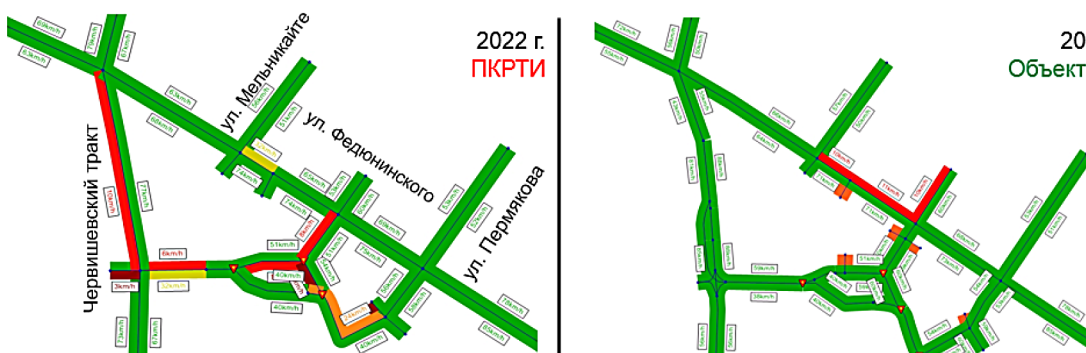


Рис. 3. Средняя скорость движения в 12-ом планировочном районе на 2022 год

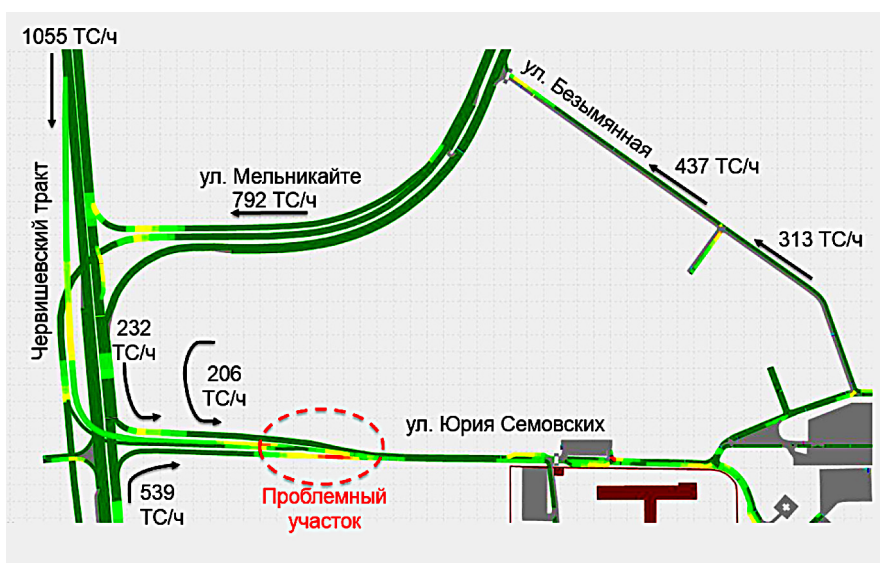


Рис. 4. Проблемный участок улично-дорожной сети – съезды с трехуровневой транспортной развязки на ул. Юрия Семовских

Применение транспортного моделирования, в данном проекте позволит:

- изучить потенциальные очаги возникновения транспортных заторов и разработать рекомендации по их устранению;
- рассмотреть целесообразность строительства съезда с ул. Мельникайте на ул. Юрия Семовских (3-ий уровень транспортной развязки);
- определить необходимые параметры инфраструктуры для пешеходов с применением моделирования пешеходных потоков;
- определить оптимальную сеть остановочных пунктов в районе Медицинского города;
- определить параметры парковочного пространства;
- пересмотреть ПКРТИ города Тюмени 2040 года, на возможность корректировки сроков строительства объектов дорожной инфраструктуры, с учетом ускоренных темпов строительства медицинских объектов.

Конечные результаты исследования могут выступать предложением и рекомендациями по корректировке ПКРТИ, согласно социально-экономическому развитию Тюменской агломерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодкий А.И. Транспортное моделирование в решении задач организации дорожного движения // Транспортное планирование и моделирование. Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2017. С. 243-252.
2. Петров А.И. Город. Транспорт. Внешняя среда. Устойчивость общественного транспорта городов в условиях неблагоприятного влияния внешней среды. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 356 с.

УДК 625.855:625.72(083.75)

Михаил Васильевич Немчинов,

д-р техн. наук, профессор

Александр Сергеевич Холин,

канд. техн. наук, доцент

(Московский автомобильно-дорожный

Государственный технический университет (МАДИ))

E-mail: holing-as@mail.ru

Mikhail V. Nemchinov,

Dr. of Tech. Sci., Professor

Alexander Kholine,

PhD of Tech. Sci., Associate Professor

(Moscow Automobile and Road State

Technical University (MADI))

E-mail: holing-as@mail.ru

НОВАЯ МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

NEW METHOD OF PAVEMENT DESIGNING FROM ASPHALT

Рассматривается методика проектирования нежестких дорожных одежд. Сформулированы постулаты, положенные в основу действующей методики. Показана их справедливость в прошлом и несостоятельность при современном уровне дорожного строительства. Предложено в основу методики проектирования дорожных одежд положить реальные деформационные процессы, имеющие место в нежестких дорожных одеждах с асфальтобетонными покрытиями при воздействии автомобильных колёс и природных факторов. Представлены характеристики вибрации дорожных одежд. Сформулирован новый критериальный показатель прочности одежды.

Ключевые слова: прогиб, сдвиг, растяжение, изгиб, морозное пучение, прочность, усталость.

It is examined the flexible pavement designing method. It was formulated factors, which were putted as basis for method in force. It is showed their justice in the past and disparity for modern road construction level. It was proposed to put real deformation processes in pavement from automobile wheels and nature influence as basis for its new designing. It is presented figures of pavement vibration and it is informed a new pavement durability index.

Keywords: deflection, surface shear strain, extensibility, bend, frost heaving, pavement durability, material fatigue.

Введение

Хорошо известна малая долговечность нежестких дорожных одежд. Длительное время главной причиной их разрушения считалось плохое качество строительства. В настоящее время в Российской Федерации дорожно-строительная техника и технологии вполне соответствуют мировому уровню. Тем не менее срок службы нежестких дорожных одежд остаётся малым. Это заставляет подумать о наличии других причин такого положения дел.

Действующая до настоящего времени в России методика проектирования дорожных одежд нежесткого типа разработана под руководством проф. Н.Н. Иванова в 40-50-е годы XX века и в своей основе сохранилась до настоящего времени. Изменения – чисто редакционные. В основу метода проектирования были положены постулаты:

- 1) под колесом автомобиля происходит продавливание (прогиб) дорожной одежды с образованием растяжения в областях изгиба;
- 2) в дорожной одежде происходит сдвиг в грунте и слоёв одежды относительно друг друга под действием вертикальной колёсной нагрузки;
- 3) в результате морозного подъёма грунта происходит разрушение дорожной одежды.

В 40-50-е годы XX века нежесткие дорожные одежды были сравнительно мало прочными – по причине малой толщины дорожной конструкции, но главное, из-за плохой защиты

земляного полотна и одежды от переувлажнения и происходящего в результате переувлажнения грунта земляного полотна под проезжей частью дороги. По этой причине в период повышенного увлажнения (на большей территории России весной) на переувлажняемых участках (в то время называемых пучинистыми) под колёсами грузовых автомобилей часто наблюдались продавливания (прогибы) дорожной одежды вниз с одновременным её выдавливанием (выпиранием) вверх (это называлось выпучиванием) по обе стороны колёс. В нижней части прогиба (под колесом) и в верхней (около колёс) часто происходили разрывы одежды, через которые на поверхность проезжей части выдавливался разжиженный грунт. Этот процесс получил название пучения, хотя по физической сущности пучение – это подъём грунта в результате поднятия воды по капиллярам вверх и её последующее замерзание с расширением в зимнее время. В этих же местах были возможны (и происходили) сдвиги в грунте под дорожной одеждой (если разжиженную массу можно назвать грунтом) и слоёв одежды относительно друг друга.

Шли годы: росла интенсивность движения автомобилей по дорогам, росли скорости, увеличивалась масса автомобилей. Как ответ на эти процессы дорожные одежды строились всё более прочными. Значительно лучше стал водоотвод. В результате «пучинистые» места на проезжей части дорог ушли в прошлое: сначала на дорогах союзного и республиканского значения (по классификации СССР), затем на областных дорогах, а потом и на многих местных. В настоящее время пучинистые участки встречаются крайне редко в местах, где грубо пренебрегают осушением земляного полотна. Все современные нормативные и рекомендательные документы дорожной отрасли России и за рубежом ставят вопрос водоотведения и осушения грунтов земляного полотна на первое место. Исчезли и прогибы, характерные для «пучинистых» мест. На участках дорог с обеспеченным водоотводом вертикальные деформации дорожных одежд по типу продавливания (прогиба) полностью отсутствуют. Подтверждением этого утверждения являются многочисленные экспериментальные данные о вертикальных деформациях нежестких дорожных одежд. Уже в 1973 году в книге «Конструирование и расчёт нежестких дорожных одежд» [1], изданной под редакцией проф. Н.Н. Иванова, приведены величины вертикальных деформаций одежды, измеряемые десятками, сотыми долям миллиметра, но не более 1...2 мм. При радиусе чаши деформации одежды в десятки, сотни и более метров. Исследования последующих лет (в СиБАДИ, МАДИ, БПИ и др. – 1973-1990 гг.) и совсем недавние (например, Е.В. Угловой, 2009 г. [2] и др.) показали, что вертикальные деформации дорожных одежд остаются в тех же пределах – менее 1 мм (до сотых и тысячных долей миллиметра). О каком изгибе и сопутствующем растяжении при такой вертикальной деформации может идти речь?

Так как прогибов дорожной одежды под колёсами автомобилей нет, соответственно, нет сдвигов грунта слоёв одежды под действием вертикальной нагрузки. Закон Кулона, определяющий связь вертикальных и касательных напряжений, подтверждает это – для горизонтальных площадок. В результате следует признать, что постулаты, положенные ранее в основу и ныне действующей методики проектирования и расчёта нежестких дорожных одежд, в настоящее время устарели и не могут рассматриваться в качестве критериальных при расчётах дорожных одежд. Автоматически напрашивается вывод – действующая в настоящее время методика проектирования и расчёта нежестких дорожных одежд ОДН 218.046-01 [3] и наследующий ей предварительный национальный стандарт РФ ПНСТ 265-2018 [4] требуют коренной переработки (фактически замены новой методикой проектирования, основанной на каких-то новых принципах и критериях).

В основу новой методики проектирования целесообразно положить реальные деформационные процессы, имеющие в настоящее время место в дорожной одежде при воздействии колёс проезжающих автомобилей и природных факторов. Нагружение одежды колёсами автомобилей вызывает сжатие её поверхностного слоя. Именно это сжатие фиксируется приборами, измеряющими вертикальные деформации одежды. Фактически измеряются вертикальными деформациями поверхности дорожного покрытия (1...0,01...0,001 мм). После прохода колеса

поверхность покрытия возвращается в исходное положение, так как процесс сжатия осуществляется крайне быстро (сотые и тысячные доли секунды). В этих условиях материал покрытия – асфальтовый бетон – работает как практически абсолютно твёрдое тело и в упругой стадии. Так же (как абсолютно жёсткие) работают все ниже лежащие слои одежды и грунт земляного полотна. В них просто не успевают развиваться реологические процессы.

Возникающая в результате нагружения покрытия колесом автомобиля вертикальная деформация представляет собой амплитуду смещения поверхности покрытия (точки на покрытии) вниз. В процессе этой деформации материал покрытия накапливает потенциальную энергию, заставляющую поверхность покрытия после снятия нагрузки возвращаться в исходное положение. Но под действием сил инерции поверхность переходит через него вверх. В результате возникают колебания покрытия, а от него всей дорожной одежды. Первая амплитуда – движение вниз – вынужденная, после ухода колеса возникают собственные колебания, постепенно затухающие. Экспериментальные исследования (Г.И. Глушкова – на аэродромах, на гравийных одеждах, А.В. Смирнова, А.С. Меньшова и М.В. Немчинова на одеждах с асфальтобетонным покрытием [1,5,6,7,8] позволили оценить характеристики механических колебаний дорожной одежды. Колебания имеют характер вибрации и характеризуются амплитудами и ускорениями, представленными в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Пиковые значения вибрационных ускорений колебаний дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на дороге М-4 (км 108) при проезде единичной подвижной нагрузки [8]

Вектор виброускорений	Точки установки датчиков колебаний	
	1	2
Автомобиль КамАЗ, масса – 22,0 т, скорость движения – 80 км/ч.		
Ось X	104 мм/с ²	78 мм/с ²
Ось Z	90 мм/с ²	12 мм/с ²
Автомобиль КамАЗ, масса – 22 т		
Ось Z, при скорости:		
80 км/ч	129 мм/с ²	71 мм/с ²
50 км/ч	84 мм/с ²	60 мм/с ²
Ось X, при скорости:		
80 км/ч	155 мм/с ²	60 мм/с ²
50 км/ч	122 мм/с ²	53 мм/с ²
Автомобиль КамАЗ массой 10,0 т, скорость – 60 км/ч, удаление от датчика измерений (расположенного на бровке земляного полотна) – 5,75 м		
Ось X	60 мм/с ²	
Автомобиль ЗИЛ-130 массой 8 т, скорость – 60 км/ч, удаление от датчика измерений (расположенного на бровке земляного полотна) – 5,75 м		
Ось Z	82 мм/с ²	

**Амплитуды колебаний гравийной дорожной одежды при воздействии подвижной нагрузки:
автомобиль МАЗ-5434 с прицепом-ропуском ТМЗ 803 (для перевозки леса) и МАЗ-509
с двухосным ропуском [8]**

Показатель	Колёсная нагрузка			
	МАЗ-5434, ТМЗ погружен на шасси	МАЗ-5434, ТМЗ с грузом	МАЗ-5434, ТМЗ погружен на шасси	МАЗ-509 с двухосным ропуском с грузом
Удаление датчика от по- лосы наката, м	1,0	1,0	2,0	1,0
Амплитуда колебаний одежды (мм) при скоро- сти автомобиля:				
20 км/ч	0,14	1,16	0,10	0,63
30 км/ч	0,28	1,54	0,18	1,02
40 км/ч	0,33	2,19	0,29	1,39

Сформулируем основные воздействия на дорожную одежду:

1. На горизонтальных участках дорог нагружение одежды колёсами автомобилей осуществляется по вертикали. Поэтому, в условиях отсутствия продавливания одежд (прогибов), отсутствуют и сдвиговые деформации в слоях одежды и грунте. К тому же: дорожная одежда проектируется из условия, что вертикальные напряжения в грунте не должны превосходить предельно допустимые. Сдвиговые деформации возможны (и наблюдаются) лишь в верхнем слое дорожного покрытия, в местах резких торможений автомобилей.

2. Температурные напряжения, возникающие в асфальтобетонном покрытии при изменении температуры воздуха (и покрытия), формируют в асфальтовом бетоне напряжения растяжения – сжатия, которые наблюдаются в течение всего года. Морозное пучение грунта на участках повышенного увлажнения вызывают подъём одежды. При этом ровность её поверхности не нарушается. Для проезжей части дорог это не существенно. Но для тротуарных покрытий это существенно, т.к. конструкция одежды на проезжей части и тротуарах разная и, главное, разные грунты и условия их увлажнения.

3. Дорожная одежда находится под воздействием вибрации, генерируемой проходящими по дороге автомобилями. При достаточно высокой интенсивности движения этот вид физического воздействия на дорожную одежду можно рассматривать как постоянный.

Все перечисленные нагружения действуют в течение всего года, во все периоды года, в течение всего срока службы дорожной одежды, днём и ночью. Исключение составляет морозное поднятие грунта, возможное только в зимнее время. Поэтому продолжительность расчётного периода работы дорожной одежды в году, как и суммарную (за срок службы) величину колёсной нагрузки, число циклов температурного нагружения следует исчислять исходя из полной продолжительности года (365 дней). В ОДН 218.046-01 и ПНСТ 265-2018 продолжительность рабочего периода работы дорожной одежды определяется только по условиям продолжительности переувлажнения грунта земляного полотна в весенне-осенний периоды года. Возникает парадокс: а что «делает» дорожная одежда остальное время?

Отсутствие продавливания дорожной одежды, появление нового вида нагружения – вибрации, заставляют определить новые критериальные положения поверочных расчётов, выполняемых при проектировании дорожных одежд.

Критерии поверочных расчётов прочности запроектированной дорожной одежды можно установить на основе видов деформаций и разрушений дорожного покрытия, в большинстве случаев асфальтобетонного. Современные наблюдения в России и за рубежом свидетельствуют, что основным визуально оцениваемым видом деформаций (разрушений) являются трещины покрытия. Трещины подразделяются на виды:

а) поперечные, возникающие в результате многократных температурных нагружений асфальтобетонного покрытия;

б) продольные, возникающие по технологическим причинам;

в) так называемые, усталостные, формирующиеся в виде сеток коротких и узких трещин.

Обследования свидетельствуют, что усталостные трещины самый многочисленный вид разрушений асфальтобетонного покрытия, на начальном этапе практически не влияющий на ровность поверхности проезжей части. Причиной их появления считается усталость материала. Но эта же причина – усталость материала – является причиной образования поперечных (называемых морозобойными) трещин. Трещины первого и третьего видов являются самыми массовыми. Продольные трещины встречаются достаточно редко и, главное, вызываются нарушениями и плохим качеством технологий строительства земляного полотна и одежд. Но в конечном итоге и они формируются после потери материалом покрытия сопротивляться растяжению. Поэтому, очевидно, прочность асфальтобетонного покрытия следует оценивать по этому показателю и критерием прочности следует считать показатель усталости материала (асфальтового бетона). Показатель единственный, но имеющий разную величину в зависимости от вида нагружения: в результате воздействия виброколебаний; в результате температурных («морозных») нагружений по типу «расширение – сжатие»; по другим причинам (например, старению битума). Это заключение полностью коррелируется с представлениями зарубежных специалистов, о чём свидетельствуют нормативные документы на проектирование дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием [9,10].

Усталость материала определяется в лабораторных условиях и требует объёмных и достаточно сложных исследований, не всегда моделирующих реальное нагружение асфальтобетонного покрытия на автомобильных дорогах и практически неосуществимых в натурных условиях. Поэтому численно критерий прочности по усталости для каждого вида нагружения предлагается оценивать по единой схеме, исходя из соотношения величины фактической суммарной (за срок службы) нагрузки, оцениваемой суммарным числом проходов осей автомобилей с расчётной нагрузкой на ось (N_{ϕ}), и предельно допустимого числа проходов этой нагрузки по условиям усталости материала ($N_{доп}$):

$$K_y = N_{\phi} / N_{доп}$$

Формула для определения K_y обеспечивает полное выполнение главного принципа теории надёжности: фактические нагружения (напряжения) не должны превосходить допустимые нагружения (напряжения).

Заключение

Предлагаемый критерий оценки прочности – усталость материала – требует разработки новых приёмов поверочных расчётов по всем видам нагружений (разумеется, при сохранении всего ныне действующего из предшествующих нормативов). Требуются и новые подходы к проектированию одежд, например, в части обеспечения водоотвода и оценки строительных свойств грунтов. Использование критерия усталости требует обобщения уже имеющихся знаний в этой области и проведения целенаправленных исследований дорожно-строительных материалов в направлении оценки и повышения их долговечности под нагрузками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструирование и расчёт нежёстких дорожных одежд / ред. Н.Н. Иванов. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
2. Углова Е.В. Теоретические и методические основы оценки остаточного усталостного ресурса асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.23.11. ГОУ ВПО ВГАСУ. – Волгоград, 2011.
3. ОДН 218.046-01: Проектирование нежёстких дорожных одежд. – М.: Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации, 2001. – 144 с.
4. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежёстких дорожных одежд. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации: ПНСТ 265-2018. – Введ. 2018-04-11. – М.: Стандартинформ, 2018. – 73 с.
5. Немчинов М.В. Текстура поверхности дорожных покрытий. Т.1. Обоснование, нормирование и проектирование параметров текстуры поверхности дорожных покрытий / М.В. Немчинов. – М.: ТехПолиграфЦентр, 2010. – 380 с.
6. Немчинов М.В. Физика и динамика работы дорожной одежды автомобильных дорог / М.В. Немчинов. – М.: ТехПолиграфЦентр, 2012. – 102 с.
7. Смирнов А.В. Современные методы проектирования дорожных конструкций автомагистралей на воздействие транспортных потоков / А.В. Смирнов, Е.В. Андреева. – Омск: СибАДИ, 2014. – 135 с.: илл. 27.
8. Немчинов М.В. Дорожная одежда автомобильных дорог. Расчёт и проектирование / М.В. Немчинов. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 108 с.
9. Указания по расчёту дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием. RDO Asphalt 09. – Бонн: Федеральное министерство транспорта, строительства и городского развития, 2009. – 35 с.
10. Нормы и правила по стандартизации конструкций дорожных одежд. RStO 01. – Бонн: Федеральное министерство транспорта, строительства и жилищно-коммунального хозяйства, 2001. – 51.

УДК 625.7/8

Михаил Васильевич Немчинов,

д-р техн. наук, профессор

Александр Сергеевич Холин,

канд. техн. наук, доцент

(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ))

E-mail: holin-as@mail.ru

Mikhail Nemchinov,

Dr. of Sci. Tech., Professor

Alexander Kholine,

PhD of Tech., Associate Professor

(Moscow Automobile and Road State
Technical University (MADI))

E-mail: holin-as@mail.ru

ТРАНСПОРТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «ПРИРОДНЫХ» ТЕРРИТОРИЙ

TRANSPORT MAINTENANCE OF NATURAL TERRITORIES

Рассматривается вопрос разработки комплексной схемы организации и обеспечения безопасности движения автомобилей и пешеходов на внегородских территориях, но с большим количеством населения и большим автомобильным парком. Фактически это территории, одновременно являющиеся территориями сельскохозяйственного производства и зонами отдыха городских жителей. Сформирована информационная база для разработки транспортной модели муниципального района. Представлены макро и микро модели развития улично-дорожной сети и транспортных пересечений, оптимизации системы пассажирских перевозок. Рассмотрен вопрос автомобилеёмкости сельских населённых пунктов. Разработаны рекомендации по совершенствованию условий пешеходного движения. Работа выполнена на примере Шаховского района Московской области.

Ключевые слова: сельская территория, транспортная модель, пешеходы, путь, автомобилеёмкость, оптимизация перевозок.

It was examined a problem of territories transport maintenance near large towns, which works as zone for rest town inhabitants and for rural works. This territory have large automobile park, much population, but not much of roads, streets and pedestrian ways. There is presented materials about information base and worked out transport models for municipal districts, road-street schemes development, transport interchanges and pedestrian ways. It is examined how much automobiles may be in populated small villages. It is presented recommendations for improving of pedestrian ways. This work was made Shahovskoy district as example.

Keywords: rural, transport, model, pedestrian, automobile capacity, optimal transportation.

ВВЕДЕНИЕ

Обычно рассматривают комплексные транспортные схемы организации движения транспорта и пешеходов для городских поселений. Такие схемы являются обязательной составной частью генеральных планов развития городов и неоднократно перерабатываются в процессе роста последних. В то же время многие территории, не являющиеся городскими, также высоко загружены автомобильным транспортом, имеют высокую собственную численность населения, к тому же увеличивающуюся за счёт приезжих. Для них транспортные схемы – комплексные или отдельные – не разрабатываются. Это пригородные территории, как правило используемые как рекреационные зоны для городов (крупных, средних и часто малых) и территории сельскохозяйственного производства.

Разработка комплексной транспортной схемы организации движения в городах как правило рассматривает движение городского пассажирского транспорта, обеспечивающего пассажирские перевозки трудового (в основном) и культурно-бытового назначения. С целью организации его работы и удовлетворения транспортной потребности жителей собирается информация, включающая:

1. Планировку и характеристики улично-дорожной сети, техническое состояние улиц и дорог.
2. Выявление градообразующих центров и определение направлений и объёмов корреспонденций населения с трудовыми и культурно-бытовыми целями.
3. Об основных местах хранения автомобилей.
4. Информацию об интенсивности движения автомобилей, местах затруднений их движения. Включая транспортные пересечения.

Но многие вопросы движения транспорта и пешеходов при разработке комплексной схемы не рассматриваются, а рассматриваются и решаются в последующем «в рабочем порядке». Часто не рассматриваются грузовые перевозки, считая их малыми по сравнению с пассажирскими и с возможностью их осуществления в вечерние и ночные часы (т.е. за пределами дневного времени). Практически не уделяется внимание пешеходам и пешеходным путям. Это подтверждается характерным размещением остановочных пунктов на транспортных пересечениях – в интересах обеспечения движения транспорта (на дальних подходах к пересечению, что значительно увеличивают длину пешеходных путей жителей города). Мало внимания уделяется вопросам хранения автомобилей и, в основном, в городском масштабе. Парковки в местах проживания в комплексных схемах как правило, не рассматриваются. Это относится и к местам приложения труда. Транспортные пересечения обычно очень крупные и требуют специального исследования, изучения и проектирования. Поэтому в комплексных схемах намечаются лишь общие решения, преследующие выделения места для размещения будущих транспортных развязок. Общественный транспорт практически полностью работает на территории города и лишь его малая доля выходит за его пределы.

В данной работе используется термин «природные» территории, под которыми понимаются все территории за пределами городов (по существу территория всей страны, т. к. города занимают лишь очень малую её часть), для которых вопросы организации движения транспорта и пешеходов важны, как и для пригородных районов: зон отдыха, заповедников, заказников, залесённых и обводнённых территорий, территорий ведения сельского хозяйства. Цель – максимальное обеспечение удобства и безопасности пользования путями сообщения при максимальном обеспечении сохранности природной среды.

На «природных» территориях ситуация сильно отличается от городской. На территории районов расположены многочисленные, как правило, небольшие населённые пункты. В населённых пунктах, как правило, основными («городского» значения) являются 1-а максимум 3-и улицы. По ним происходит движение пассажирского и автомобильного транспорта. На них концентрируются торговые предприятия. Производственные предприятия (сравнительно небольшие, обслуживающие свой район) расположены на окраинах населённых пунктов. Внутри населённого пункта размещается администрация, автобусная и железнодорожная станции. Внутри микрорайонов населённых пунктов транзитное движение автомобилей отсутствует. Работают только подъезды к отдельным домам. Магазины внутри микрорайонов отсутствуют. Почти все пассажирские маршруты носят внутри и межрайонный характер. Для населённых пунктов района они транзитные. Если имеется железнодорожная станция, рынок (как правило, привлекающий посетителей не только своего района, но и приезжих покупателей), то они становятся пунктами притяжения (концентрации) автомобилей и пешеходов. Пешеходные пути – тротуары, пешеходные дорожки – часто отсутствуют (в малых населённых пунктах) или не имеют твёрдого покрытия. Пешеходные переходы на улицах стали появляться, но пока их мало. Время концентрации в течение суток отличается от городских условий: в городах имеются достаточно чётко выраженные «часы – пик», сейчас искусственно растянутые. Но они есть. В малых населённых пунктах трудовые потоки далеко не главные. Достаточно велики потоки отдыхающих и посещающих магазины, рынок (т.е. потоки культурно-бытового назначения). В городе рассматривается один субъект разработки схемы транспорта, в районах их несколько: территория района с сетью автомобильных дорог, многочисленные населённые пункты, как прави-

ло, не большие. Пассажирская транспортная сеть осуществляет перевозки по дорогам района. В населённых пунктах – мало. Дорожная сеть района складывается из двух составляющих:

- участков дорог федерального, регионального значения, проходящих по территории района;

- сети дорог местного значения – подъездов и соединений малых населённых пунктов.

Важным фактором является то, что за последние десятилетия сформировалась транспортная подвижность сельского населения, соизмеримая с транспортной подвижностью средних городов и требующая своего удовлетворения.

Эти отличия обусловили необходимость разработки нескольких макромоделей:

- для сети автомобильных дорог района;
- для центрального населённого пункта;
- для транспортных пересечений на сети автомобильных дорог.

В пределах макромоделей разрабатывались микромодели.

Макромодель дорожной сети района, включающая дороги федерального и регионального значения показана на рис. 1.

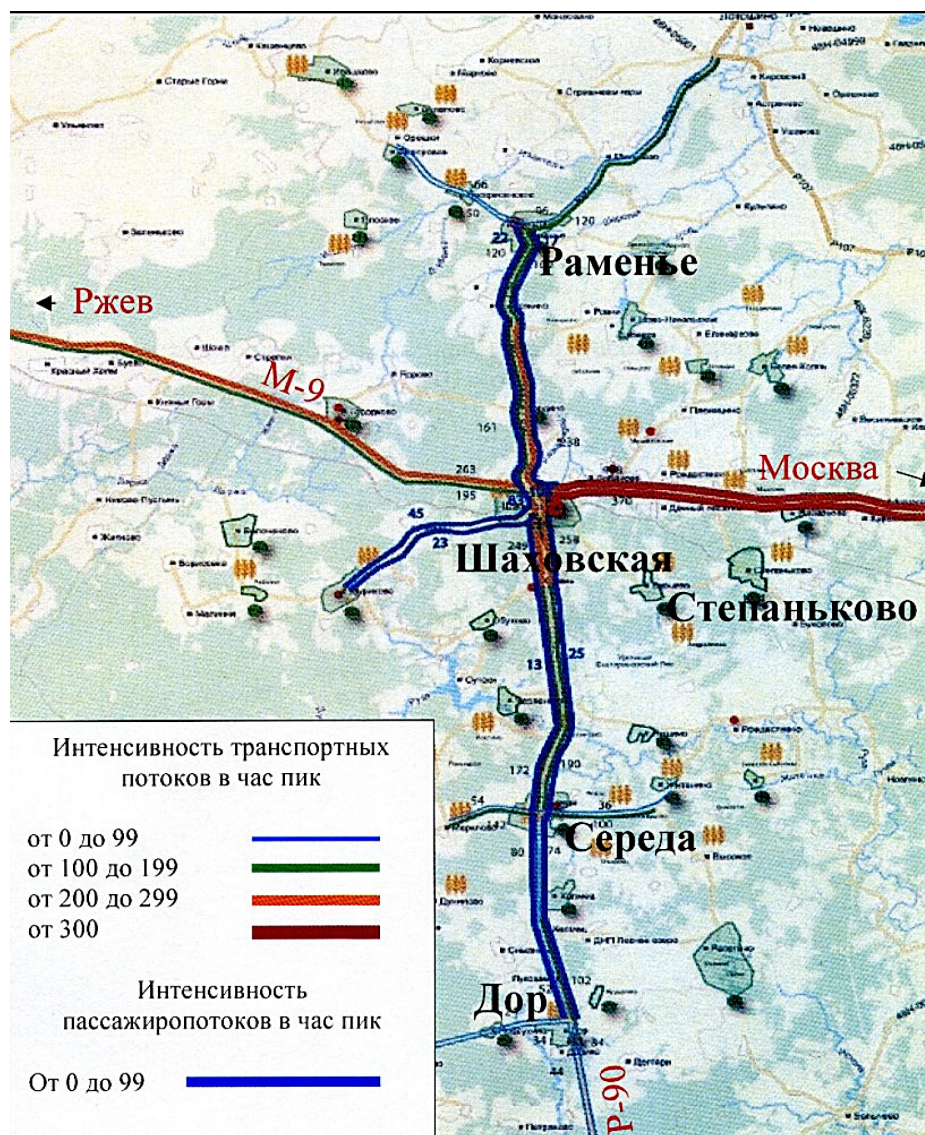


Рис. 1. Общая (базовая) макро модель Шаховского района Московской области

На рис. 2 показана базовая макро модель центрального населённого пункта (административного центра) п. Шаховская.

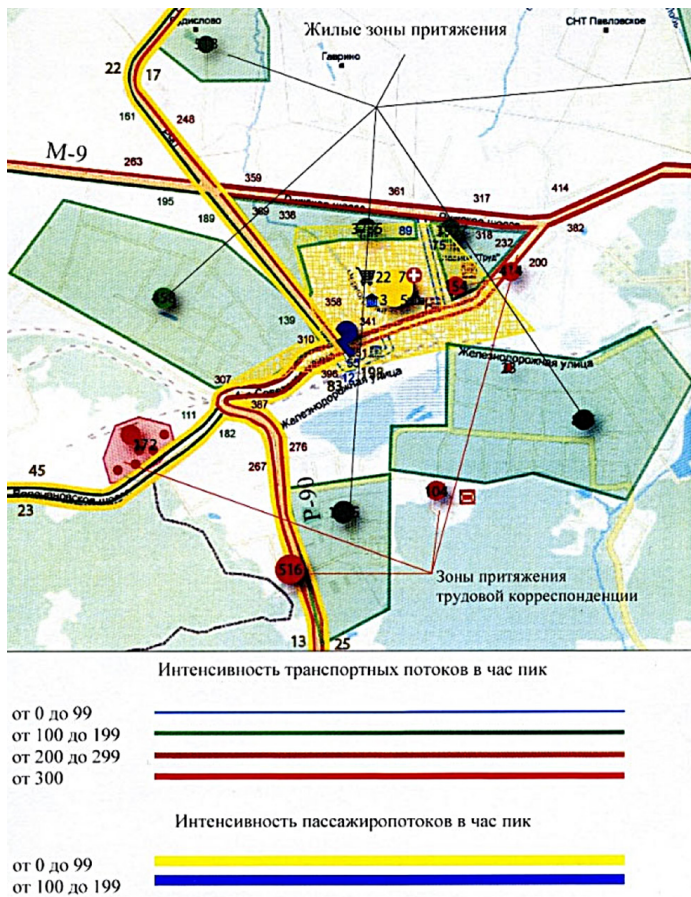


Рис. 2. Базовая транспортная макро модель п. Шаховская

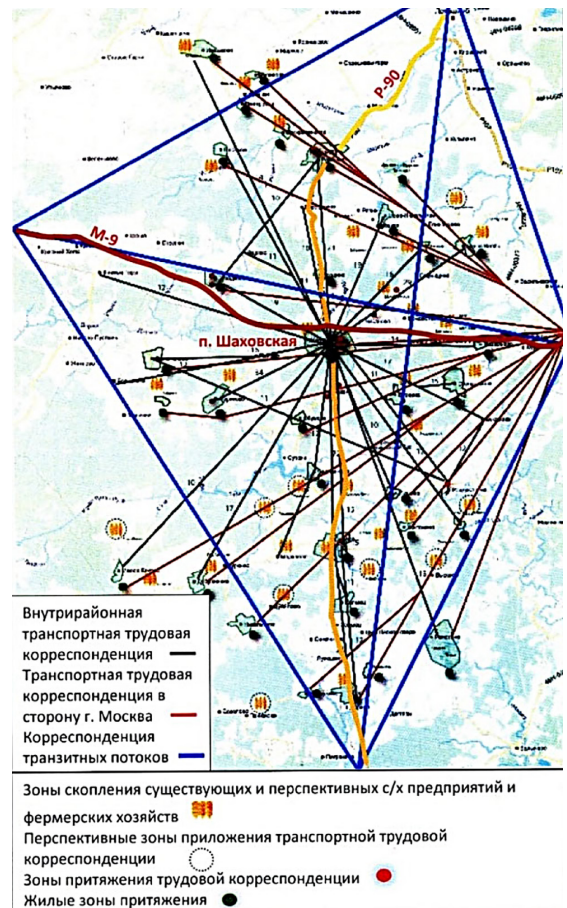


Рис. 3. Граф корреспонденций Шаховского муниципального района и мест их притяжения

Рис. 3 и 4 иллюстрируют процесс разработки перспективных моделей. На рис. 3 показан составленный граф корреспонденций Шаховского района. На рис. 4 показаны населённые пункты района с численностью населения более 100 человек.

Макромодели и анализ транспортных потоков позволили разработать предложения по развитию опорной сети дорог в районе (рис. 5).

Для обоснования развития сети местных дорог был выполнен демографический анализ, показавший необходимость увеличения существующей сети местных дорог примерно (суммарно) на 100 км. Отдельные участки дорог имеют протяжение не более 1...2,5 км. Дорожное покрытие предлагается не выше переходного типа. Во многих местах – низшего типа, но с обеспыливанием на участках с интенсивностью движения более 10...20 автомобилей в час.

На транспортной сети, в пределах макро модели, разработана группа микромоделей – моделей организации движения автомобилей и пешеходов на транспортных пересечениях, расположенных в пределах местных населённых пунктов (рис. 6).

При этом использованы все наработки по организации движения автомобилей, выполненные ещё в 60-70-х годах прошлого века под руководством профессора В.Ф. Бабкова (рис. 7). При этом использованы все наработки по организации движения автомобилей, выполненные ещё в 60-70-х годах прошлого века под руководством профессора В.Ф. Бабкова.

Проведена оценка автомобилеёмкости центрального населённого пункта района. В качестве критериев автомобилеёмкости использованы два показателя:

1. Скорость движения автомобилей по улицам поселения.
2. Время экстренной эвакуации населения поселения.

Условия движения автомобилей (скорость и режим движения транспортного потока) формируются многими параметрами движения [1, 2, 3, 4] – плотностью транспортного потока (рис. 8); уровнем аварийности (рис. 9); погодными условиями (рис. 10), а также ограничениями с позиции управления движением (сохранение или ликвидация двухстороннего движения, разрешение или запрещение обгонов разметкой проезжей части улиц и дорог).

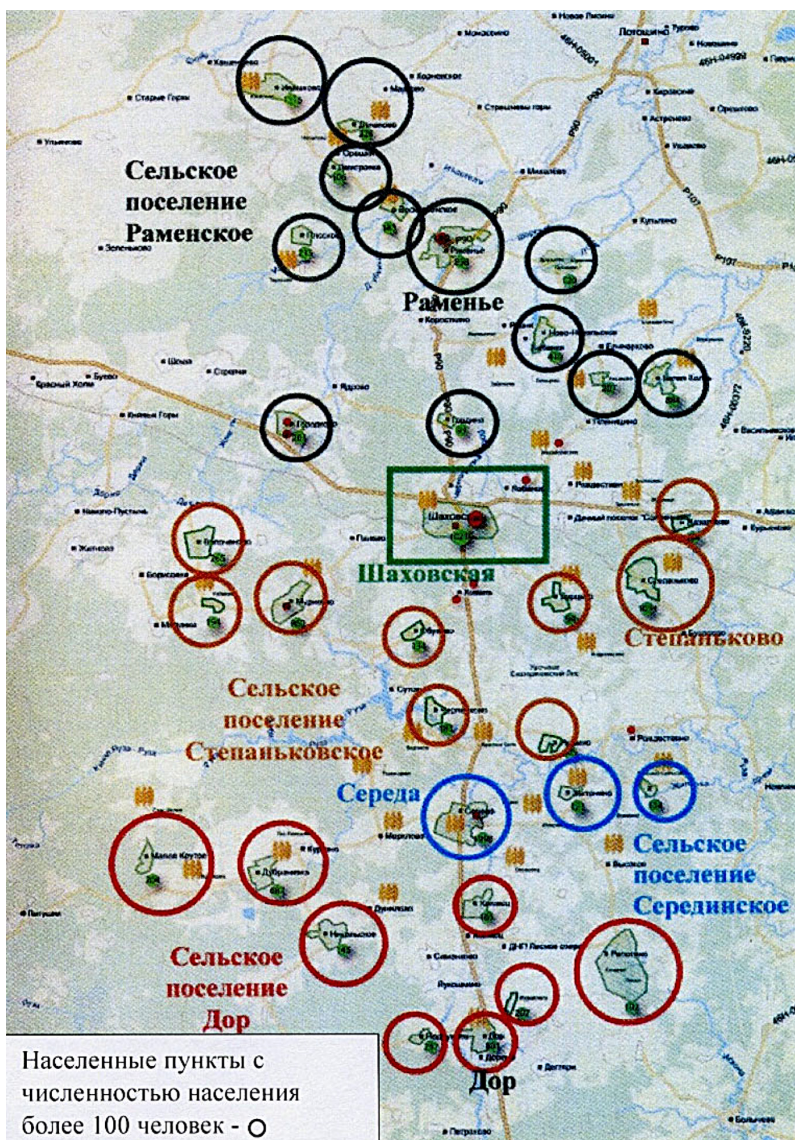


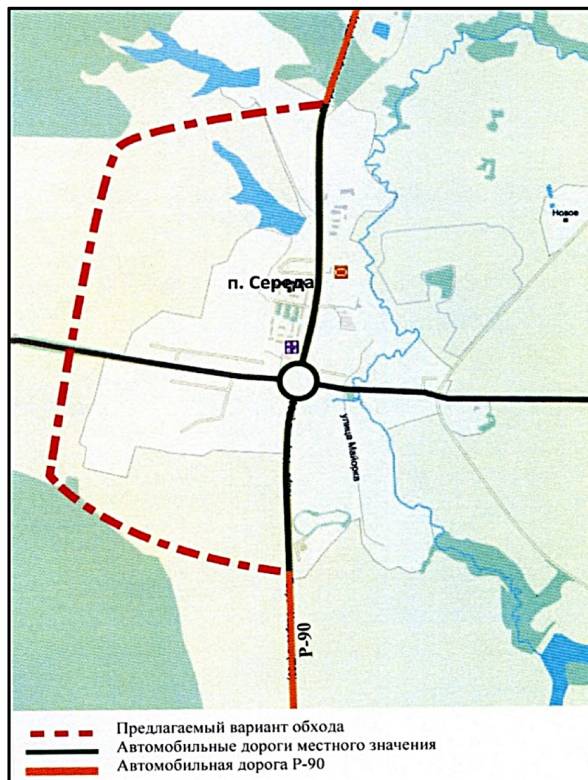
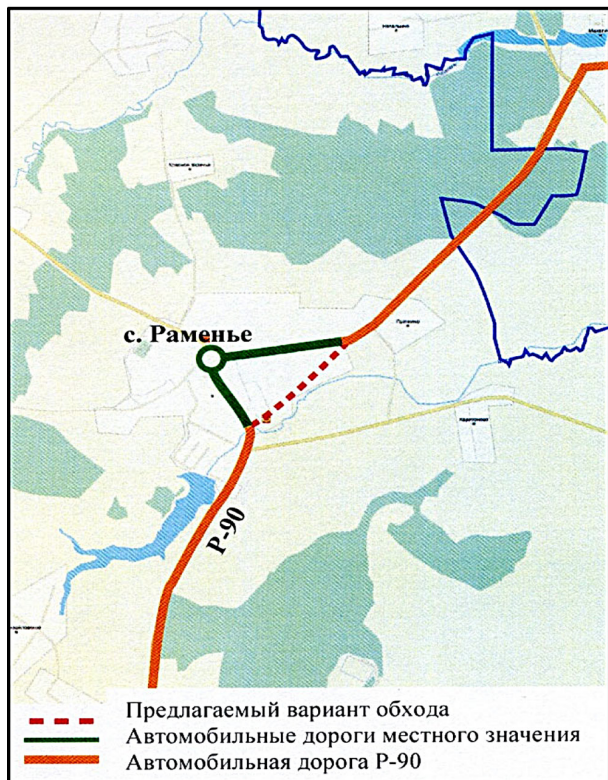
Рис. 4. Населенные пункты с численностью жителей более 100 человек

Помимо перечисленных технических и природных факторов вопрос назначения скорости движения автомобилей для рассматриваемых ситуаций имеет и важный социальный фактор, так как скорость автомобилей, уличного общественного транспорта – это для жителей городов «время в пути», транспортная доступность, удобство передвижений, а в «часы пик» это работа городского хозяйства – опоздания на работу и лишние потери времени при поездке с работы и т.д. Поэтому, очевидно, желаемую скорость движения автомобилей на городских улицах должна определять городская администрация в зависимости от всех факторов, зная, что скорость определяет режим и удобство движения, его безопасность, время в пути.

Экстренная эвакуация населения возможна только при массовом индивидуальном автотранспорте, который в настоящее время имеется в России. Необходимость экстренной эвакуации можно оценить по опыту США и других зарубежных стран. К сожалению техногенных

и природных катастроф, стало очень много (пожары, наводнения и т.д.). Ранее в СССР и в России этот вопрос не поднимался, так как на общественном транспорте экстренная (т.е. максимально быстрая) эвакуация невозможна.

а)



б)

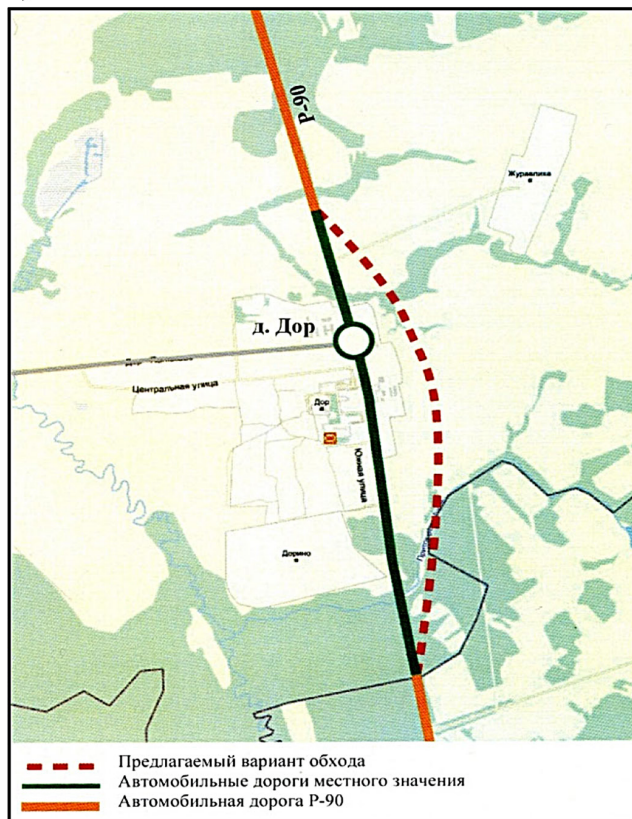


Рис. 5. Предложения по развитию опорной сети дорог в Шаховском районе: а – схема обхода с. Раменье и с. Серёда; б – схема обхода деревни Дор и обходов поселка городского типа Шаховская

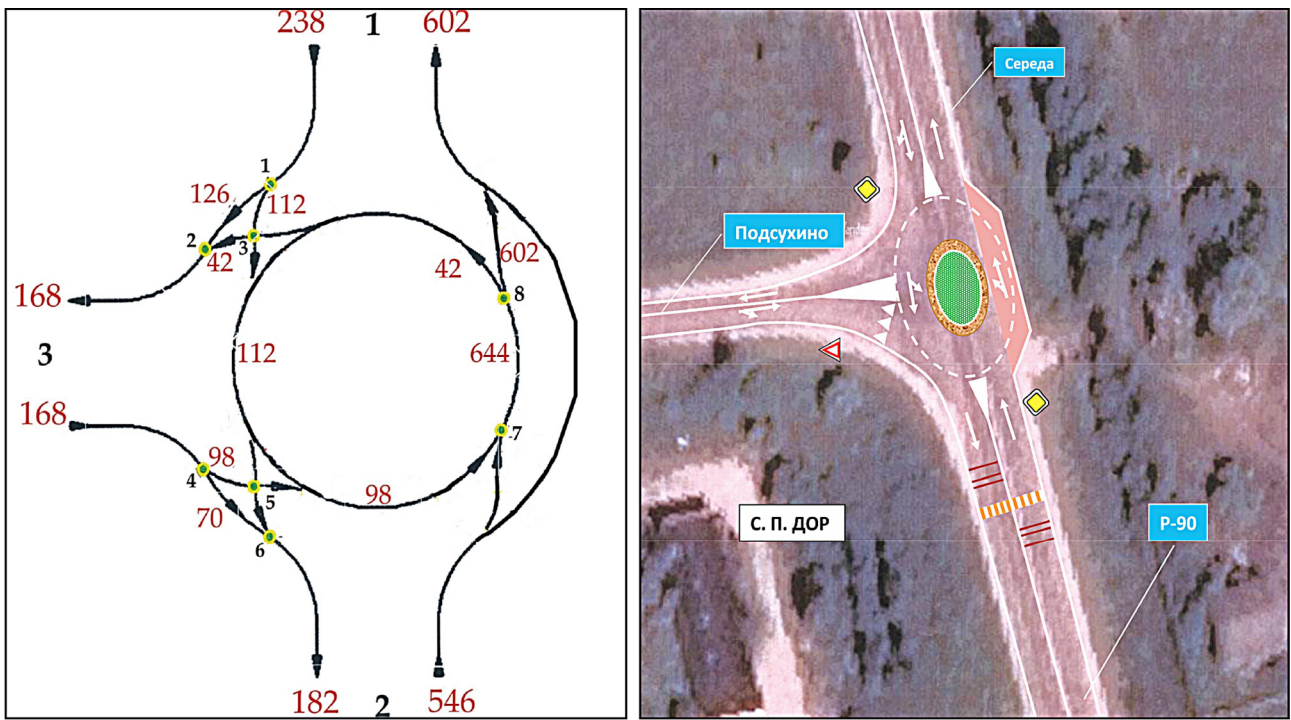


Рис. 6. Микромодель (схема) организации кольцевого движения на транспортном пересечении в д. Дор (к концу планового 10 – летнего периода)

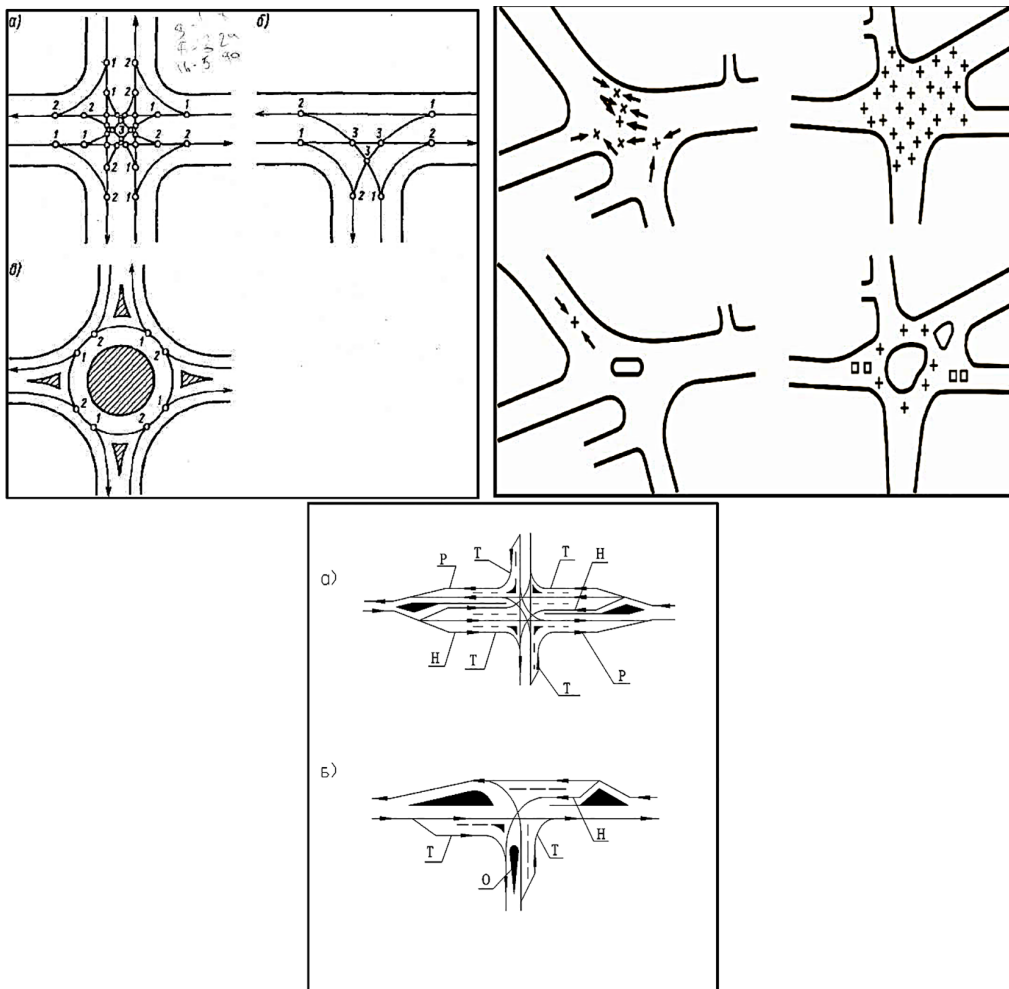


Рис. 7. Примеры формирования конфликтных точек

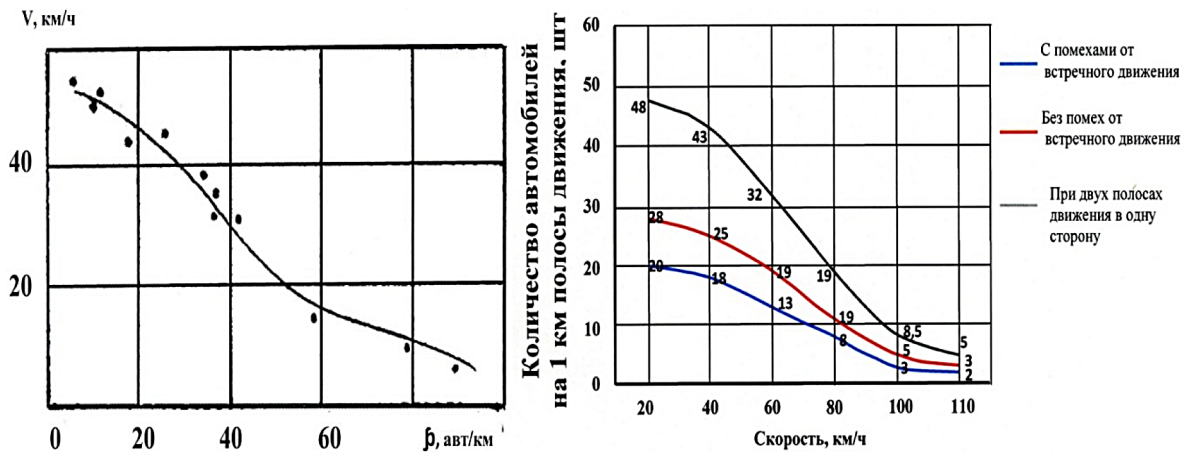


Рис. 8. Зависимость скорости движения автомобилей на полосе движения от плотности транспортного потока и изменение плотности транспортного потока (количества автомобилей на 1 км полосы движения) в зависимости от скорости движения

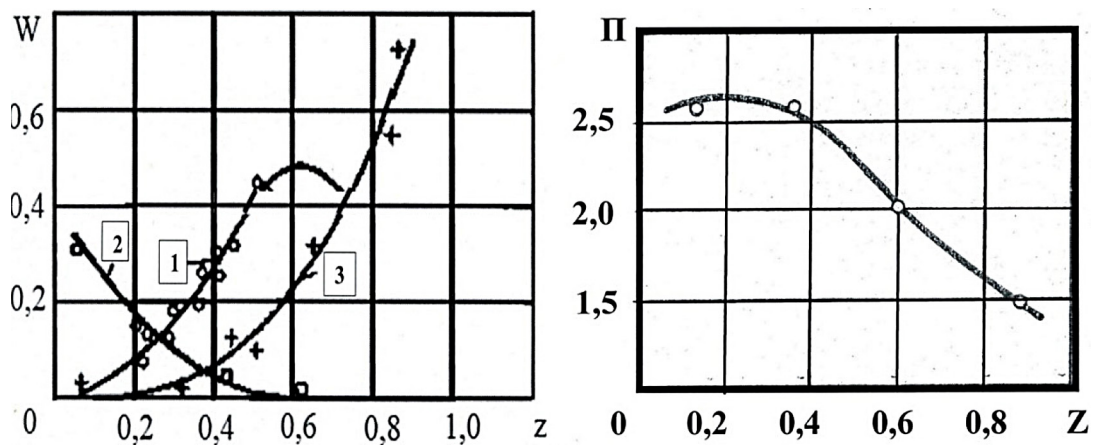


Рис. 9. Влияние уровня загрузки движением (Z) автомобильной дороги на вид события (W – количество происшествий на 1 млн. авт – км пробега): 1 – при обгоне; 2 – потеря управляемости; 3 – столкновение автомобилей и связь средних потерь Π от одного дорожно-транспортного происшествия (Π , тыс. руб.) с уровнем загрузки дороги движением (Z) (фактически с режимом движения)

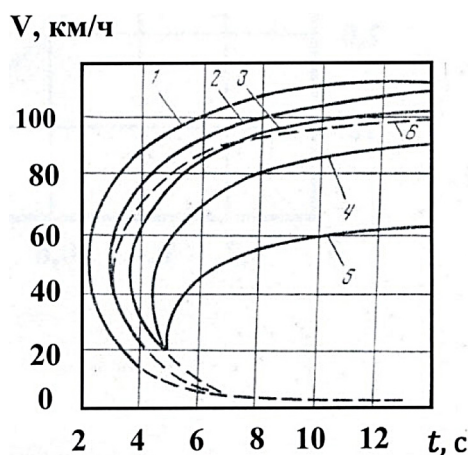


Рис. 10. Связь скорости движения и интервала безопасности (во времени) между автомобилями с состоянием поверхности дорожного покрытия при различных погодных условиях.

Состояние покрытия:
 1 – шероховатое сухое; 2 – то же, мокрое; 3 – частичный гололёд; 4 – снежный накат;
 5 – гололёд; 6 – сырая грязь

Последний (по последовательности работ, но не по значению) вопрос – обеспечение удобства и безопасности движения пешеходов. Этот вопрос присутствовал всегда при принятии всех предшествующих решений. Но сейчас он разрабатывается конкретно: размещение, инженерное оборудование и организация движения пешеходов не только при переходе улиц, но и в местах размещения остановок общественного транспорта, но и на пути от них, к дому (рис. 11).

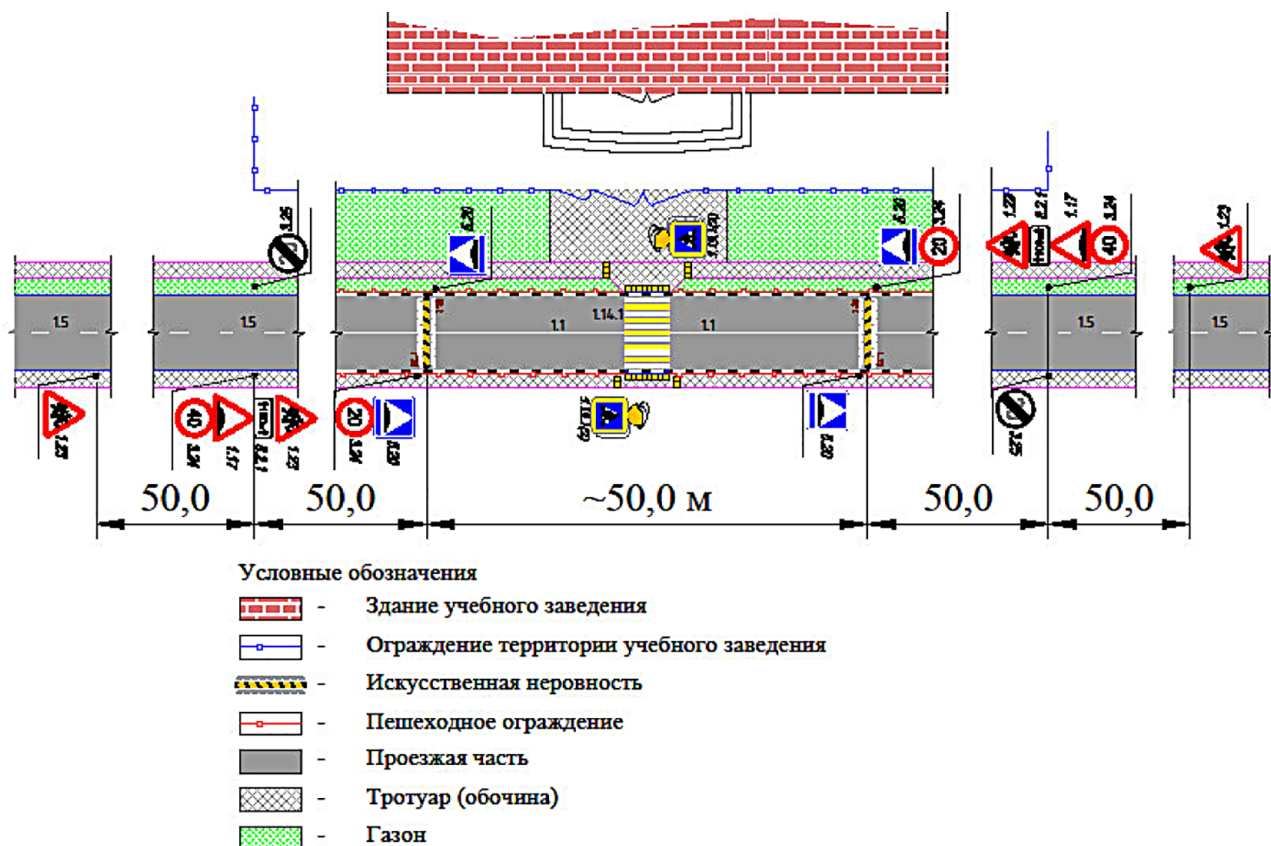


Рис. 11. Инженерное оборудование улицы и дороги в населенном пункте

Заключение

Сформирована методология разработки комплексной транспортной схемы для вне городских территорий, выполняющих сельскохозяйственные, рекреационные, лесо- и рыбохозяйственные, заповедные и другие функции, сопровождаемые концентрацией жителей и автомобилей. Территории названы «природными», чтобы подчеркнуть преобладающую роль природы над городскими техногенными факторами. Комплексная схема включает макро и микро моделирование путей сообщения (сети автомобильных дорог района и улиц местных населённых пунктов), модернизацию пассажирского транспортного обслуживания населения, модернизацию планировочных решений и схем организации движения транспорта и пешеходов на транспортных пересечениях с целью их совершенствования в перспективе и улучшения. В комплексную транспортную схему включены вопросы автомобилеёмкости местных населённых пунктов (включая расчёт максимально допустимой численности автомобильного парка – по условиям движения автомобилей по улицам экстренной эвакуации населения в экстремальных ситуациях) и хранения (парковки) автомобилей.

Важной составной частью комплексной схемы является совершенствование и повышение удобства движения пешеходов. В интересах реализации предложений, включённых в комплексную транспортную схему, составлена сводная ведомость видов, объёмов работ,

желательных сроков их осуществления (исходя из продолжительности действия схемы после её утверждения), рассчитана предполагаемая стоимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.М. Немчинов. Принципы и методы планирования сетей автомобильных дорог. Монография. – М., ТехПолиграфЦентр, 2014 – С. 199.
2. А.П. Васильев, В.М. Сиденко. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1990 г. – 304 с.
3. Лобанов Е.М., Сильянов В.В., Ситников Ю.М., Сапегин Л.Н. – М.: Изд-во «Транспорт», 1970 г., стр. 1 – 152.
4. М.В. Немчинов, Д.М. Немчинов, В.Е. Федоров. Автомобильно-дорожные сети Российской Федерации. – Чебоксары, Чувашское книжное издательство, 2013. – 247 с.

УДК 656.078

Владимир Леонидович Швецов,
генеральный директор
Всеволод Петрович Морозов,
канд. экон. наук, руководитель группы системного анализа
мобильности ООО «А+С Транспроект»
E-mail: spb@apluss.ru

Vladimir Leonidovich Shvetsov,
General Director
Vsevolod Petrovich Morozov,
PhD of Ec. Sci., Head of Mobility Analysis
LLC «A+S Transproekt»
E-mail: spb@apluss.ru

ВЫЗОВЫ НОВОЙ МОБИЛЬНОСТИ, СМЕНА ПАРАДИГМЫ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ УСПЕШНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «МОБИЛЬНОСТЬ КАК СЕРВИС»

CHALLENGES OF NEW MOBILITY, CHANGE PARADIGM OF TRANSPORT PLANNING AND NECESSARY CONDITIONS FOR SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF THE MOBILITY AS A SERVICE CONCEPT

В данной статье рассматривается проблематика внедрения концепции «мобильность как сервис». Описаны этапы эволюции мобильности. Выделены и проанализированы основные аспекты внедрения концепции «мобильность как сервис» – экономические, политические, технологические, юридические, отражена их взаимосвязь. Выполнен анализ необходимых условий для успешного внедрения, рассмотрены вопросы необходимости изменения подходов к транспортному планированию транспортных систем, работающих при реализации данной концепции. Отмечена необходимость дальнейшего междисциплинарного диалога для более глубокого изучения проблематики рассматриваемой концепции, и предложен ряд конкретных тем для изучения.

Ключевые слова: мобильность, мобильность как сервис, каршеринг, общественный транспорт, распределение по видам транспорта.

This article discusses the challenges of introducing the concept of “mobility as a service”. The stages of the mobility evolution are described. The main aspects of the implementation of the concept “mobility as a service” – economic, political, technological, legal – are highlighted and analyzed, their interconnection is reflected. The analysis of the necessary conditions for successful implementation has been carried out, the issues of the need to change the approaches to transport planning of transport systems that work in the implementation of this concept are considered. The need for further interdisciplinary dialogue was noted for a deeper study of the problems of the concept under consideration, and a number of specific topics were proposed for study.

Keywords: mobility, mobility as a service, car-sharing, public transport, modal-split.

Мы живём в эпоху стремительных перемен и, по сути, можно говорить о том, что наступила эпоха 4-й промышленной революции, которая характеризуется проникновением цифровых технологий во все сферы жизни. Специалисты компании *Arthur D. Little* рассматривают мобильность как отражение научнотехнического прогресса, и выделяют 4 типа мобильности [1], каждая из которых соответствует своему уровню научно-технического прогресса:

– Мобильность 1.0, характерная для доиндустриального общества. Транспортное сообщение осуществлялось по суше гужевым транспортом, а также по водным транспортным артериям. Характеризовалось очень низкой скоростью, а также применением исключительно мускульной силы.

– Мобильность 2.0 соответствовала периоду первой промышленной революции. Стремительный рост населения, появление массового производства требовали качественно новых решений в части транспортного сообщения. Научные достижения и социально-гуманитарный прогресс обеспечили появление общественного транспорта, а также железных дорог и пароходов.

– Мобильность 3.0 сопровождала период 2-й и 3-й промышленных революций. Её расцвет пришёлся на середину XX века, когда происходило бурное строительство автомобильных дорог и аэропортов. Автомобиль действительно перестал быть предметом роскоши и превратился в средство передвижения (особенно в США).

– Мобильность 4.0 является одним из продуктов 4-й промышленной революции, под которой понимают качественные прорывы в высокотехнологичных отраслях, в первую очередь в сфере цифровых технологий.

Рынок нового типа мобильности находится ещё в самом начале большого пути, и по оценке *ABI research report* [2] и *The Insight Partners* [3] перспективы его роста колоссальны – к 2030 году он может составить почти 1 трлн долларов, увеличившись с 2017 года более чем в 25 раз. Красноречиво о темпах роста говорят данные о распространении шеринговых сервисов во всём мире, которые являются одними из составных элементов концепции «Мобильность как сервис» (от английского *Mobility as a service* (далее – *MaaS*)). Число каршеринговых автомобилей в мире выросло за период 2006-2017 гг. Почти в 18 раз – с 12 тыс. ед. до 214 тыс. ед. [4], ещё более бурный рост показали сервисы байкшеринга – там объем парка с 2006 до 2018 года вырос почти в 700 раз с 35 тыс. ед. до 24,4 млн ед.⁴ [5]

Здесь необходимо подчеркнуть, что это является одним из исторических шансов для России, так как пока на рынке отсутствуют правила и стандарты, нет ярко выраженных лидеров, соответственно доступ на этот рынок пока ещё открыт и на нём ещё можно закрепить свои решения.

Иностранные эксперты заглядывая в будущее уверены, что *MaaS* в корне изменит автомобильную отрасль и к 2035 году полностью сменится модель владения автомобилем – в частной собственности будет находиться не более 20%. Развитие беспилотных технологий позволит также создать принципиально новый тип экономики – пассажирскую экономику, которая будет являться логичным развитием так столь горячо любимой в настоящее время чиновниками «цифровой» экономики. Она будет отличаться тем, что доля выручки, приходящейся собственно на продажи и обслуживание автомобилей снизятся примерно до 10% [6].

В то же время, практическое применение *MaaS* требует решения огромного количества вопросов, стоящих на пути внедрения [7]. Ниже приведены основные аспекты внедрения *MaaS*, которые условно можно разделить на 4 группы (таблица), при этом следует отметить что они очень тесно переплетены друг с другом.

До сих не существует понимания, как всё-таки повлияет *MaaS* на экономику. Да, приводятся оценки роста рынка услуг данного рынка, однако оценки влияния претворения в жизнь данной концепции очень сильно отличаются. Одним из ключевых вопросов является негативное влияние на автомобилестроительную отрасль, которая является очень ресурсоемкой и генерирующей очень большое количество рабочих мест в том числе в смежных отраслях. Учитывая страхи, связанные с перспективой массовой безработицы, обусловленной растущей автоматизацией на промышленных предприятиях попытки внедрения *MaaS* могут столкнуться с новым «луддизмом». Первые признаки подобных вещей есть – в Индии уже заявили, что планируют запретить эксплуатацию беспилотных автомобилей (которые могут дать дополнительный толчок к развитию *MaaS*) как раз из-за негативного влияния на сферу труда [8].

⁴ Стоит признать, что рынок в Китае оказался перегрет и очень многим компаниям пришлось покинуть рынок.

Основные аспекты внедрения *MaaS*

Экономические	Политические	Технологические	Юридические
Вопросы частной собственности	Безопасность	Бесперебойная работа	Распределение ответственности
Перераспределение доходов между отраслями	Масштабы внедрения <i>MaaS</i>	Единый <i>ID</i>	Отсутствие дискриминации
Рабочие места	Социальная стабильность		

Соответственно это становится автоматически и политическим вопросом – какие масштабы внедрения *MaaS* общество и политики готовы будут принять, и как это повлияет на социальную стабильность. Да, существует мнение, что любая новая технология в конечном счёте генерирует ещё больше рабочих мест, чем отбирает, однако общество справедливо опасается, что придётся перепрыгивать пропасть в два прыжка, и мало кого интересует как будет хорошо через 20 лет, если перед этим гипотетическим периодом благоденствия ему придётся терпеть лишения в течении 10-15 лет. Следом неотрывно следуют вопросы доступа и обмена информацией между всеми участниками транспортного процесса, так как у значительной части компаний есть опасения, что при такой политике «открытых дверей» они больше потеряют, чем приобретут, поэтому вполне вероятно, что при попытках внедрения *MaaS* в ряде городов будет происходить банальный бойкот со стороны крупнейших игроков.

Также нельзя не упомянуть и о технологических проблемах. Появление такой комплексной системы, которая замкнёт на себе жизнь городов, потребует беспрецедентной надёжности и безопасности на каждом этапе – начиная от безопасности хранения личных данных, и заканчивая устойчивостью к внешним атакам.

Юридические вопросы также всеобъемлющи – с высокой долей уверенности можно говорить о том, что вначале обществу, а затем и на законодательном уровне необходимо будет принять ряд нормативно-правовых актов, которые в существующей парадигме могут рассматриваться как наступление на права и свободы экономических субъектов и физических лиц.

Таким образом, в Цикле зрелости технологии (*Hype cycle*) *MaaS* (рис. 1) сейчас находится на стадии пика завышенных ожиданий, и есть все шансы свалиться в «пропасть разочарования», из которой возможно придётся выкарабкиваться не один десяток лет. Поэтому очень важно четко определить, что в принципе необходимо для успешного внедрения *MaaS*, и с использованием каких инструментов это может быть достигнуто.

Мы уверены, что для успеха *MaaS* необходимы как минимум:

- открытая информация о перемещениях;
- содействие созданию инфраструктуры, способствующая развитию совместных услуг мобильности (общественный транспорт, шеринговые сервисы);
- создание стимулов для поощрения государственных и частных операторов к предоставлению социально справедливых услуг;
- содействие повышению комфорта общественного транспорта.

При этом, только первый пункт нельзя условно «оцифровать», и он лежит в сфере компетенции политиков. Все остальные задачи требуют поиска решений с помощью моделирования транспортных и экономических эффектов. Однако здесь встаёт новая проблема – воплощение *MaaS* может существенно снизить однородность транспортного поведения населения, поэтому оценка возможных вариантов, и выбор оптимальными способами и используемыми допущениями становится практически невозможными. Например, сейчас при традиционном

моделировании транспортных систем городов оперируют рядом допущений и условий, определенных на стадии сбора исходных данных – включая тот же самый *modal-split*. Одним из критериев корректности модели является наличие балансировки по целям и видам транспорта – сколько уехало людей на работу на машине, столько и должно вернуться. Но в условиях *MaaS* ситуация диаметрально изменится – человек может уехать на работу на каршеринговом автомобиле, с работы на шеринговом велосипеде в спортзал, а оттуда на автобусе домой.

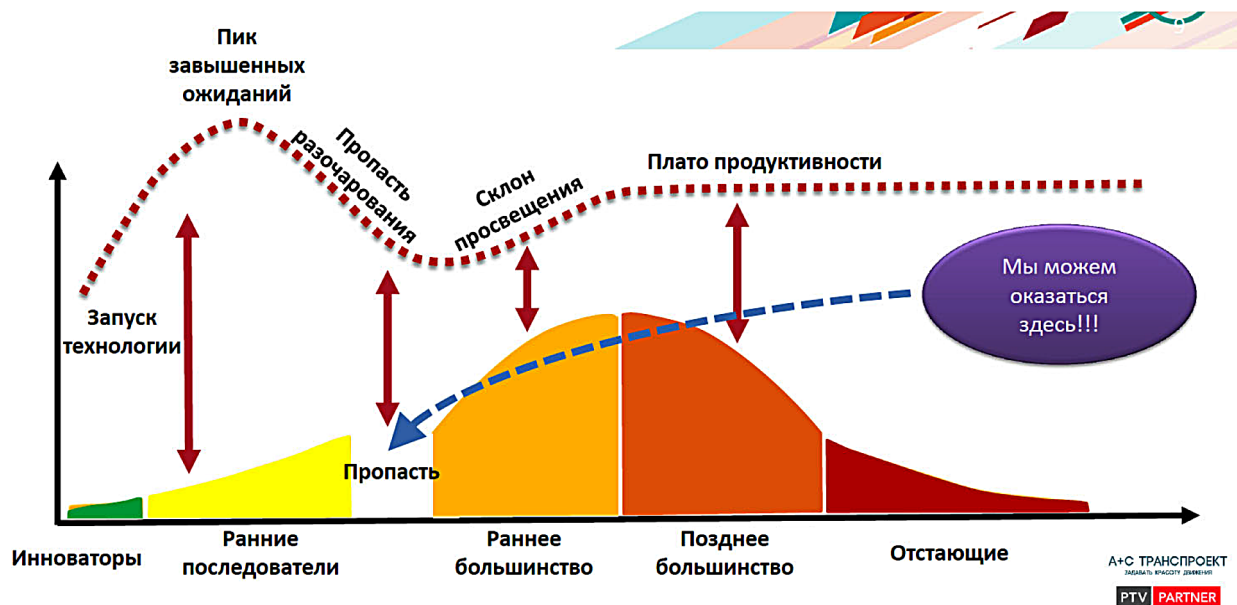


Рис. 1. Цикл зрелости технологии

Таким образом, для планирования новой мобильности необходимы новые подходы – существующие инструменты не обеспечивают приемлемых времени и стоимости выполнения расчётов функционирования транспортной системы в условиях *MaaS*, так как вариативность и сложность растёт экспоненциально (рис. 2). Соответственно ключевой задачей уже сейчас становится создание инструментов планирования и прогнозирования развития транспортной системы в условиях *MaaS*.

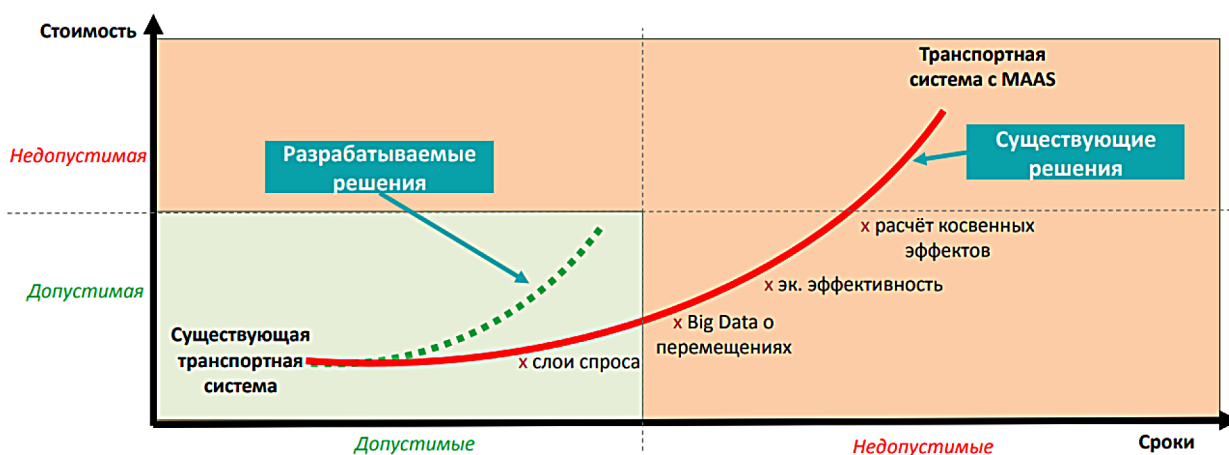


Рис. 2. Оценка сроков и стоимости расчёта функционирования транспортной системы

К сожалению, анализ научных публикаций и трудов отечественных авторов показывает, что пока работ в этом направлении практически не ведутся, в то время как в Европе уже активно разрабатывают программное обеспечение, которое должно позволить моделировать транспортные системы городов в условиях *MaaS*.

Соответственно, с нашей стороны есть предложение организовать рабочую группу для исследований последствий новой мобильности в рамках Ассоциации транспортных инженеров, возможными задачами которой станут:

1. Развитие межотраслевого взаимодействия с целью наиболее корректной оценки социальноэкономических эффектов.
 2. Разработка методик по моделированию работы транспортных систем в условиях реализации концепции *MaaS*.
 3. Работы в части определения и минимизации возможных рисков при реализации *MaaS*.
 4. Разработка учебных программ для ВУЗов и курсов повышения квалификации.
 5. Взаимодействие с иностранными коллегами в части изучения проблематики *MaaS*.
- Приглашаем всех к сотрудничеству.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Future of Mobility 3.0. Reinventing mobility in the era of disruption and creativity. Arthur D. Little 2018. https://www.adlittle.com/futuremobilitylab/assets/file/180330_Arthur_D.Little_&_UITP_Future_of_Mobility_3_study.pdf (дата доступа 02.04.2019)
2. <https://www.abiresearch.com/press/abi-research-forecasts-global-mobility-service-rev/> (дата доступа 02.04.2019)
3. <https://www.mynewsdesk.com/the-insight-partners/pressreleases/mobility-as-a-service-MaaS-market-is-estimated-to-grow-at-a-robust-cagr-of-33-dot-9-percent-during-2018-2025-2791056> (дата доступа 02.04.2019)
4. Innovative Mobility: Carsharing Outlook. Shaheen, Susan, PhD, Cohen Adam, Jaffee Mark, 2018, <http://innovativemobility.org/?project=innovative-mobility-carsharing-outlook-spring-2018> (дата доступа 02.04.2019)
5. <https://www.statista.com/chart/14542/bike-sharing-programs-worldwide/> (дата доступа 02.04.2019)
6. https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-71/Accenture-Mobility-Service.pdf (дата доступа 02.04.2019)
7. Морозов В.П. МaaS – эра новой мобильности. Доклад на III Международной научно-практической конференции «Транспортное планирование и моделирование» https://docs.wixstatic.com/ugd/15671a_2be80e70127243d88a5c4f2ba1ab7f7c.pdf (дата доступа 02.04.2019)
8. <https://regnum.ru/news/2305793.html> (дата доступа 02.04.2019)

УДК 656.072.23

Иван Николаевич Шутов,
канд. пед. наук, доцент
(Санкт-Петербургский техникум
железнодорожного транспорта – структурное
подразделение ФГБОУ ВО «Петербургский
государственный университет путей сообщения
Императора Александра I») *E-mail: spbshutov@gmail.com*

Ivan Nickolaevich Shutov,
PhD of Pedagogic Sci.,
Associate Professor
(College department
«Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University») *E-mail: spbshutov@gmail.com*

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ В ПЕТЕРБУРГЕ

ORGANIZATION OF TRANSPORT HUBS AT THE ST. PETERSBURG RAILWAY JUNCTION

В статье рассматриваются варианты расположения транспортно-пересадочных узлов на радиальных подходах к мегаполису и на участках железнодорожного полукольца Петербурга. На основе анализа зарубежного и отечественного опыта организации городских перевозок с пересадками в пути следования предложены способы привязки пассажиропотоков железнодорожных сообщений к различным видам общественного транспорта. Приведены результаты исследования критериев выбора вариантов поездки пассажирами, где при выраженном стремлении сократить время поездки становится решающим стоимость проезда, поэтому предлагается проезд по единому билету на различных видах транспорта.

Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел, городской общественный транспорт, пассажиропотоки, время поездки, оплата проезда, пересадки в пути следования.

The article discusses options for the location of transport hubs on radial approaches to the metropolis and on the sections of the railway half-ring of St. Petersburg. Based on the analysis of foreign and domestic experience in organizing urban transportation with transfers along the route, methods for linking passenger traffic of railway traffic to various types of public transport are proposed. The results of the study of the criteria for the choice of travel options by passengers are given, where, with a general desire to reduce travel time, the cost of travel becomes decisive, and therefore a single ticket is offered for various types of transport.

Keywords: transport interchange hub, urban public transport, passenger traffic, travel time, fare, transplant in transit.

Транспортно-пересадочные узлы (ТПУ) становятся направлением развития всех городских систем, обеспечивающих корреспонденцию диверсифицированных пассажиропотоков. В Петербурге развитие ТПУ необходимо для обеспечения качества перевозок и дальнейшие перспективы связаны с использованием железнодорожной инфраструктуры городского железнодорожного узла. Комитет по транспорту Санкт-Петербурга разрабатывает проекты модернизации Петербургского узла совместно с Октябрьской железной дорогой, в программе которого в числе основных предложений предложены более 30 мероприятий. Из них в числе проектов объявлены регулярность движения пригородных электропоездов, увеличение протяженности ускоренных маршрутов между близлежащими населенными пунктами, а также организации новых транспортно-пересадочных узлов на базе железнодорожной инфраструктуры города, в первую очередь, сооружение переходов над железнодорожными путями, мостов и путепроводов. Петербургский железнодорожный узел включает 7 радиальных направлений, 423 км железнодорожных путей и 80 остановочных пунктов, включая 53 станции. Сетевое назначение

узла связано с распределением внешнеэкономических грузопотоков, направленных в сторону Финляндии и портов Балтийского моря. Пассажиропоток железнодорожного транспорта остается стабильным и показывает небольшую, но положительную динамику: 48,9 млн. пассажиров в пригородном сообщении, 8,9 млн. человек в дальнем сообщении. Всего по итогам 2018 г. перевезено 57,8 млн. пассажиров. Наступило время, когда транспортные проблемы мегаполиса потребовали использовать возможности железнодорожной инфраструктуры для внутригородских перевозок. С 2015 г. действует государственная программа «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» [6].

В теории транспортного обслуживания населения ТПУ определяют как единый инженерный комплекс устройств и сооружений для комфортной, безопасной и быстрой пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой при условии обязательного соблюдения всех технологических требований и безопасности функционирования систем пассажирского транспорта. Существующие пересадочные узлы не в полной мере соответствуют современным требованиям и плохо приспособлены для перемещения маломобильных групп пассажиров. В них отсутствуют муниципальные и «перехватывающие» парковки для личных автомобилей, не оборудованы важные элементы обеспечения потребностей населения – туалеты, пункты общественного питания, информационные устройства и т.п. Существующие в России ТПУ требуют комплексной реконструкции. Для сооружения новых ТПУ требуется перечень обязательных требований по их составным частям и конструкциям, а также по основным расчетным параметрам, что стало отдельным перспективным направлением разработки и проектирования архитектурно-планировочных решений городов [2].

Концепцию развития железнодорожного полукольца, в котором нуждается как север, так и юго-восточные и юго-западные районы мегаполиса, поддержал зам. генерального директора ОАО «РЖД» Д.В. Пегов формулой «на рельсах пробок нет». Первое должностное лицо в пассажирских перевозках основного российского перевозчика, кстати – выпускник нашего техникума, видит возможности развития социальных функций Петербургского узла на основе мирового опыта. Внутригородское железнодорожное полукольцо позволит снизить пересадочную нагрузку на станции центрального треугольника метрополитена [4].

Для развития общественного транспорта предполагаются впечатляющие перспективы. Опыт многих городов мира (в частности Париж, Сеул, Берлин, Мюнхен, Вена, Барселона), где интегрированы наземный железнодорожный транспорт и метрополитен, доказывает возможность без пересадок на центральных вокзалах быстро и комфортно доехать до любой точки города и за его пределы. Нет также необходимости добираться с одного вокзала на другой с пересадками – все соединено удобной сетью маршрутов [3]. Отечественный опыт развития транспортных узлов для пассажирского движения сформировался в советское время в Риге, Харькове и Киеве, Новосибирске и Москве, которая стала крупнейшим мегаполисом с огромными пассажиропотоками. Последние данные показали, что рельсовым транспортом пользуется в большой Москве более 75% населения, предпочитая его другим видам транспорта. Этому во многом способствовала масштабная программа интеграции скоростного рельсового транспорта в единую сеть, развернутая в российской столице. Узел имеет возможности обеспечить 95% территории города скоростным внеуличным транспортом в пешей доступности. В Москве осуществляется транспортный прорыв: 271 км новых линий метрополитена, включая полноценное наземное метро, которым стало Московское центральное кольцо (МЦК); 128 станций, 15 современных электродепо для обслуживания подвижного состава, 428 км железнодорожных линий, 211 остановочных платформ, 110 пересадок между тремя видами транспорта. В основном, ТПУ связывают станции метрополитена, МЦК и радиальных направлений железной дороги. Кроме того, формируются Московские центральные диаметры (МЦД), а это 17 сквозных маршрутов общей протяженностью 446 км с 221 станцией. Таким образом, протяженность линий рельсового транспорта в столице и ближнем Подмосковье увеличится в несколько раз, включая около

тысячи км надземного и подземного метро. Радиальные и диаметральные направления железных дорог позволят объединить городской транспорт в единую систему. Такие возможности Москвы остаются лишь радужными перспективами для Петербурга. Однако успех железнодорожного кольца, его нарастающая популярность у москвичей определили и дальнейшую стратегию развития транспортной инфраструктуры в крупных городах, где провалились попытки строительства метрополитена (Красноярск, Челябинск, Пермь, Ростов и др.). Здесь стал успешным проект «Городская электричка». Возможности Петербурга очевидны при моделировании возможностей пассажирского движения если не по всему полукольцу от Сестрорецка до Стрельны, то по северной, западной и южной его дугам [4].

Развитие ТПУ стало важнейшим направлением территориального планирования городской инфраструктуры, поскольку на территории поселений формируются транспортные системы, которые образуют центры пересечения пассажиропотоков, различающиеся по уровню устройства, функционирования и сложности. Мы предлагаем создание таких ТПУ на основе имеющейся и практически неиспользуемой в пассажирских сообщениях железнодорожной инфраструктуры путей общего и необщего пользования.

Для Санкт-Петербурга характерны радиальные и диаметральные пассажиропотоки, корреспондирующие через пересадочные станции метрополитена, расположенные в историческом центре города. Особая миссия нашего города в создании ценностных ориентиров, разработке и внедрении передовых идей, которые определяют развитие Санкт-Петербурга как центра мировой культуры и требуют обеспечения качества транспортного обслуживания жителей, включая отдаленные городские территории. Так, в Сертолово проживают около 35 тыс. уволенных в запас военнослужащих и членов их семей, что составляет 70 % от всего населения. Пассажиропоток в сторону Петербурга оценивается в 30 тыс. пассажиров, которые вынуждены следовать по Выборгскому шоссе в небольших автобусах. Наблюдения и опросы пассажиров в ходе выполнения выпускной квалификационной работы произвел Чернов К.А. Данные по социальной структуре пассажиропотока в час пик показывают преобладание студенческой категории (около 60 %) над работающим (свыше 50 %) и неработающим взрослым населением (до 10 %). Затраты времени на поездку до станций метрополитена Озерки или Проспект Просвещения (примерно 15 км) составляют от 30 до 50 мин в зависимости от дорожной обстановки на Выборгском шоссе, проблемными местами на котором стали пробки на пересечениях с Приозерским и Песочным шоссе. Большинство студентов и часть работающего населения предпочитают пересадку по станции Парголово, расположенной в некотором отдалении в пешеходной доступности. Очевидным минусом варианта становится необходимость за одну поездку дважды оплатить проезд.

В настоящее время определяются наиболее перспективные проекты и (главное !) источники их финансирования. Город рассчитывает на модернизацию линии Старая Деревня – Белоостров для тактового железнодорожного сообщения. Здесь потребуется сооружение второго главного пути, реконструкция станций и остановочных пунктов, а так же строительство новых, в т. ч. ТПУ Лахта вблизи МФК «Лахта Центр», Юнтолово вблизи вновь построенного крупного жилищного массива [1].

Транспортная система мегаполиса испытывает колоссальные перегрузки, поскольку отстает в своем развитии на десятилетия. Власти города пытаются определиться по множеству вариантов с использованием различных видов транспорта (метрополитен, скоростной трамвай и др.), оптимальным маршрутам следования (Аэроэкспресс на Витебский или Балтийский вокзалы, увязка железнодорожных станций Нева и Дача Долгорукова и т.п.), числу пересадок, билетной системе и др. [5].

Также считаем важным подчеркнуть, что организация ТПУ на въезде в мегаполис позволит перераспределить пассажиропотоки примыкающих районов Ленинградской области. Повышение транспортной доступности Санкт-Петербурга для жителей Всеволожского района

Ленинградской области может быть осуществлено за счет увеличения числа направлений, обслуживаемых наземным транспортом, поэтому предлагаем необязательным считать прибытие железнодорожного состава именно на Финляндский вокзал. Здесь возможны варианты пересадок на Ладожском вокзале или в Кудрово. Наблюдения Ю.Ю. Мороз показали, что население недавно возникших поселений на границе Петербурга и Ленинградской области практически полностью выезжает из спальных мест обитания. Основная корреспонденция пассажиропотоков ложится на станции метрополитена Проспект Большевиков, Девяткино, Проспект Ветеранов, Проспект Просвещения и др. Понятна озабоченность городских властей инфраструктурой так называемых «белых» и «серых» зон (например, южнее Обводного канала, откуда ушли промышленные предприятия и выстроены огромные жилые комплексы или остались нежилые помещения и пустующие площадки). Здесь не развита социальная, прежде всего – транспортная инфраструктура. Вот почему представляется первостепенной роль ТПУ в формировании таких мультимодальных центров, которые не просто обеспечат пассажирам выбор удобной пересадки с одного вида транспорта на другой, но и послужат катализаторами развития прилегающих территорий, где будет жилье и другая недвижимость, причем жилья – 20-25 процентов. Развитие транспорта обеспечит реновацию депрессивных районов города, что выгодно в перспективе создания рабочих мест и обеспечения таким образом налоговой базы на десятилетия вперед. Таким образом, ТПУ сегодня представляется как самое выгодное инфраструктурное вложение города. Это место, где люди действительно экономят время в пути, что повышает качество жизни населения. Кроме того, значение ТПУ для развития города представляется в повышении деловой и общественной активности. Там, где это возможно и экономически оправдано, катализаторами развития прилегающих территорий, что предусматривает осуществление комплексной застройки с обязательным созданием рабочих мест. Чем больше недвижимости будет построено вокруг ТПУ (как жилой с социальной инфраструктурой, так и коммерческой с рабочими местами), тем больше будет и трафик. Такая практика распространена во многих густонаселенных мегаполисах мира (Гонконг, Токио, Сингапур). Кроме того, к таким проектам повышается интерес инвесторов. Фактически каждый ТПУ предполагает обустройство от одного до десяти гектаров окружающего пространства городской среды.

Практически во всех крупных городах Европы железнодорожная инфраструктура интегрирована с метрополитенами мегаполисов. Так, в Германии действует сеть пригородно-городских поездов S-Bahn, во Франции – электрички RER, в Большом Лондоне – Overground [3]. Такой вариант развития транспортной системы Петербургского узла города с организацией в отдаленной перспективе 60 ТПУ, которые представляются нам как капитальные сооружения с посадочными платформами, залами ожидания, торговыми точками, пунктами общественного питания, паркингами, информационными системами. На табло пассажир сможет увидеть время отправления ближайших самолетов, поездов, трамваев или автобусов и даже судов, курсирующих по рекам и каналам Петербурга. Образцовым примером такого устройства ТПУ служит комплекс Kamppi, расположенный рядом с железнодорожным вокзалом в центре Хельсинки, где побывали многие петербуржцы. Так же в Гамбурге на центральном вокзале сложился главный узел всей системы общественного транспорта. Через него проходят все 4 линии метро, 6 линий городской электрички (S-бана), пригородные и дальние поезда. На вокзале работают многочисленные магазины, кафе, рядом расположена большая парковка. Но огромные пассажиропотоки так грамотно разведены по нескольким уровням, что не возникает никакой толчеи и суеты.

Проект железнодорожного полукольца включен в Стратегию развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. По задумке авторов, длина железнодорожного маршрута должна составить 53 км. Полукольцо будет включать 24 транспортно-пересадочных узла, организованные с учетом пересадок на метро. Пассажиропоток на полукольце может составить более 170 тыс. человек в сутки (около 60 млн человек в год). Разумеется, проект такого масштаба потребует финансовой поддержки федерального центра и может получить

статус стратегического. Как город, так и холдинг РЖД рассчитывают на формирование федеральной целевой программы по развитию железнодорожного транспорта, одним из пунктов заявки которой стало так называемое «открытое метро» в Петербурге — или железнодорожное полукольцо. Предварительная трассировка городской электрички была предложена от жилого района Юнтолово через Лахту, Старую Деревню, Кушелевку, Пискаревку, Дачу Долгорукова, Волковскую, Броневою до Сосновой Поляны. Соблазнительными преимуществами предложенной трассы стали возможностями обустройства береговых платформ на пересечении с Гражданским, Ириновским, Дальневосточным и, особенно – с Московским проспектом (у станции метро Электросила). Варианты организации движения обсуждаются во властных структурах с 2017 г. [1].

Возможности использования участков железной дороги в черте города осложняются развитием автомобильных перевозок. Так, принятое решение о продолжении пр. Ветеранов и ул. Пионерстроя приводит к необходимости оборудования переездов: регулируемого в первом случае, разноуровневого во втором. Такая же проблема возникает при необходимости прокладки трамвайных путей из Кудрово в Веселый поселок через перегон Нева – Заневский пост. Действующий автомобильный переезд значительно перегружен и опасен. Дипломница Мороз Ю.Ю. предлагает разграничение видов транспорта по времени: днем приоритет за трамваями, ночью осуществляется грузовое движение. Но такой вариант противоречит идее запустить челнок Нева – Ржевка в логике развития пассажирских перевозок на железнодорожных участках, прилегающих к полукольцу. Подобные проблемы исследует К.А. Чернов в выпускной квалификационной работе по организации движения «дятла» ДП-3 по военной ветке Сертолово – Левашово. Жители возведенных новостроек не потерпят потери времени на закрытых переездах.

Кроме вариантов обустройства внутригородского полукольца, планируется сеть ТПУ на базе железнодорожных станций пригородных направлений. Пилотным проектом станет модернизация платформы Ивановская в г. Отрадное Кировского района Ленинградской обл. Сюда могут быть направлены пассажиропотоки Волховского, Кировского и Тосненского районов Ленинградской области, а также с территорий г. Колпино и пос. Металлострой, расположенных по четную сторону главного хода Октябрьской железной дороги. Такая организация маршрутов наземного транспорта станет возможной при условии продолжения ул. Кибальчича с выходом на Вознесенское (прежде Лагерное) шоссе, а также Оборонной ул. в обход городов Отрадное и Кировск с выходом на Мурманское шоссе. Строительство путепровода в районе железнодорожной станции Рыбацкое также позволит существенно расширить зону влияния этого ТПУ [6].

Ранее в рамках долгосрочной программы были определены несколько приоритетных ТПУ, в том числе на железнодорожных станциях Девяткино, Удельная, Ржевка, Рыбацкое, Лахта, Шушары и даже Нева. Однако с поиском инвесторов возникли неразрешимые проблемы. Представляется, что реализация такого проекта полностью осуществима лишь в отдаленной перспективе, хотя в Петербурге в середине 90-х годов рассматривался проект по вовлечению во внутригородское пассажирское движение линий железной дороги, расположенных в пределах города. Были пущены пробные поезда из Ораниенбаума до Сестрорецка, из Колпино до Кузьмолово. Также были выполнены проекты строительства платформ, остановочных постов, линий автобусов, трамваев и троллейбусов рядом со станциями этой дуговой железной дороги [5]. Планировалось, что появится полноценный инновационный вид городского транспорта, но идея оказалась воплощенной следующим поколением в Москве, а северная пальмира осталась столицей маршруток.

С различной степенью интенсивности проблема обсуждается научным сообществом и инженерным корпусом транспортного комплекса постоянно. Есть аргументированные мнения, что именно в долгосрочной перспективе железнодорожное полукольцо может быть хорошей альтернативой кольцевой линии метрополитена. Однако такой проект несет большие инвестиционные риски, не являясь при этом панацеей от транспортных проблем центра мегаполиса.

Кроме того, неочевидные преимущества железнодорожной дуги перед кольцевой линией метро могут усложнить поиск средств на реализацию обсуждаемого проекта. Стоимость его пока не просчитана, но для сравнения: на строительство МЦК израсходовано свыше 200 млрд рублей. С комфортностью и безопасностью собственно перемещения по городу все более-менее понятно. Но вот какое время, потраченное на дорогу, считать нормальным и комфортным для жителя пятимиллионного города, а какое – нет? Оказывается, по существующим градостроительным нормам, путь петербуржца от дома до работы с любыми пересадками должен занимать не более 46 мин. При этом время перехода от квартиры до станции, как и время ожидания посадки в транспортное средство пассажиры рассматривают как потерянное время.

На продолжительность поездки существенно влияет время, затраченное на оплату проезда. Возможно, у читателя сложилось мнение о восторженном отношении автора к столичной системе городского транспорта. Нет, никто не может быть доволен московским опытом посадки пассажиров в одну дверь и только после высадки с маневровым передвижением транспортного средства в пределах остановки! Но удобная билетная система Москвы учитывает мировой прогрессивный опыт: проход на станции метрополитена и МЦК по одному билету; объединенные транспортные карты Тройка – Стрелка, безлимитные проездные на одни и трое суток, что весьма востребовано при растущем потоке туристов, превышающем в Петербурге московский. Такие примеры позволяют считать бесшовную транспортную систему Москвы. Стремление к бесшовности пассажирских перевозок сегодня главный тренд в развитии городского транспорта. В русле этого тренда развивается наша столица. В Петербурге назрела необходимость совершенствования билетно-кассовой системы, прежде всего путем введения единого проездного документа на все виды городского транспорта, включая железнодорожный. Такой билет, ограниченный по времени действия от начала поездки, позволит сократить транспортное сопротивление повседневной жизни и повысить вариативность использования транспортных маршрутов в нашем городе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атаев, П.Г. Железнодорожная сеть Санкт-Петербургской агломерации в системе городского пассажирского транспорта / Транспортное планирование и моделирование : сборник трудов II Международной научно-практической конференции, 24-25 мая 2017 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Ассоциация транспортных инженеров ; [редакционная коллегия: А. Э. Горев, А. И. Солодкий, Е. А. Шестеров]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. – С.12-22. .
2. Власов, Д. Н. Транспортно-пересадочные узлы / Д.Н. Власов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – 2-е изд. – Москва : МГСУ, 2017. – 185 с.
3. Вучик В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / Вукан Р. Вучик ; пер. с англ. Александра Калинина под науч. ред. Михаила Блинкина. – Москва : Территория будущего, 2011. – 574, [1] с. : ил. ; (Университетская библиотека Александра Погорельского). – Библиогр. в конце гл.
4. Пегов Д.В. Когда рельсы вне конкуренции / Интервью директора ОАО «РЖД» по пассажирским перевозкам [корр. газеты Н. Коновалова] // Санкт-Петербургские ведомости. – 2018. 19 сентября.-№ 195 (6304). – С.1,3.
5. Преобразования транспортно-коммуникационных пространств городов. Санкт-Петербург. Узел Ладожского вокзала : материалы III Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30 июня – 6 июля 2013 г / [гл. ред.: Петрович М.Л.]. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2013. – 122 с. : ил., цв. ил., карт., портр.
6. Портал Администрации Санкт-Петербурга <https://www.gov.spb.ru> [дата обращения 20.03.2019]

Оглавление

Введение	3
<i>Афанасьев А. С., Рыбаков А. С.</i> Диагностирование дизельных двигателей по параметрам сопутствующих процессов в режиме компрессорного цикла	4
<i>Баранов Д. А.</i> Получение данных об улично-дорожной сети из открытых источников	10
<i>Бахирев И. А., Власов Д. Н., Немов П. П., Козлов П. И.</i> Анализ работы существующего пригородного железнодорожного транспорта с целью развития и интеграции в городскую транспортную систему	20
<i>Белый О. В., Барина Л. Д., Забалканская Л. Э.</i> Обоснование выбора вида общественного транспорта для новых городских районов.	26
<i>Бобылев А. В., Глинский В. А., Прутков Г. М.</i> Создание мультимодальных альянсов перевозчиков в нейтральной терминальной сети доставки грузов.	34
<i>Брызгина Е. О., Казьмин Д. М.</i> Транспортное планирование в России: проблемы и пути решения.	42
<i>Буйвис В. А., Новичихин А. В.</i> Методические особенности функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса: модели и сценарии	47
<i>Власов А. А.</i> Модели транспортного потока в задачах управления движением в городских условиях	55
<i>Горев А. Э., Попова О. В., Оспанов Д. Т.</i> Приоритет ГПТ в транспортной системе города	62
<i>Добрынина Е. С.</i> Значение экологического мониторинга при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог	66
<i>Зедгенизов А. В.</i> Организация дорожного движения на основе оценки транспортного спроса к центрам массового тяготения по параметрам их расположения на урбанизированных территориях	68
<i>Комов А. Б., Комов П. Б.</i> Основы организации технической эксплуатации логистических систем цифровой экономики автомобильного транспорта	73
<i>Косцов А. В.</i> Закономерности влияния транспортных потоков пересечений в разных уровнях на режим работы пригородных и городских участков автомобильных магистралей	87
<i>Курганов В. М., Грязнов М. В., Давыдов К. А.</i> Поиск взаимосвязи между ресурсоёмкостью, надёжностью и эффективностью пассажирских автомобильных перевозок.	93

<i>Куфтинова Н. Г.</i> Моделирование динамики автотранспортных потоков с помощью кластерного анализа.	106
<i>Литвинов А. В., Донченко В. В.</i> Моделирование выбора способа передвижения в городах	109
<i>Ложкин В. Н., Ложкина О. В.</i> Моделирование экстремального загрязнения воздуха двигателями транспорта и тепловыми станциями в Санкт-Петербурге на мезо-уровне	115
<i>Михеева Т. В.</i> Особенности оценки качества транспортного обслуживания населения на территории городских агломераций.	122
<i>Немчинов Д. М.</i> Проектирование пересечений в одном уровне автомобильных дорог и улиц населённых пунктов: система нормативно-технических документов	126
<i>Новоселов Е. П., Афанасьев А. С.</i> Анализ эксплуатации газобаллонных автомобилей на примере предприятия УТТиСТ «Газпром ТрансГаз Сургут» и перспективы развития	133
<i>Пугачёв И. Н., Куликов Ю. И.</i> Подготовка кадров – залог реализации ведомственного проекта «Цифровой транспорт и логистика»	140
<i>Путиалес Д. Х. А., Митягин С. Д.</i> Дорожное решение для севера города Кито, Эквадор.	144
<i>Солодкий А. И., Черных Н. В.</i> Методика повышения уровня обслуживания движения на улично-дорожной сети городов	148
<i>Тарасов И. В., Терентьева В. А., Афанасьев А. С.</i> Применение технико-экономического критерия для определения рационального срока службы автобусов	154
<i>Фадюшин А. А., Морозов Г. Н., Захаров Д. А., Карманов Д. С.</i> Применение транспортного моделирования при реализации концепции «медицинский город»	160
<i>Немчинов М. В., Холин А. С.</i> Новая методика проектирования дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями.	165
<i>Немчинов М. В., Холин А. С.</i> Транспортное обеспечение «природных» территорий	171
<i>Швецов В. Л., Морозов В. П.</i> Вызовы новой мобильности, смена парадигмы транспортного планирования и необходимые условия для успешной реализации концепции «Мобильность как сервис»	181
<i>Шутов И. Н.</i> Организация транспортно-пересадочных узлов на железнодорожных направлениях в Петербурге	186

Научное издание

**ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
И МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Сборник трудов
IV Международной научно-практической конференции
11–12 апреля 2019 года

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 03.12.2019. Формат 60×84 ¹/₈. Бум. офсетная.
Усл. печ. л. 22,55. Тираж 500 экз. Заказ 163. «С» 88.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.
Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.