ISSN 2078-1474

НИИАТ

Научный вестник автомобильного транспорта

The Bulletin of Road Transport Research

ЯНВАРЬ
• • •
ДЕКАБРЬ
2017
JANUARY
• • •
DECEMBER

Москва
Moscow

www.niiat.ru

2-я страница обложки - ЧИСТАЯ

НИИАТ

Научный вестник автомобильного транспорта
The Bulletin of Road Transport Research

Научный ежемесячный журнал | ЯНВАРЬ – ДЕКАБРЬ 2017 JANUARY – DECEMBER | The Monthly Scientific Magazine

Издатель: Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (ОАО «НИИАТ»). Адрес редакции: 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24, ОАО «НИИАТ»

Publisher: Open Joint-Stock Company «Scientific and Research Institute of Motor Transport» (NIIAT®).
Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia, NIIAT

Телефон / Phone: +7 (495) 496-55-23. Факс / Fax: +7 (495) 496-61-36. E-mail: vestnik@niiat.ru. Internet: www.niiat.ru

Рабочие языки: русский и английский.
Статьи прошли научное рецензирование и публикуются в авторской редакции.
Ответственность за опубликованные сведения несут авторы статей.
При цитировании ссылка на журнал и авторов статей обязательна.
Перепечатка статей допускается с письменного согласия редакции.

Working languages: Russian and English.
Articles have passed scientific reviewing and are published in author's edition.
Responsibility for the data published is born by authors of articles.
At citing it is necessary to do instructions on magazine and authors of articles.
The reprint of articles is possible in the presence of the written permission of edition.

В журнале публикуются рецензируемые статьи по различным проблемам автомобильного транспорта, преимущественно по следующим отраслям наук и направлениям исследований:
технические науки – транспорт; машиностроение (автомобилестроение);
экономические науки – транспорт; логистика;
юридические науки (транспортное право);
исторические науки – история науки и техники (транспорт)

The journal publishes peer-reviewed articles on different problems of road transport, mainly on the following fields of sciences and areas of research:
engineering – transport; mechanical engineering (automotive);
economic science – transport; logistics;
jurisprudence (law);
historical sciences – history of science and technology (transport)

За публикацию статей плата с авторов не взимается

For publishing articles with authors' fees are not charged

© Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», 2017
© Open Joint-Stock Company «Scientific and Research Institute of Motor Transport» (NIIAT), 2017
Print version: ISSN 2078-1474

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор, председатель редакционной коллегии –
Научный руководитель ОАО «НИИАТ» Донченко В.В., канд. техн. наук, ст. научн. сотр.

Редакционный совет:
Комаров В.В., канд. техн. наук, ст. научн. сотр.;
Матанцева О.Ю., д-р экон. наук, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.;
Спирин И.В., д-р техн. наук, профессор;
Стребелева А.С. – ученый секретарь редакционной коллегии.

Члены редакционной коллегии:
Андрианов Ю.В., канд. техн. наук, ст. научн. сотр. (НИИАТ); Батищев И.И., канд. экон. наук, ст. научн. сотр. (НИИАТ); Беляев В.М., д-р техн. наук, профессор (МАДИ ГТУ); Будрина Е.В., д-р экон. наук, профессор (СПб ГИЭУ); Вайпан В.А., канд. юрид. наук, доцент (Юстицинформ); Гатауллин Т.М., д-р экон. наук, профессор (ГУУ); Герами В.Д., д-р техн. наук, профессор (ВШЭ); Енин Д.В., канд. техн. наук (НИИАТ); Ефимов В.Б., д-р техн. наук, профессор (Союз транспортников России); Златин П.А., д-р техн. наук, канд. экон. наук, профессор (МГИУ); Иванов П.В., канд. техн. наук (Мосгортранс); Кабашкин Игорь, д-р наук, профессор (TTI, Riga); Колик А.В., канд. техн. наук профессор (ВШЭ); Корчагин В.А., д-р техн. наук, профессор (Липецкий ГТУ); Кравченко П.А., д-р техн. наук, профессор (СПб ГАСУ); Лещенко М.И., д-р техн. наук, профессор (МАИИ); Миротин Л.Б., д-р техн. наук, профессор (МАДИ ГТУ); Нарбут А.Н., д-р техн. наук, профессор (НИИАТ); Рупперт Ласло (KTI, Budapest); Сарбаев В.И., д-р техн. наук, профессор (МГИУ); Степанов А.А., д-р экон. наук, профессор (ГУУ); Степанов В.И., д-р экон. наук, профессор (РЭА им. Г.В. Плеханова); Чеботаев А.А., д-р техн. наук, профессор (НЦКТП)

EDITORIAL BOARD

The Editor-in-Chief, the Chairman of Editorial Board –
The scientific leader of NIIAT Donchenko V.V., Ph.D., Assistant Professor.

Editorial Council:
Komarov V.V., Ph.D., Assistant Professor; Matantseva O. Ju., Dr.Sci., Assistant Professor;
Spirin I.V., Dr.Sci., Professor; Strebeleva A.S.– the Scientific Secretary of Editorial Board

Members of the Editorial Board:
Andrianov J.V., Ph.D., Assistant Professor (NIIAT); Batishchev I.I., Ph.D., Assistant Professor (NIIAT); Beljaev V. M., Dr.Sci., Professor (University MADI); Budrina E.V., Dr.Sci., Professor (St. Petersburg GEEU); Vajpan V.A., Dr. of Jurisprudence, Assistant Professor («Justitsinform»); Gataullin T.M., Dr.Sci., Professor (GUU); Gerami V.D., Dr.Sci., Professor (University HSE); Enin D.V., Ph.D. (NIIAT); Yefimov V. B., Dr.Sci., Professor (Russian Transportation Union); Zlatin P. A., Dr.Sci., Professor (MGI University); Ivanov P.V., Ph.D. («Mosgortrans»); Kabashkin Igor, Dr.Sci., Professor (TTI, Riga); Kolik A.V., Ph.D., Professor (University HSE); Korchagin V.A., Dr.Sci., Professor (Lipetsk University); Kravchenko P.A., Dr.Sci., Professor (St. Petersburg GASU); Leshchenko M.I., Dr.Sci., Professor (University MAII); Mirotin L.B., Dr.Sci., Professor (University MADI); Narbut A.N., Dr.Sci., Professor (NIIAT); Ruppert Laslo (KTI, Budapest); Sarbaev V.I., Dr.Sci., Professor (MDI University); Stepanov A.A., Dr.Sci., Professor (GUU); Stepanov V.I., Dr.Sci., Professor (Russian Economic Academe of G.V. Plekhanov); Chebotaev A.A., Dr.Sci., Professor (Centre Problem of Transport)

СОДЕРЖАНИЕ

Донченко В.В., Съедин О.Н.
Разработка понятийного аппарата в области высокоавтоматизированного автомобильного транспорта 5

Донченко В.В., Съедин О.Н., Чебышев А.Е.
Опыт обеспечения безопасности дорожного движения в Великобритании 11

Капский Д.В., Карасевич С.Н.
Совершенствование организации дорожного движения в очагах аварийности по критерию минимизации суммарных потерь. 18

Карасевич С.Н.
Глобальный курс устойчивого (зеленого) развития и подходы к организации дорожного движения в городах 27

Спирин И.В.
Моделирование времени транспортных передвижений пассажиров в городах 33

CONTENTS

Donchenko V.V., Sedin O.N.
Development of Conceptual Framework in the Field of Highly Automated Motor Transport 5

Donchenko V.V., Sedin O.N., Chebyshev A.E.
Road safety ensuring the UK 11

Kapski D.V., Karasevich S.N.
Improving the traffic management at accident clusters on the basis of the minimal total loss criterion 18

Karasevich S.N.
Global sustainable (Green) development course and approaches to the organization of traffic in cities 27

Spirin I.V.
Simulation of passenger's transport movement time in cities 33

УДК 656.13;658.012.011.56;656.13:004
UDC 656.13;658.012.011.56;656.13:004

Разработка понятийного аппарата в области высокоавтоматизированного автомобильного транспорта

* * *

Development of Conceptual Framework in the Field of Highly Automated Motor Transport

Донченко В.В., канд. техн. наук,
Съедин О.Н., канд. техн. наук

Донченко Вадим Валерианович, канд. техн. наук, научный руководитель ОАО «НИИАТ», тел. +7 (495) 496 5523, E-mail: donchenko@niiat.ru.
Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

Съедин Олег Николаевич, канд. техн. наук, заведующий НИО «Проблемы подготовки водителей автотранспортных средств» ОАО «НИИАТ», тел. +7 (495) 496 6004, E-mail: sedin@niiat.ru
Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

Donchenko Vadim Valerianovich, Ph.D., Scientific Director of Open Joint-Stock Company «NIIAT®», Phone +7 (495) 496 5523, E-mail: donchenko@niiat.ru
Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia

Sedin Oleg Nickolaevich, Ph.D., Head of Research Department «Problems of Training of Drivers of Vehicles» of Open Joint-Stock Company «NIIAT®», Phone +7 (495) 496 6004, E-mail: sedin@niiat.ru
Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia

Аннотация

Предложен подход к формированию понятийного аппарата в области высокоавтоматизированного автотранспорта. С использованием стандарта США SAE J3016 предложены русскоязычные аналоги терминов, широко используемых в профильных иностранных научных публикациях. Данные термины могут быть использованы для формирования нормативной базы в области автоматизации управления транспортными средствами

Ключевые слова: высокоавтоматизированное автотранспортное средство, уровни автоматизации, автоматизированная система вождения, динамическая задача управления

Abstract

An approach to the formation of a conceptual apparatus in the field of highly automated vehicles is proposed. Using the US standard SAE J3016, Russian-language analogues of terms widely used in specialized foreign scientific publications are proposed. These terms can be used to form a regulatory framework in the field of vehicle control automation

Keywords: highly automated vehicle, levels of automation, automated driving system, dynamic driving task

Внедрение инновационных технологий автоматического управления транспортными средствами (ТС) и их сетевого взаимодействия уже в ближайшем будущем может коренным образом изменить состояние дел в дорожной отрасли и перевозках.

В настоящее время наибольшим ограничением развития высокоавтоматизированного дорожного транспорта является отсутствие нормативно-правовой основы для внедрения передовых технологий. В частности, в отечественных условиях все еще отсутствуют единое понимание и подходы к разработке понятийного аппарата и терминологической базы. Определения, имеющиеся в Конвенции ООН о дорожном движении 1968 года (Венская Конвенция) [1], не относятся к данной инновационной сфере автомобильного транспорта.

На наш взгляд, для прояснения вопроса терминологии следует обратиться к стандарту SAE J3016 «Системы автоматизированного управления движением АТС. Классификация, термины и определения» (далее – стандарт SAE). Он был впервые разработан и утвержден в январе 2014 года в США Ассоциацией автомобильных инженеров (SAE), пересмотрен и дополнен 30.09.2016 [2].

Терминология стандарта SAE используется подавляющим большинством участников рынка в проводимых разработках и исследованиях, хотя данный стандарт изначально был рассчитан на использование американскими потребителями. Перед нами как раз тот случай, когда разработанный национальный стандарт становится по факту международным. Представленная в нем терминология и уровни градации степени автоматизации транспортных средств (см. таблицу) уже прочно вошли в обиход профессионального международного сообщества, поэтому разработку терминологии для отечественной нормативной основы следует проводить с учетом положений данного стандарта.

Таблица

Уровни автоматизации (У0 – У5) по стандарту SAE J3016 [2]
(ТС – транспортное средство)

Характеристика	У0	У1	У2	У3	У4	У5
Уровень автоматизации	Только водитель	Системы помощи водителю	Частичная автоматизация	Условная автоматизация	Высокая автоматизация	Полная автономность
Действия водителя и уровень автоматизации ТС	Водитель полностью управляет движением ТС	Водитель постоянно контролирует продольное и поперечное положение ТС в динамике	Водитель должен постоянно контролировать динамические параметры ТС и осуществлять обзор обстановки	Водитель не нуждается в постоянном контроле динамических параметров ТС и обзоре, но должен быть в готовности взять на себя управление ТС в любой момент	Водитель не требуется в пределах типовых дорожно-транспортных ситуаций (ДТС)	Автоматизированная система (АС) осуществляет продольное и поперечное управление ТС в динамике во всех возможных ДТС в течение всей поездки Участие водителя не требуется
	Нет ни одной системы помощи водителю	Ограниченная часть функций по управлению ТС передана автоматизированной системе (АС)	АС осуществляет продольное и поперечное управление ТС в определенных ситуациях	АС определяет пределы своих возможностей и требует возобновления контроля со стороны водителя с достаточным временным запасом	АС осуществляет продольное и поперечное управление ТС в динамике во всех типовых ДТС	
Пример	-	Система парковки, круиз-контроль	Помощь при движении в дорожных заторах	Движение по участкам автомагистралей	Движение в городе на выделенных полосах	Полностью автономное движение «от двери до двери»

Подход к построению терминологической базы в области автоматизации управления ТС в стандарте [2] основан на рассмотрении процесса управления транспортным средством, поэтому термины, представленные в стандарте, носят скорее описательный, чем нормативный характер, и являются в большей степени техническими, чем юридическими. Потребуется их доработка с юридической точки зрения для включения их в отечественную нормативную базу.

Прежде всего, необходимо отметить, что в российской науке термин «автоматизированный», в отличие от термина «автоматический», и, тем более, «автономный», подчеркива-

ет сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.

Например, в ГОСТ 34.003-90, автоматизированная система (АС) определена как система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций [3].

Учитывая вышесказанное и устоявшуюся терминологию, обсуждаемые транспортные средства следует отнести к понятиям «автоматизированные» для нижних уровней У1-У2 по SAE, а для уровней У3 и У4 – к «высокоавтоматизированным».

Последний, 5-й уровень SAE может быть охарактеризован как полностью автоматическое или автономное ТС, причем акцент на автономность по смыслу более свойственен ТС, которое может действительно функционировать автономно, не только от водителя, но даже и без поддержки соответствующей инфраструктуры.

Как ни странно, часто встречающийся в популярной литературе термин «беспилотный», представляется наименее удачным, поскольку он подчеркивает отсутствие в ТС водителя-оператора (пилота), а это уже предельный уровень – полная автономность, т.е. промежуточные уровни данному термину не соответствуют. Кроме того, беспилотное ТС может управляться дистанционно, посредством команд оператора, что сдвигает акценты по автоматизации самого транспортного средства.

Вследствие сказанного, использование термина «беспилотный» в отношении высокоавтоматизированных и автономных ТС не рекомендуется для профессионального использования.

Приведем далее некоторые термины и определения, которые в первую очередь следует рассмотреть, доработать и принять для использования в отечественной практике (в скобках указано оригинальное название стандарта SAE).

Первым ключевым определением является «Динамическая задача управления» (*Dynamic Driving Task* – DDT): все выполняемые в режиме реального времени функции по управлению транспортным средством, кроме стратегических, таких как планирование поездки (выбор места назначения и времени поездки).

К подзадачам динамической задачи управления относятся:

1. Управление положением ТС в поперечной плоскости через рулевое управление.

2. Управление положением ТС в продольной плоскости посредством педали акселератора и тормозной системы.

3. Мониторинг окружающей обстановки, включая обнаружение объектов и событий, распознавание, классификацию и подготовку к реакции.

4. Реагирование на возникающие объекты и ситуации.

5. Планирование маневров и траектории движения.

6. Взаимодействие с другими участниками движения с помощью световой сигнализации, иных технических средств, жестов и т.д.

Подзадача 3 динамической задачи управления, включающая мониторинг окружающей ситуации и реагирование на объекты и ситуации, выделяется в отдельный блок и имеет специальный наименование – «Обнаружение и реагирование на объекты и ситуации» (*Object and Event Detection and Response* – OEDR).

Вторым ключевым определением является «Домен штатной эксплуатации» или ДШЭ (Operational Design Domain – ODD): набор определенных условий, при которых некоторая система автоматизации вождения способна функционировать в штатном режиме или специально спроектирована для работы в таких условиях[1].

[1] Домен [фр. *domaine*, лат. *dominium* – владение] – сфера или границы поля деятельности [4], поэтому другим вариантом названия может быть «Область штатной эксплуатации»

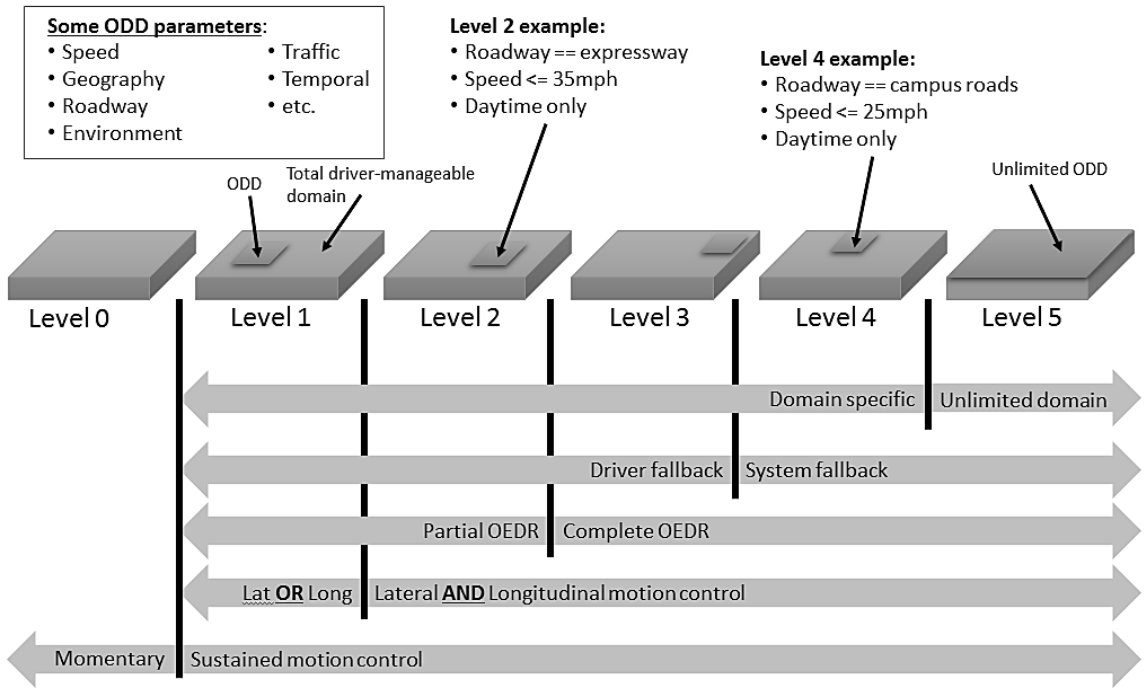


Рисунок. Примеры ДШЭ для различных уровней автоматизации [2]

На этом рисунке параллелограммы (уровни автоматизации от 0 до 5) и включенные в них отдельные участки иллюстрируют вышеприведенное определение ДШЭ, которые для уровней автоматизации У1-У4 обязательно содержат подробные описания конкретных параметров.

Домен штатной эксплуатации (ДШЭ) может иметь географические, дорожные, погодные, скоростные, временные или иные ограничения. Домен штатной эксплуатации может включать один или несколько режимов вождения, например, таких, как скоростное движение по магистрали и в плотном трафике в режиме старт-стоп.

На уровне У1 ДШЭ включает в себя только отдельные параметры, например, скорость, которая поддерживается системами круиз-контроля. На уровне 2 появляется возможность использовать область «дорога-автомагистраль», на уровне 4 полностью автоматизированное вождение осуществляется на закрытых территориях, например, кампусах, и только на уровне 5 появляется возможность использовать данные технологии повсюду, без ограничений. Соответственно, подзадачи динамической задачи управления также различны по уровням.

Для помощи водителю или для замещения его функций при выполнении задач управления ТС, применяются различные системы. Первый тип систем – это «системы активной безопасности», которые нацелены на помощь в управлении ТС (*Active Safety System* – ASS).

Это системы транспортных средств, которые определяют и контролируют условия внутри и снаружи ТС с целью выявления предполагаемых существующих и потенциальных опасностей для ТС, пассажиров и/или других участников дорожного движения, и автоматически вмешиваются, чтобы избежать или смягчить последствия потенциальных столкновений посредством различных мер, включая оповещение водителя, корректировку работы систем ТС и/или активное управление подсистемами ТС (тормоза, дроссель, подвеска и т. д.). Данный термин уже широко применяется в отечественной науке и практике, он находит свое место и в области высокоавтоматизированного транспорта.

Второй тип подобных систем – это системы, способные автоматизировать выполнение той или иной подзадачи управления. Первым, наиболее общим термином является «Система (технология) автоматизации вождения» (*Driving Automation System or Technology*) – это

аппаратное и программное обеспечение, которое способно выполнять часть или весь набор динамических задач управления на постоянной основе. Этот термин может быть использован для описания систем автоматизации вождения всех уровней. Вторым термином, определяющим процесс автоматизации управления, является: «Автоматизированная система вождения» (*Automated Driving System* – ADS) – это аппаратное и программное обеспечение, которое способно выполнять весь набор динамических задач управления на постоянной основе, независимо от того, ограничено ли оно конкретным Доменом штатной эксплуатации; этот термин используется специально для описания системы автоматизации вождения уровня 3, 4 или 5. Русскоязычным аналогом термина ADS может стать термин «автоматизированная система вождения (АСВ)».

Таким образом, в терминологии стандарта SAE автоматизация применяется к процессам управления движением ТС в различных условиях. Исходя из этого, стандарт предлагает такое определение ТС, способного перемещаться без вмешательства человека: «Транспортное средство, предназначенное для управления системами автоматизации» (ADS-*Dedicated Vehicle* или ADS-DV). Здесь имеется в виду транспортное средство, изначально спроектированное для работы под управлением систем автоматизации уровней У4 и У5.

С учетом вышесказанного данный тип транспортных средств может быть определен как «Высокоавтоматизированное транспортное средство (ВАТС)».

Для определения роли человека стандарт SAE вводит следующие термины.

«Водитель» (*Driver*) – пользователь, который выполняет в реальном времени часть или все подзадачи динамической задачи управления для конкретного транспортного средства[2].

«Пользователь, готовый перенять управление» (*Fallback-Ready User*) - пользователь находящегося в движении транспортного средства, оборудованного системами автоматизации 3 уровня (использующий их), готовый принять управление на себя по запросу системы. Как только пользователь принимает на себя часть или все задачи управления, он становится водителем[3].

«Пассажир» (*Passenger*) - пользователь транспортного средства, который не участвует в процессе управления. В системах 4-го уровня пользователь является пассажиром, пока выполняются условия домена штатной эксплуатации, этот же пользователь может стать водителем при выходе за пределы домена.

«Диспетчер» (*Dispatcher*) – участник процесса обеспечения движения транспортного средства, находящийся вне его, который подтверждает готовность транспортного средства и систем автоматизации вождения к эксплуатации. Диспетчер также может становиться удаленным (дистанционным) водителем. Только ТС уровней У4 и У5 могут контролироваться диспетчером.

Важным определением стандарта, которое необходимо использовать в отечественной нормативной базе, является «Подключенное ТС» (*Connected Car*) – транспортное средство, оборудованное системами связи, позволяющими передавать информацию о текущем состоянии ТС и окружающей обстановке другим ТС, в центры управления, на устройства дорожной инфраструктуры и другим пользователям, а также получать данные от указанных элементов.

Отметим, что предложенные авторами переводы терминов стандарта SAE и некоторые их отечественные аналоги включены в многоязычную терминологическую базу данных Организации Объединенных Наций (UNTERM) [5] и используются при официальных переводах на русский язык по профильной тематике.

---

[2] В транспортном средстве, оснащенном системой автоматизации вождения, водитель в процессе поездки может принять от системы или передать системе автоматизации выполнение части или всех подзадач управления.

[3] Данное определение наиболее близко к понятию «оператор», часто используемому в отечественной литературе.

Список литературы и использованных информационных ресурсов

1. Конвенция о дорожном движении (Вена, 8 ноября 1968 г.), с изменениями и дополнениями. [Электронный ресурс] // Справочная система ГАРАНТ. URL: http://base.garant.ru/2540357/ (дата обращения 21.02.2017)

2 SAE J3016 «Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems». [Электронный ресурс] // URL: http://standards.sae.org/j3016_201609/ (дата обращения 21.02.2017)

3 ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения». [Электронный ресурс] // URL: http://dokipedia.ru/document/5150744 (дата обращения 21.02.2017)

4. Словарь иностранных слов русского языка. [Электронный ресурс] // URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_fwords/10737/%D0%94%D0%9E%D0%9C%D0%95%D0%9D (дата обращения 21.02.2018)

5. The United Nations Terminology Database (UNTERM). [Электронный ресурс] // URL: https://unterm.un.org/UNTERM/portal/welcome (дата обращения 21.02.2017).

УДК 656.13
UDC 656.13

Обеспечение безопасности дорожного движения в Великобритании

* * *

Road Safety Ensuring in the UK

Донченко В.В., канд. техн. наук,
Съедин О.Н., канд. техн. наук,
Чебышев А.Е., канд. техн. наук

Донченко Вадим Валерианович, канд. техн. наук, научный руководитель ОАО «НИИАТ», тел. +7 (495) 496 5523, E-mail: donchenko@niiat.ru. Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24.

Съедин Олег Николаевич, канд. техн. наук, заведующий НИО «Проблемы подготовки водителей автотранспортных средств» ОАО «НИИАТ», тел. +7 (495) 496 6004, E-mail: sedin@niiat.ru. Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24.

Чебышев Алексей Евгеньевич, канд. техн. наук, вед. научный сотрудник, ОАО «НИИАТ» тел. +7 (495) 496 6004, E-mail: chebyshev@niiat.ru. Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

Donchenko Vadim Valerianovich, Ph.D., Scientific Director of Open Joint-Stock Company «NIIAT®», Phone +7 (495) 496 5523, E-mail: donchenko@niiat.ru
Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia.

Sedin Oleg Nickolaevich, Ph.D., Head of Research Department «Problems of Training of Drivers of Vehicles» of Open Joint-Stock Company «NIIAT®», Phone +7 (495) 496 6004, E-mail: sedin@niiat.ru
Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia.

Chebyshev Alexey Evgenyevich, Ph.D., Senior Researcher, Open Joint-Stock Company «NIIAT®», Phone +7 (495) 496 6004, E-mail: chebyshev@niiat.ru
Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia

Аннотация

Будучи одной из наиболее передовых стран мира по уровню безопасности дорожного движения, Великобритания представляет особый интерес с точки зрения изучения накопленного обширного опыта. В статье рассматриваются некоторые особенности правовой системы Великобритании в данной сфере, включая правила дорожного движения, организацию пассажирских перевозок, подготовку водителей и оценку их медицинской пригодности к управлению транспортными средствами

Ключевые слова: Великобритания; обеспечение безопасности дорожного движения; правила дорожного движения; условия выполнения пассажирских перевозок; подготовка водителей; медицинская пригодность водителя

Abstract

Being one of the most advanced countries in the world in terms of road safety, the UK is of particular interest from the point of view of learning its extensive experience. The article examines some features of the UK legal system in this area, including traffic rules, organization of passenger transportation, driver training and assessment of their medical fitness for driving vehicles

Keywords: UK; road safety; ensuring road safety; traffic rules; conditions for the performance of passenger traffic; driver training; medical fitness of driver

Обеспечение безопасности перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом является частью глобальной проблемы безопасности дорожного движения, которая решается комплексом различных мер как на международном, так и на национальном уровне. Международные нормы устанавливают мировые стандарты дорожного движения и его безопасности, служат ориентиром и обеспечивают правовые рамки, на основе которых отдельные страны могут разработать собственные законы и правила.

Конвенции ООН о дорожном движении 1949 и 1968 годов (далее – Венская Конвенция) [1, 2], Конвенция о дорожных знаках и сигналах 1968 года [3], являются наиболее пока-

зательными и эффективными примерами таких ориентиров, проверенных на практике. Сводная резолюция ЕЭК ООН о дорожном движении 2009 года [4] и Европейское соглашение 1971 года [5,6], которые дополняют Венскую Конвенцию 1968 года, предоставляют рекомендации по повышению безопасности дорожного движения (далее – БДД) и добровольной гармонизации национальных норм с международным законодательством.

В Европейских странах правила дорожного движения (ПДД), являющиеся приоритетными для обеспечения БДД, регулируются национальным законодательством, но большая часть положений их понятийного аппарата (например, дорога, транспортное средство, водитель и др.), требований к взаимодействию участников движения, прямо заимствована из Венской конвенции или базируется на других соглашениях, которые носят рамочный характер. Каждое государство по своему усмотрению развивает эти положения, стараясь им не противоречить.

Рассмотрим некоторые вопросы обеспечения БДД на примере Великобритании, которая по состоянию аварийности является одной из наиболее передовых стран не только Европы, но и всего мира. Например, один из важнейших критериев оценки состояния БДД – уровень социального риска, в 2015 г. в среднем по ЕС составил 5,2, а в Великобритании – 2,9 [7]. В России данный показатель в 2015 г. был равен 15,8 по официальной статистике МВД РФ.

Отличительная черта организации дорожного движения в Великобритании, которая сразу бросается в глаза, состоит в том, что на дорогах этой страны установлено левостороннее движение транспортных средств. Но основное отличие заключается в доказавшей свою эффективность на протяжении столетий правовой системе, которая в настоящее время органично включает в себя и обеспечение БДД на всех уровнях государственного управления.

Особенности принципа разделения властей закрепляются в праве Великобритании и реализуются в правоприменительной деятельности. При этом ее практика складывается таким образом, что каждая ветвь власти действует в соответствии со своим назначением, обеспечивая выполнение функций правового государства, и, прежде всего, защиту прав и свобод граждан. Особого внимания заслуживает опыт данной страны в распределении полномочий в сфере организации дорожного движения, которое строится на принципе децентрализации, а также на отдельных правовых мерах.

Регулированию вопросов организации дорожного движения в Великобритании посвящен ряд законодательных актов, среди которых отметим: Акт о регулировании дорожного движения от 26 июня 1984 года [8]; Акт о транспорте от 30 ноября 2000 года [9], его часть 3-я посвящена вопросам оплаты за пользование дорогами; Акт об управлении трафиком от 22 июля 2004 года [10], посвященный вопросам политики и администрирования парковочного пространства; Акт о муниципальном транспорте от 26 ноября 2008 года [11]. Данные правовые инструменты, в основном, формируют регулятивную базу в области организации дорожного движения в Великобритании.

Правила дорожного движения в Великобритании носят название «Дорожный Кодекс» (оригинальное название «*The Highway Code*», далее – Кодекс), его полная редакция содержится на сайте правительства страны [12]. Кодекс впервые был опубликован в 1931 году, последовательно совершенствовался, а последнее крупное изменение претерпел в 2015 году. Изменения происходили в соответствии с новыми представлениями о дорожном движении, например, треть объема (из 24 страниц) первого издания была посвящена указаниям регулировщика. В действующем Кодексе этой теме уделяется лишь одна страница из общего объема более 130 страниц. Начиная с 1974 г., все граждане и общественные организации могут участвовать в процессе внесения изменений в Кодекс, представляя свои предложения по определенной форме. История главного документа Великобритании в сфере дорожного движения свидетельствует о том, что Кодекс оперативно реагирует на изменения в законодательстве и жизни общества, проходя регулярную актуализацию (как и в случае с ПДД Российской Федерации – ПДД РФ).

Кодекс проходит процедуру утверждения в Парламенте Великобритании, но не является источником права, т.е. само по себе несоблюдение Кодекса не является правонарушени-

ем. Однако Кодекс может применяться в ходе судебного разбирательства для установления ответственности сторон. Обязательные правила содержатся в отдельных Законах, которые обычно предусматривают штрафы и иные наказания за нарушение установленного порядка.

Основная цель Кодекса – повышение безопасности дорожного движения, поэтому это не сухое изложение нормативных правил, как в российских ПДД, а подробный иллюстрированный свод правил безопасного поведения на дороге.

Кодекс применяется ко всем участникам дорожного движения – погонщикам животных, всадникам, пешеходам, велосипедистам, мотоциклистам и, разумеется к водителям. В Кодексе содержится информация о дорожных знаках, разметке, маркировке транспортных средств и безопасности дорожного движения. В приложениях приводится информация об обслуживании транспортных средств, требованиях к водительским лицензиям, документации, штрафах и безопасности транспортных средств. Ближайший аналог в Российском законодательстве – ПДД РФ в целом гораздо менее информативен и недостаточно нагляден.

В Великобритании отсутствует дорожная полиция в привычном для нас понимании этого термина (аналог ГИБДД). В случае ДТП на место выезжает наряд обычной полиции. Скоростной режим также контролируют обычные полицейские. Что касается прочих вопросов организации дорожного движения, то за них отвечает специальная служба – «инспекция дорожного движения», подчиняющаяся местному муниципалитету.

Скорость движения всех видов ТС в городах ограничена 48 км/ч (30 миль/ч). Вне населенных пунктов скорость мотоциклов, легковых автомобилей, фургонов до 3,5 т и автобусов – 80 км/ч; грузовых автомобилей свыше 7,5 т – 64 км/ч. Движение автобусов по улицам с двухполосным движением – 96 км/ч. На шоссе и автомагистралях допустимая скорость для мотоциклов, легковых автомобилей и автобусов – 112 км/ч; грузовых автомобилей с массой более 7,5 т – 96 км/ч. Водители не имеют право пользоваться мобильным телефоном без устройства «свободные руки».

Система дорожной разметки в Великобритании отличается высокой информативностью, и применяется повсеместно, заменяя собой ряд дорожных знаков, которых в целом несколько меньше, чем в других странах Европы (например, отсутствуют знаки «Главная дорога»). В городах отличительной особенностью является метод организации дорожного движения при помощи светофоров, переключаемых пешеходами. Места, где круглосуточно запрещена парковка, обозначены двойной сплошной линией, нанесенной у края проезжей части. Также места запрещения парковки обозначаются одинарной желтой линией, но в данном случае парковка может и разрешаться в соответствии со специальными письменными уведомлениями.

Следует отметить, что в Лондоне существует плата (пошлина), взимаемая с автомобилистов за въезд в центральную зону города. Пошлина направлена на уменьшение заторов и увеличение фондов капитального строительства транспортной системы Лондона. Она была введена в Центральном Лондоне 17 февраля 2003 года и расширена на западную часть Лондона 19 февраля 2007 года. Хотя это и не первый проект такого рода в Соединенном Королевстве, он был и остается одним из известных в мире. Множество городов по всему миру (в том числе, Москва) ссылались на опыт Лондона при создании собственных систем платного въезда в центральные районы города.

Плата взимается с понедельника по пятницу с каждого автомобиля за въезд в платную зону с 07:00 до 18:00. Размер сбора зависит от способа оплаты и лежит в пределах 10-14 фунтов стерлингов. Жителям платной зоны предоставляется скидка до 90 %.

Руководит проектом Департамент общественного транспорта Лондона, выступающий как публично-правовая корпорация и являющийся функциональным подразделением администрации Большого Лондона. Система работает на основе автоматического распознавания автомобильных номеров.

Решающую роль в успешном замещении личных автомобилей в Лондоне сыграли автобусы. В отличие от Рима и Афин, где въезд в центр города без особого успеха пытались ограничить с помощью права для автомобилей с четными номерами въезжать в четные дни

месяца, а с нечетными – в нечетные, в столице Великобритании удалось добиться бесперебойной работы городского транспорта.

Рассмотрим опыт этой работы на примере регулирования автобусных перевозок. Так, предусматривается лицензирование лишь коммерческих перевозчиков, всем остальным транспортным операторам нужно только разрешение.

Рынок автобусных перевозок в регионах (за пределами больших городов) является полностью свободным (дерегулированным), поэтому транспортным операторам приходится удовлетворять высоким стандартам по техническому уходу и эксплуатации автотранспортных средств, иметь хорошую репутацию, конкурентоспособность и быть финансово состоятельными. Поскольку операторы, в принципе, вольны сами определять маршруты и цены, то они должны представить свои предложения по расписанию и маршрутам движения.

Проверка соблюдения графиков следования, а также контроль состояния транспортных средств возложены на специальную организацию – «Транспортного комиссионера», представляющего из себя орган лицензирования операторов. Последние вправе вносить некоторые изменения в маршруты и расписания движения, но только предварительно оповестив об этом Транспортного комиссионера. Это требование гарантирует, что общество своевременно получит необходимые уведомления об изменениях в автобусном обслуживании, а также снижает возможности недобросовестной конкуренции путем незапланированного введения новых маршрутов и внезапного отказа от обслуживания старых.

В столице предусмотрены более жесткие условия выполнения перевозок, чем по стране в целом. Компания «Лондон-Транспорт» принимает решения по маршрутам, частоте, тарифу и требованиям к автотранспортным средствам, все автобусные перевозки в Лондоне осуществляются частными подрядчиками, контракты на использование маршрутов устанавливаются путем открытого тендера (обычно на 5 лет). Кроме того, любой оператор, уже имеющий лицензию, может подать заявление на специальную лицензию на перевозки в Лондоне. Если маршрут пересекает границу Лондона, он должен быть зарегистрирован дважды (и как перевозки по специальной лицензии в Лондоне и как местная перевозка по обычной лицензии).

Законодательство предусматривает антимонопольные меры: если оператор занимает 25 % или более сектора перевозок в Великобритании в целом или в каком-либо регионе страны, то его деятельность регулируется одновременно Комиссией по монополиям и слияниям. Операторы обязаны зарегистрировать ограничительное соглашение в антимонопольном органе.

К основным приоритетам государственной политики Великобритании в сфере обеспечения БДД, которые реализуются Министерством транспорта, относятся:

принятие подхода «*Vision Zero*» (нулевая терпимость к ДТП с жертвами);

защита уязвимых участников дорожного движения, включая пешеходов, велосипедистов, мотоциклистов путем улучшения инфраструктуры, организации дорожного движения, повышения безопасности ТС, осведомленности участников о рисках;

принятие жестких мер против превышения скорости, вождения в нетрезвом виде или после приема наркотиков, борьба с использованием персональных мобильных устройств при управлении ТС;

обеспечение режима тестирования и обучения водителей, который подготовил бы их к реальным условиям движения и потенциально опасным дорожно-транспортным ситуациям;

работа со страховыми компаниями для стимулирования безопасного поведения водителей и освоения новых систем помощи водителям, например, по предотвращению столкновений;

помощь работодателям в сокращении числа дорожных инцидентов, в том числе, за счет улучшения безопасности большегрузных и крупногабаритных грузовых автомобилей;

содействие разработкам технологий и внедрению подключенных и автономных транспортных средств для максимального повышения БДД;

предоставление полиции возможности использовать современные правоприменительные технологии, с обеспечением конфиденциальности законопослушных граждан (защиты личных данных).

работа в партнерстве с органами государственного и частного секторов экономики, и организациями гражданского общества для спасения жизней.

Особое внимание в Великобритании уделяется подготовке водителей. Принцип их допуска к управлению ТС реализован достаточно либерально, но обеспечен жестким контролем. Разрешена самоподготовка, однако после нее следует независимый экзамен, установленный государственным регулятором (Агентство по лицензированию водителей и транспортных средств, далее – Агентство), и состоящий из 6-ти этапов (напомним, что в России экзамен двухуровневый). Экзамен достаточно дорогой даже относительно высоких среднедушевых доходов страны; любая несданная часть экзамена (даже предпоследняя) означает обязательность пересдачи тестов с самого первого этапа, при этом сроки пересдач небольшие и также регулируются Агентством.

Группы обучившихся не водят на экзамен (как это принято в России), каждый желающий получить допуск к управлению ТС записывается на экзамен самостоятельно. В Европейском союзе считается, что это одна из действенных антикоррупционных мер.

Теоретический экзамен состоит из двух частей, выполняемых в строгой последовательности: вначале компьютерное тестирование по теории, и только в случае успешной сдачи производится допуск ко второй обязательной части – тесту на умение оценивать и предвидеть опасности. Разработаны и действуют несколько поколений таких тестов – от обычных картинок на бумажном носителе до видеофильмов в 3D и интерактивной анимации.

В Великобритании давно действует система штрафных баллов и дополнительного обучения водителей-нарушителей, которая доказала свою эффективность. Эта система применяется с 1982 года, хотя принцип, по которому повторные нарушения могут привести к лишению водительских прав использовался еще раньше. По британскому законодательству все нарушения правил дорожного движения считаются уголовными и обычно рассматриваются в судах по уголовным делам (здесь просматривается корреляция с тем, что эта страна десятилетиями входит в тройку мировых лидеров по БДД). Суды издавна имели право дисквалифицировать водителей – приказать им сдать водительское удостоверение и запретить выдачу новых удостоверений на определенный срок.

Вышеуказанные подходы к подготовке водителей работают вместе со сложившейся практикой административных наказаний и штрафов, а также страховой системой.

В Великобритании введена дополнительная оценка медицинской пригодности к управлению транспортными средствами водителей, уже получивших допуск к дорожному движению. Законодатели исходили из того, что здоровье человека с течением времени не улучшается, тем более это положение относится к водителям, чья работа общепризнанно является сложной, приводящей к значительно быстрому изнашиванию организма. Учитывая, что от водителя существенно зависит безопасность дорожного движения, совсем не праздным является вопрос: а пригоден ли водитель, выпущенный в рейс к управлению транспортным средством? Поэтому специальной директивой предписаны минимальные «Медицинские стандарты пригодности водителей к управлению транспортными средствами». Они дифференцированы по категориям ТС, разработана система их реализации на практике.

Европейским законодательством также установлены минимальные стандарты физической и психической пригодности для управления автотранспортными средствами, которым должны удовлетворять водители, как на момент получения водительского удостоверения, так и позднее. Согласно законодательству, всем врачам в ЕС вменено в обязанность руководствоваться вышеупомянутыми медицинскими стандартами.

В Великобритании в соответствии с общеевропейским законодательством заполненный вопросник о состоянии здоровья обязательно подается водителем одновременно с заявлением на обновление водительского удостоверения в Агентство. Дополнительно к общеевропейскому законодательству, если состояние здоровья водителя грузового автомобиля или

автобуса изменилось в худшую сторону, он обязан немедленно известить об этом Агентство. То же самое относится к водителям легковых такси (которые нормативными правовыми актами выделены в «профессионалы» из группы водителей легковых автомобилей с 1995 года).

В обязательном порядке декларирование состояния здоровья водителями всех категорий транспортных средств предписано водителям возрастом от 45 лет до 65 лет – каждые 5 лет, а водителям старше 65 лет – ежегодно. Декларация обязательно подписывается врачом (перечень медицинских учреждений и соответствующих врачей, допущенных к этой деятельности установлен государственным регулятором в сфере обеспечения БДД). Следует отметить, что декларант и врач несут одинаковую ответственность за недостоверные сведения (в Великобритании – это уголовная ответственность).

Пренебрежение информированием Агентства в Великобритании является уголовным правонарушением и наказывается штрафом до 1000 фунтов стерлингов (около 80 тысяч рублей на 01 декабря 2017 г.). При этом для водителей транспортных средств категорий C, C1, C+E, C1+E, D, D1, D+E, D1+E, а также водителей легковых такси (категории B, B1, B+E), водителей транспортных средств всех категорий с возрастом более 45 лет, используется расширенный вопросник о состоянии здоровья – к 33 позициям общеевропейской Декларации о состоянии здоровья добавлены еще 27 дополнительных пунктов.

Отметим, что меры по совершенствованию технических знаний и приемов управления автомобилей, контраварийная подготовка (приемы выхода из создавшейся аварийной ситуации) принесли существенное улучшение показателей безопасности дорожного движения. Более, чем 20-летняя практика подготовки водителей в Великобритании с акцентом на психологический аспект доказала эффективность данного подхода, о чем говорят высокие показатели безопасности дорожного движения в этой стране.

Список литературы и использованных информационных ресурсов

1. United Nations Economic Commission for Europe. Convention on Road Traffic, of 19 September 1949 and 8 November 1968. – Geneva, 1968

2. Конвенция о дорожном движении (Вена, 8 ноября 1968 г.), с изменениями и дополнениями. [Электронный ресурс] // Справочная система ГАРАНТ. URL: http://base.garant.ru/2540357/ (дата обращения 01.12.2017)

3. Конвенция о дорожных знаках и сигналах (Вена, 8 ноября 1968 г.), с изменениями и дополнениями. [Электронный ресурс] // Справочная система ГАРАНТ. URL: http://base.garant.ru/2540647/ (дата обращения 01.12.2017)

4. ЕЭК ООН. Сводная резолюция о дорожном движении. Записка секретариата. Женева 14 августа 2009 года. Документ ECE/TRANS/WP.1/123

5 United Nations Economic Commission for Europe. European agreement supplementing the 1968 Convention on Road Traffic, of 1 May 1971. – Geneva, 1971.

6. Европейское соглашение, дополняющее Конвенцию о дорожном движении 1968 года. Женева, 1 мая 1971 года (с изменениями и дополнениями, включая поправки, вступившие в силу 26 марта 2006 года). [Электронный ресурс] // URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/Agreement_road_traffic_RU.pdf (дата обращения 01.12.2017)

7. Европейская база данных о дорожных происшествиях. CARE [Электронный ресурс] // URL: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics_en (дата обращения 01.12.2017)

8. Акт о регулировании дорожного движения от 26 июня 1984 года (Road Traffic Regulation Act 1984). База законодательства Великобритании. [Электронный ресурс] // URL: http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1984/27/contents (дата обращения 01.12.2017)

9. Акт о транспорте от 30 ноября 2000 года (Transport Act 2000). База законодательства Великобритании. [Электронный ресурс] // URL: http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2000/38/contents (дата обращения 01.12.2017)

10. Акт об управлении трафиком от 22 июля 2004 года (Traffic Management Act 2004). База законодательства Великобритании. [Электронный ресурс] // URL: http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2004/18/contents (дата обращения 01.12.2017)

11. Акт о муниципальном транспорте от 26 ноября 2008 года (Local Transport Act 2008). База законодательства Великобритании. [Электронный ресурс] // URL: http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/26/contents (дата обращения 01.12.2017)

12. Дорожный Кодекс (The Highway Code). Сайт правительства Великобритании. [Электронный ресурс] // URL: https://www.gov.uk/guidance/the-highway-code (дата обращения 01.12.2017).

УДК 656.13.05
UDK 656.13.05

Совершенствование организации дорожного движения в очагах аварийности по критерию минимизации суммарных потерь

* * *

Improving the Traffic Management at Accident Clusters on the Basis of the Minimal Total Loss Criterion

Капский Д.В., д-р техн. наук, доцент, **Карасевич С.Н.**, канд. техн. наук, доцент

Капский Денис Васильевич, д-р техн. наук, доцент, заведующий научно-исследовательским центром дорожного движения, БНТУ.
Тел. (+375) 292 48 06; E-mail: d.kapsky@gmail.com.
Беларусь, 220027, Минск, просп. Независимости, 65.

Карасевич Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий научно-исследовательским сектором «Транспортное планирование и моделирование» ОАО «НИИАТ». Тел. + (495) 496 93 23; E-mail: s.karasevich@niiat.ru. Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев,24.

Kapski Denis Vasilyevich, Dr.Sci. (Habil.)., Associate Professor, HEAD of Research Center Road Traffic BNTU. Phone (+375 17) 292 48 06, E-mail: d.kapsky@gmail.com. Address: Prospect Nezavisimosti., 65, 220013, Minsk, Belarus.

Karasevich Sergey Nikolayevich, PhD, Associate Professor,Head of the Sector of Transport planning and simulation of Open Joint-Stock Company «NIIAT®». Phone: +7(495) 496 93 23; E-mail: s.karasevich@niiat.ru. Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia.

Аннотация

Рассмотрены вопросы повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности. Рассмотрена роль организации движения в повышении его качества, в т.ч. и безопасности. Приведены рекомендации по практическим подходам к выбору и обоснованию мероприятий, а также разработке проектных решений по повышению безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: организация движения, аварийность, безопасность движения

Abstract

The article describes some problems of improving road safety in urban centers of the accident rate. Recommendations regarding the practical approaches to the selection and the substantiation of the measures and design solutions for increasing the safety of road motion are development.

Keywords: road traffic management, road accidents, road safety

В ряде стратегических и программных документов вопросы обеспечения безопасности дорожного движения определены в качестве приоритетов социально-экономического развития страны. Обеспечение безопасности дорожного движения является составной частью задач обеспечения личной безопасности, решения демографических, социальных и экономических проблем, повышения качества жизни и содействия региональному развитию [1 – 5].

Путем проведения целенаправленных и системных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, основанных на снижении суммарных (аварийных, экологических и экономических) потерь, удается снизить тяжесть последствий аварийности. Для того чтобы повысить безопасность движения, следует любое проектное решение по организации дорожного движения оптимизировать по критерию снижения суммарных потерь, что повысит и совокупное качество дорожного движения [6 – 8].

Необходимо отметить, что рост бурный автомобилизации вызвал ряд проблем автомобильного транспорта, связанных с увеличением нагрузки на улично-дорожную сеть, особенно в городах. Снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения автомобилей, появились перегрузки, возросло количество аварий (рис. 1).

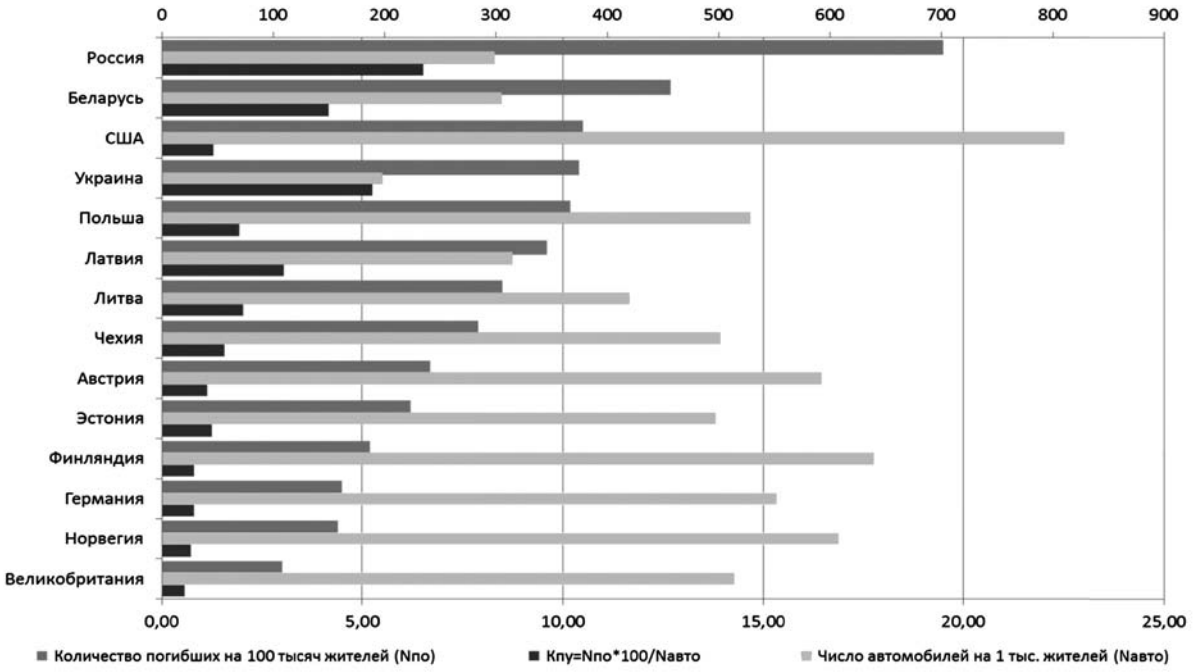
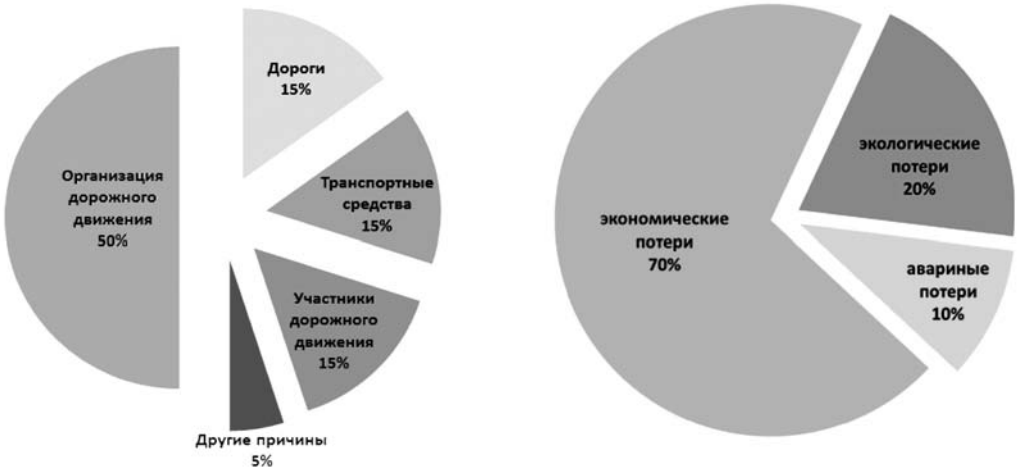


Рис. 1. Уровень аварийности и автомобилизации в некоторых странах (2011 год)

В связи с этим резко возросла роль организации движения (рис. 2*а*) в повышении его качества, определяемого совокупностью основных свойств – безопасностью, экологичностью, экономичностью и социологичностью (рис. 2*б*). Особенно это относится к транспортным системам городов, в которых приходит около половины всех дорожно-транспортных происшествий – ДТП. Но работы по повышению безопасности (его качества в целом) требуют дальнейшего совершенствования. При этом основная причина потерь – недостатки в организации движения (более 50 %, в том числе в крупных и крупнейших городах – до 75 %).



а *б*

Рис. 2 – Распределение потерь в дорожном движении:
а – по источникам, *б* – по видам потерь

Поскольку основной причиной ДТП являются недостатки в организации движения, то повышение безопасности должно осуществляться ее методами. Эти методы эффективны, оперативны и некапиталоемкие, а от их реализации можно ожидать значительных результатов. Однако работы по организации движения в транспортных системах городов ведутся не системно. В настоящее время безопасность, в основном, оценивается количеством учетных происшествий, а экономические, экологические и социальные потери, практически, не учитываются.

Повышение безопасности движения предусматривает следующие этапы работ:

1) выбор объекта исследования на основе топографического анализа (принимаются наиболее «тяжелые» по аварийности либо по уровню суммарных потерь или наиболее значимые объекты в транспортной системе города);

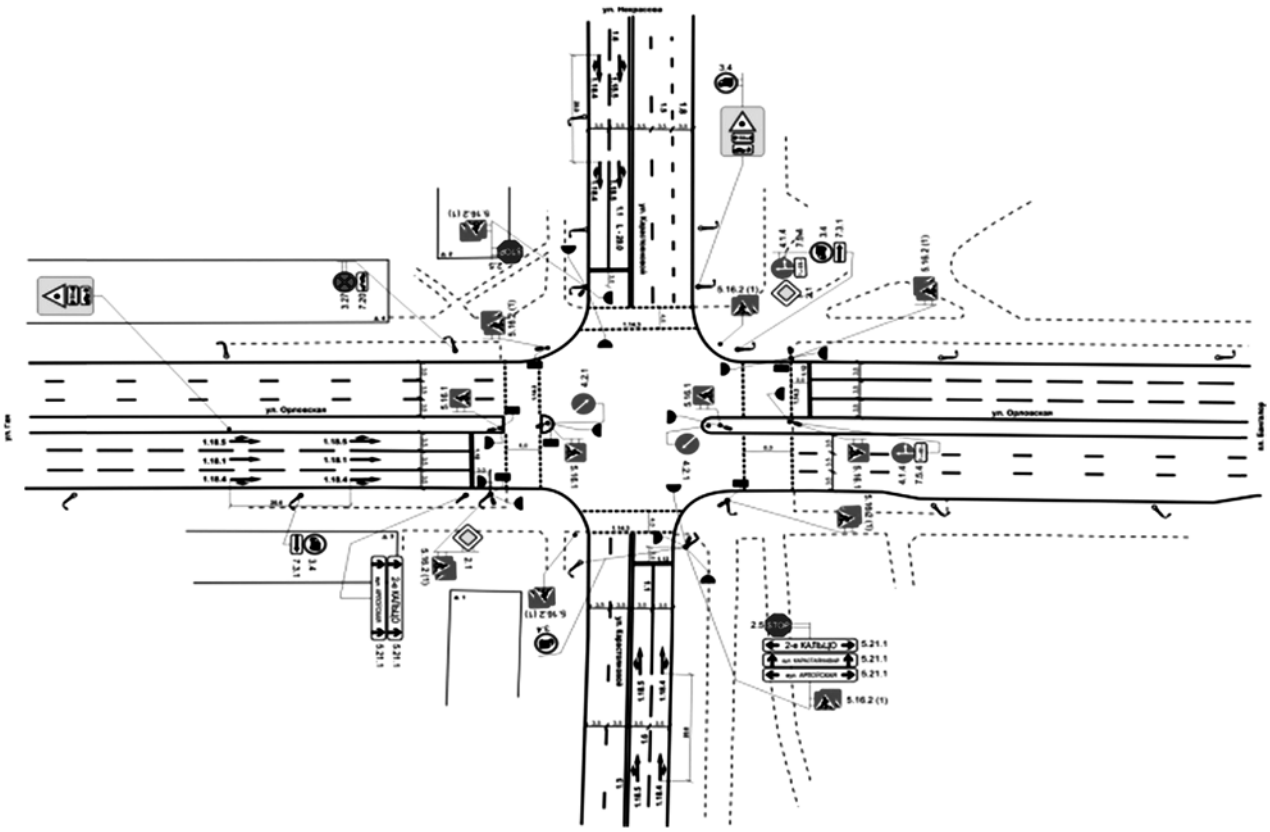
2) оценка существующего положения на объекте, включающая четыре процедуры: натурное обследование, определение исходных данных, расчет потерь, прогнозирование аварийности по методам конфликтных зон и конфликтных ситуаций с целью определения погрешности прогноза;

3) поиск и выбор решений, включающая три процедуры: очаговый анализ аварийности, предварительный поиск и выбор решений, оценка сопоставляемых решений по размеру потерь и выбор наилучших решений;

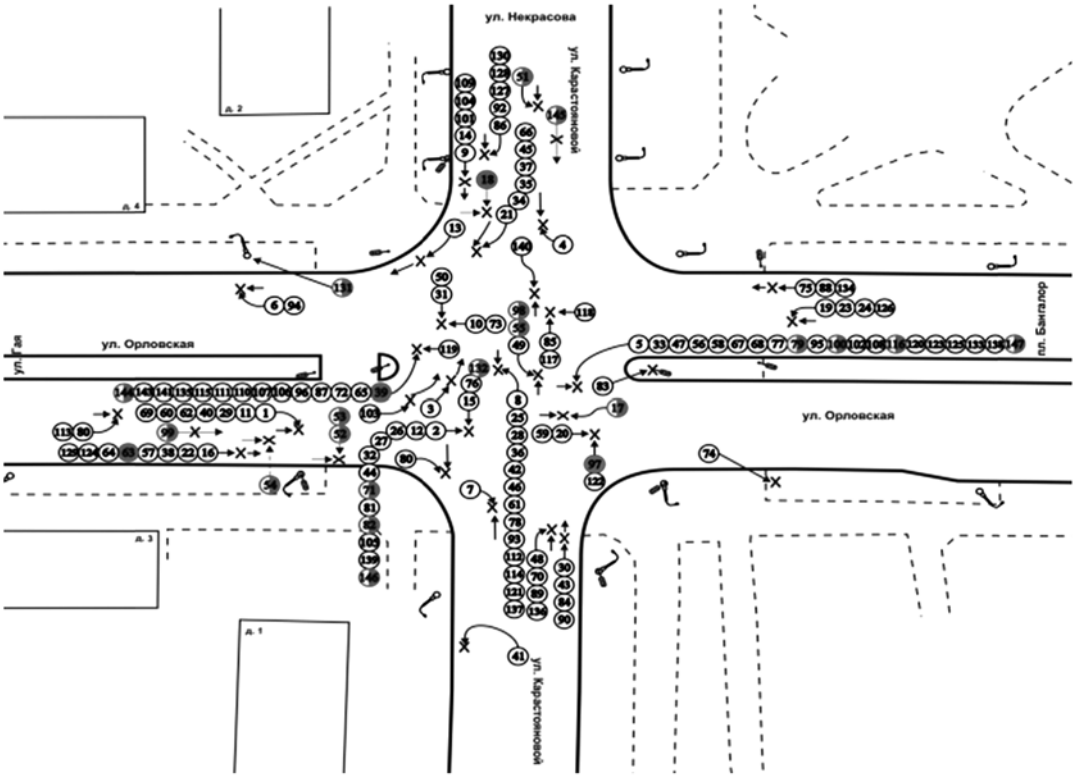
4) выбор и внедрение мероприятий проводятся исполнительной (эксплуатирующей) организацией на основе переданных ей наилучших решений, а также материально-технических, финансовых, организационных и иных возможностей этой организации.

В процессе внедрения осуществляется оперативная контрольная оценка аварийности при внедрении мероприятия, позволяющая выявить и устранить возможные недоработки или ошибки. Это возможно осуществить на основе метода конфликтных ситуаций.

На рис. 3*а* показана существующая организация дорожного движения (ОДД) на перекрестке магистральных улиц Орловской и Карастояновой в г. Минске, а на рис. 3*б* – аварийность, которой она характеризуется.



а)



б)

Рис. 3. Перекресток улиц Орловская и Карастояновой:
а) – существующая ОДД; *б)* – фрагмент очагового анализа

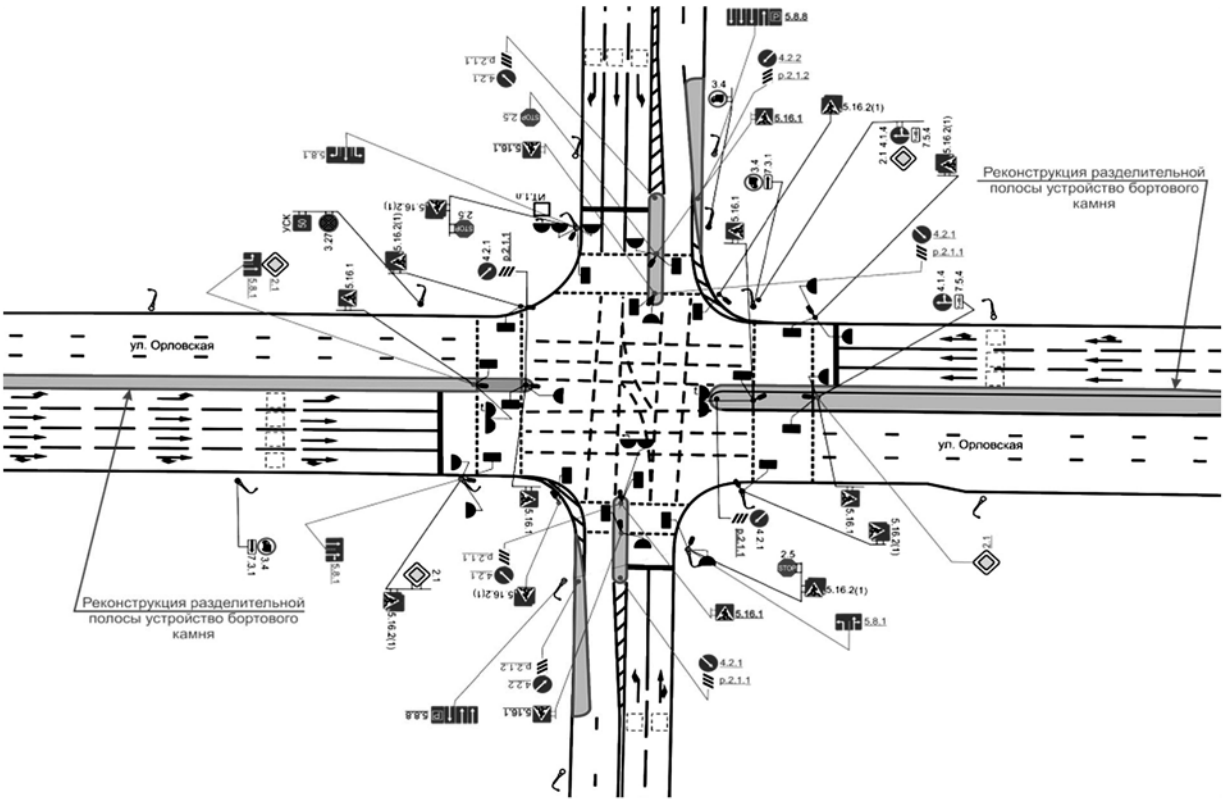


Рис. 4. Предлагаемый вариант ОДД на исследуемом перекрестке

Выполнена реконструкция светофорного объекта на пересечении данных улиц, проведены исследования, направленные на повышение качества дорожного движения на перекрестке, выполнена оптимизация светофорного регулирования (оптимизация светофорного цикла и введение левоповоротной секции светофора для поворачивающих автомобилей, движущихся со стороны ул. Гая); изменены геометрические параметры перекрестка (радиусы закруглений кромок проезжих частей, сужения в месте пешеходных переходов для размещения парковок, изменено число полос движения для различных транспортных потоков, выполнено уширение проезжей части за счет разделительной полосы с целью организации движения левоповоротных транспортных потоков; обустроены островки безопасности и т.д.) – рис. 4 и рис. 5.

Рис. 5. Фрагменты разработанных и реализованных мероприятий

Определены потери до (существующие) и после внедрения предлагаемых мероприятий (в т.ч. с учетом введения координированного регулирования на магистрали, что становиться возможным после внедрения предлагаемых мероприятий). Предложенные варианты переданы Заказчику, которые осуществил путем согласования выбор одного из них. Именно по этому варианту и производился полный проектный цикл работ. Разработанная проектно-сметная документация после прохождения государственной строительной экспертизы реализована – объект реконструирован. По результатам функционирования светофорного объекта наблюдается снижение аварийности (табл. 1).

Известно, что аварийности с пострадавшими на нерегулируемых пешеходных переходах остается уже более шести лет постоянна и держится на довольно высоком уровне. Повысить безопасность движения пешеходов можно различными способами, одним из которых является введение светофорного регулирования. Этот способ регламентирован (предписан) для таких участков действующими ТНПА.

Обоснование решения по введению светофорного регулирования осуществлялась по критерию минимизации суммарных (экономических, экологических и аварийных) потерь в

дорожном движении. В результате внедрения (для примера, а ул. Казинца) и последующего функционирования объекта общая аварийность снижена более чем в 10 раз, а аварийность с пострадавшими снижена на 100 % (табл. 2).

Таблица 1

Динамика аварийности на исследуемом перекрестке, ед. ДТП

Год	Всего ДТП	ДПТ с материальным ущербом	ДТП с пострадавшими		
			Всего	Ранено, чел.	Погибло, чел.
До реконструкции					
2003	21	19	2	1	1
2004	30	28	2	1	1
2005	27	21	6	5	1
2006	18	16	2	2	0
2007	22	18	4	3	1
2008	12	11	1	0	1
2009	13	11	2	2	0
2010	4	нет данных	4	4	0
Итого	147	124	23	18	5
После реконструкции					
2011	8	5	3	3	0
2012	5	4	1	1	0
2013	4	3	1	1	0
Итого	17	12	5	5	0

Таблица 2

Динамика аварийности на пешеходном переходе по ул. Казинца, д. 122, ед. ДТП

Год	Всего ДТП	Число ДТП с материальным ущербом	ДТП с пострадавшими		
			Всего	Ранено, чел.	Погибло, чел.
Нерегулируемый пешеходный переход					
2006	7	6	1	1	0
2007	8	5	3	3	0
2008	8	8	0	0	0
2009	13	12	1	1	0
2010	9	7	2	2	0
2011	10	8	2	2	0
Итого	55	46	9	9	0
После ввода в эксплуатацию светофорного объекта					
2012	2	2	0	0	0
2013	2	2	0	0	0
Итого	4	4	0	0	0

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют об эффективности применения методологии повышения безопасности дорожного движения в очагах аварийности.

Необходимо отметить, что в качестве альтернативного варианта может быть рассмотрен вариант устройства *Z*-образного пешеходного перехода (рис. 6), что еще более повышает безопасность пешеходов.

Рис. 6. Пример реализации *Z*-образного пешеходного перехода со светофорным объектом

На сети улиц возможно применение различных мер сдерживания скорости («*traffic calming*»). На рис. 7 показаны различные мероприятия, в том числе, выбрана альтернативная форма искусственной неровности в виде приподнятого нерегулируемого пешеходного перехода, сужения проезжей части в месте перехода пешеходами проезжей части, «зигзаг» и т.д.

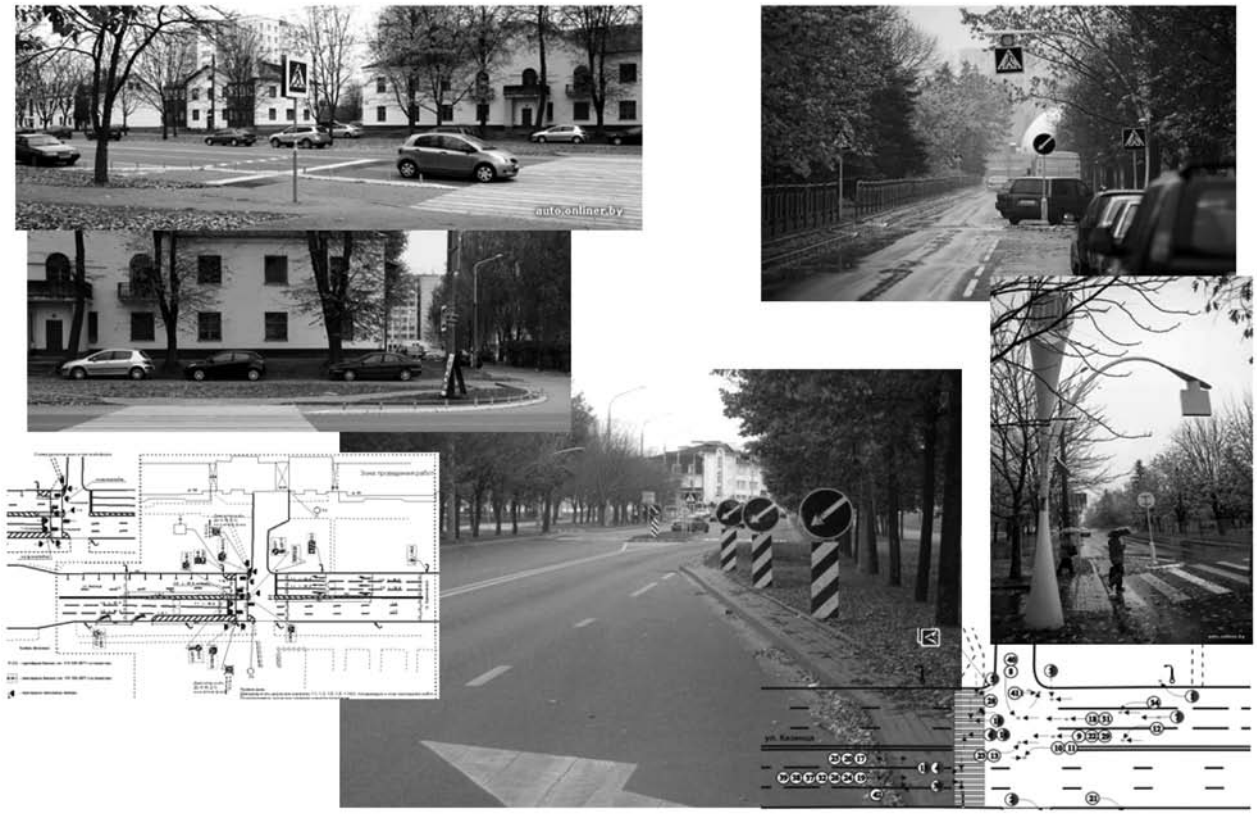


Рис. 7. Примеры использования различных мер «сдерживания скорости»

Например, на нерегулируемом пешеходном переходе по ул. Могилевская, д. 5, реконструированном в 2012 году, наблюдается снижение аварийности (табл. 3).

Таблица 3

Аварийность на пешеходном переходе по ул. Могилевская, д. 5, ед. ДТП

Год	Всего ДТП	Число ДТП с материальным ущербом	ДТП с пострадавшими		
			Всего	Ранено, чел.	Погибло, чел.
До внедрения					
2006	8	8	0	0	0
2007	14	14	0	0	0
2008	15	14	1	1	0
2009	10	9	1	1	0
2010	11	11	0	0	0
2011	10	9	1	1	0
Итого	68	65	3	3	0
После внедрения					
2012	3	3	0	0	0
2013	2	2	0	0	0
Итого	5	5	0	0	0

Любое решение по повышению безопасности движения оценивается по совокупному размеру потерь (суммарным потерям – аварийным, экономическим и экологическим) – рис. 8. При этом возможно сравнение вариантов по целесообразности их реализации. Например, на рис. 9 представлено сравнение вариантов ОДД, предусматривающих канализацию движения транспортных потоков посредством устройства конструктивно выделенных элементов (капиталоёмких) и с помощью дорожной разметки (не капиталоёмких) и т.п.

На рис. 10 представлено сопоставление сроков окупаемости способов повышения безопасности дорожного движения, различающихся их капиталоемкостью.

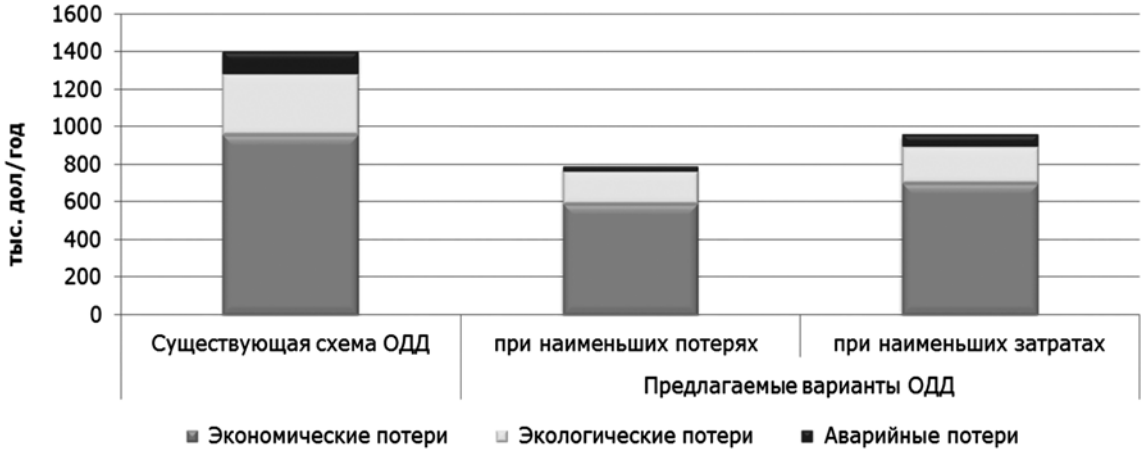


Рис. 9. Значения потерь при различных вариантах ОДД

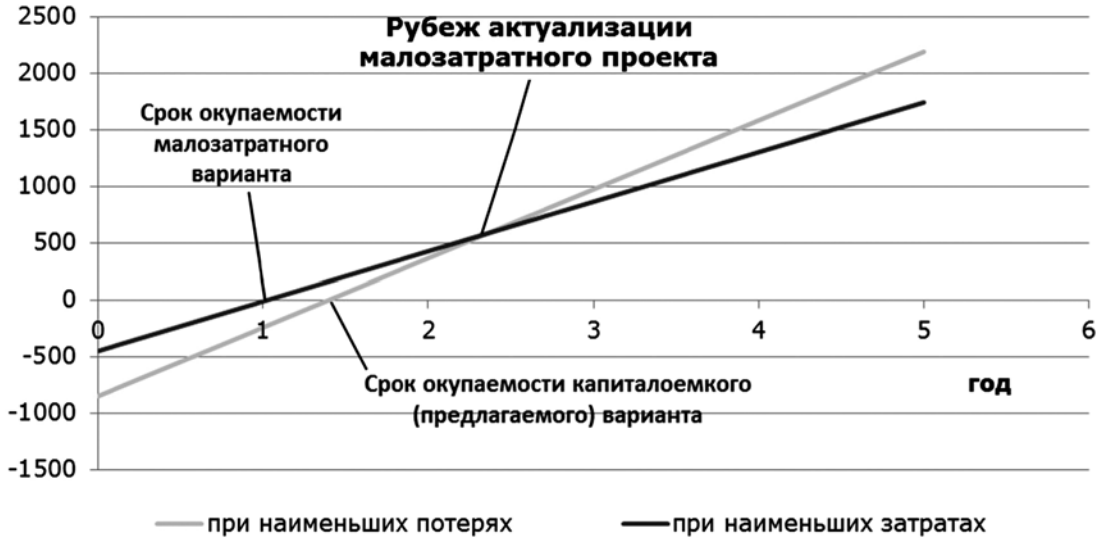


Рис. 10. Сравнение окупаемости мероприятий по повышению БДД

Применение предлагаемых подходов в совокупности обеспечивает разработку и внедрение рациональных мероприятий по повышению безопасности движения при одновременном снижении суммарных потерь и позволяет решить важнейшую социально-экономическую и научно-техническую проблему – повышение безопасности дорожного движения и создание эффективных транспортных систем городов. Как показали практические результаты применения изложенных подходов позволяет снизить аварийность на объектах внедрения вплоть до ликвидации очага аварийности и повысить совокупное качество дорожного движения не менее чем на 10 %.

Литература

1. Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения».
2. Федеральная целевая программа "Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах", утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 03.10.2013 № 864.
3. Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 9 октября 2007 г. № 1351.
4. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 14 июня 2006 г., № 757 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2006. – № 5/22459.
5. Государственная программа Российской Федерации "Доступная среда" на 2011 - 2015 годы, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2012 г. № 2181-р.
6. Донченко, В.В. Основные направления государственного регулирования в сфере организации дорожного движения и сбалансированного развития территориальных транспортных систем / В.В. Донченко [и др.]. – М.: НИИАТ, НТБ «ЭНЕРГИЯ», 2012. – 152 с.
7. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении: Монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006. – 240 с.
8. Справочник по безопасности дорожного движения. – М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2010. – 384 с.

УДК 656.13
UDK 656.13

Глобальный курс устойчивого (зеленого) развития и подходы к организации дорожного движения в городах

* * *

Global Sustainable (Green) Development Course and Approaches to the Organization of Traffic in Cities

Карасевич С.Н., канд. техн. наук, доцент

Карасевич Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент. Заведующий научно-исследовательским сектором «Транспортное планирование и моделирование» ОАО «НИИАТ». Тел.: + (495) 496 93 23; E-mail: s.karasevich@niiat.ru. Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев,24.

Karasevich Sergey, Ph.D, Associate Professor. Head of the Sector of Transport planning and simulation of Open Joint-Stock Company «NIIAT®». Phone: +7(495) 496 93 23. E-mail: s.karasevich@niiat.ru. Address: Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia.

Аннотация

В статье рассмотрены принципы поддержки «зеленого градостроительства» и обеспечения «устойчивой мобильности» в городах Российской Федерации. Разработаны рекомендации по развитию походов и проектных решений по обеспечению устойчивой мобильности в городах.

Ключевые слова: организация дорожного движения, проектные решения, уличное пространство, технические средства, безопасность дорожного движения

Abstract

The article describes the principles to support the "green urban development" and ensure "sustainable mobility" in cities of the Russian Federation. Recommendations regarding the development of the marches and design solutions by the guarantee of steady mobility in the cities are developed.

Keywords: traffic management, design solutions, street space, technical equipment, road safety

Проблемы защиты окружающей среды в городах, обеспечения устойчивой мобильности носит глобальный характер и является общим вызовом для многих городов, расположенных в странах с различными уровнями экономического и социального развития. В связи с этими обстоятельствами в современном мире наблюдается устойчивая тенденция к росту важности внедрения «зеленых» технологий и проектных решений в градостроительстве и в сфере организации дорожного движения (ОДД) в целях создания комфортных условий для жизнедеятельности людей и защиты окружающей среды. Все это проявляется в формировании глобального «зеленого» курса развития (построение и реализация принципов «зеленой экономики», «зеленого градостроительства» и «зеленого (устойчивого) транспорта»), который представляется весьма актуальным в качестве целевой установки для подходов к ОДД в городах Российской Федерации.

Содействие появлению экогородов и полноценного «зеленого» тренда в современном градостроительстве и ОДД активно поддерживается в ряде стран специальными проектами ПРООН/ГЭФ, Всемирного банка, ЕС и других организаций. Данная практическая деятельность предусматривает разработку и широкое внедрение планов зеленого градостроительства, реализацию различных пилотных инициатив по применению новаторских способов ОДД, тесно связанных с повышением энергетической эффективности, неразрушающим воздействием на человека и окружающую среду, построением «устойчивых городских транспортных систем» – рис. 1.

Рис.1. Глобальный тренд на устойчивое (зеленое) развитие

В настоящее время ни один город России не соответствует «зеленым» критериям устойчивого развития. Практика зеленого градостроительства и построения систем устойчивого транспорта в городах России крайне фрагментарна и носит единичный характер. В связи с этими обстоятельствами представляется актуальной разработка и реализация в Российской Федерации концепции (планов) зеленого градостроительства и построения устойчивых городских транспортных систем. В центре внимания этой концепции находятся следующие ключевые аспекты:

определения понятия и критериев зеленого города и устойчивой городской транспортной системы;

поддержка планирования и развития зеленых городов с системой устойчивого транспорта с учетом определения приоритетных направлений деятельности;

анализ существующих нормативно-правовых актов в контексте критериев зеленого градостроительства и обеспечения устойчивой мобильности;

внедрение (имплементация) лучших «зеленых» стандартов в градостроительной и транспортной деятельности.

Востребован глубокий общесистемный анализ прогрессивного мирового опыта в сфере обеспечения устойчивой мобильности и разработка руководства по зеленому (устойчивому) транспорту для городов и сельских поселений Российской Федерации, включая методики оценки эффективности ОДД и мониторинга снижения выбросов парниковых газов за счет реализации мер по обеспечению устойчивой мобильности в городах и поселениях. В центре внимания ОДД лежит переход к зеленым городам, устойчивой и безопасной мобильности.

В условиях стремительного роста уровня автомобилизации населения насущными являются мероприятия по ОДД, направленные на обеспечение устойчивой мобильности в городах, повышение БДД, привлекательности, демократизацию и гуманизацию пространств улиц. При этом актуальной является задача разработки проектных решений, которыми в своей совокупности достигается сочетание эффективности транспортных решений и превосходного общего городского облика улиц [1, 2].

Благоустройство улицы и дизайн ее пространств играет очень важную роль для обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) и рассматривается, как средство влияния на режим движения автомобилей.

Многофункциональная загруженность центров многих городов, несравнимая по своей напряженности с загруженностью других сопоставимых административных территорий, обуславливает их высокую привлекательность для целевых поездок населения. При этом

сложившаяся уличная сеть городских центров, зачастую, не справляется с возросшими автотранспортными потоками, что приводит к возникновению ряда острых транспортных проблем и снижению качества городской среды для передвижений. Эти проблемы в городских центрах обусловлены изначальной планировкой городских агломераций без учета возможности широкого использования большого количества автомобилей.

Учитывая складывающуюся дорожно-транспортную ситуацию и, как правило, многофункциональную и уникальную историческую специфику городских центров проектные решения, направленные на сдерживание автомобильной мобильности посредством организации приоритетного использования транспорта общего пользования и формирования комфортной среды для немоторизированных способов передвижения, представляются оправданными и в полной мере соответствует современному формату организации мобильности в городе [3].

Однако важно понимать, что избыточное подавление интенсивности автомобильных потоков на улицах и проспектах посредством сокращения полос движения и их сужения без должного развития систем и инфраструктуры общественного пассажирского транспорта ведет к неэффективности. Поэтому в проектных решениях должны быть предусмотрены достаточные компенсационные меры, обеспечивающие наличие надежно действующей системы общественного пассажирского транспорта, обслуживающего объекты притяжения. Разрабатываемый комплекс компенсационных мер должен учесть и удовлетворить требуемые объемы транспортного спроса и обеспечить необходимую пропускную способность путей сообщения.

В современных условиях во многих случаях проектные решения должны быть направлены оздоровление окружающей среды посредством масштабного озеленения, улучшения качественных характеристик пешеходной инфраструктуры, преодоления образовавшегося дисбаланса между разными видами перемещений (пешеходным и автомобильным движением), создание более комфортной и безопасной среды обитания участникам дорожного движения и улучшение визуального облика улиц. В данном случае социально значимые ценности доминируют над проектными решениями, предусматривающие неограниченный доступ индивидуальных автомобилей в уличное пространство. При этом актуальна и должна позиционироваться общая целевая установка на уменьшение транзитной роли уличной сети городского центра в транспортной системе города, что способствует снижению уровня отрицательного воздействия автомобильного транспорта на городскую среду на данной территории.

Комфортность урбанизированной среды в значительной степени определяется наличием развитой системы пешеходных связей и пространств. Уличная сеть центров городов в сочетании с примыкающими переулками, как правило, представляет несомненный интерес для пешеходов и велосипедистов. Поэтому в проектных решениях должно быть уделено достаточное внимание развитию пешеходных пространств и учтены потребности маломобильных категорий населения. При этом актуальны к реализации концептуальные идеи по конструктивному обособлению транспортных и пешеходных путей сообщения.

В ходе разработки проектных решений должно быть предложено чёткое функциональное зонирование автомобильных путей сообщения, пешеходной и велосипедной зоны, элементы безбарьерной среды, концепция озеленения и дизайна. Применение унифицированных типовых конструкций и материалов создает благоприятный контраст фонов, четкое зонирование и обеспечивает создание единого стиля городского окружения на рассматриваемой территории. К примеру, озеленение в буферной зоне обособляет пешеходную зону от автомобильной, возвращает прогулочную функцию улице.

Концептуальная направленность на активизацию пешеходного движения на улице и создание более комфортных и безопасных условий для передвижений пешком способствует развитию туристических, культурных и других функций улицы в городской среде. Выполненный анализ видов активностей и приоритетов пешеходов на улице должен качественно отражать актуальность и целесообразность предложенных концепций и проектных решений.

Развитие пешеходных пространств может достигается посредством расширения тротуаров, организации рекреационных зон, рационализации (упорядочения) и перераспределения парковочных мест, сужения проезжей части и другими способами. Актуально появление (создание) пересечений улиц нового типа в виде пространств совмещенного использования пешеходами, велосипедистами и автотранспортом, которые хорошо зарекомендовали себя ряде городов в России и за рубежом [5].

Приподнятое над уровнем проезжей части пространство совмещенного использования и одновременно с этим расположенное в одном уровне с тротуаром способствует упорядочению скорости движения автомобилей, и данная мера обеспечит дополнительную безопасность пешеходов и велосипедистов в транспортных узлах. В пространствах совмещенного использования могут эффективно предусматриваться заградительные столбики (болларды) с подсветкой, обеспечивающие БДД и направляющие движение пешеходов.

Аналогичным образом принудительное сдерживание скорости движения автомобилей может достаточно эффективно поддерживаться сооружением приподнятого на уровень тротуара пешеходного перехода.

Для уличной сети малых и средних городов актуально введение ограничения максимальной скорости движения автотранспортных средств до 50 км/ч и менее, что оправдано практикой ОДД и способствует снижению тяжести последствий в случае ДТП, в особенности связанных с наездами автомобилей на пешеходов и велосипедистов.

С позиций обеспечения БДД следует обеспечить соблюдение требуемых условий видимости транспортных средств и пешеходов во всех конфликтных зонах.

В проектных решениях следует адекватно учесть сезонность социальной активности пешеходов и велосипедистов.

Нередко, когда сложившиеся условия дорожного движения на улице характеризуются стесненными условиями движения пешеходов из-за несоответствия интенсивности пешеходного потока пропускной способности тротуаров на линейном участке. Отмечается конфликтное (потенциально опасное) взаимодействие автотранспортных средств и пешеходов, как на линейном участке улицы, так и в узлах (на перекрестках и т.д.) вследствие наличия недостаточно ограниченного доступа автомобилей к территориям пешеходных пространств. С учетом данных обстоятельств должен быть предусмотрен ряд проектных решений, которые реализуются посредством физических мер, направленных на предотвращение случайного или намеренного заезда автотранспортных средств на территорию пространств для пешеходов и велосипедистов. Эти меры служат для обеспечения приоритетного и безопасного движения незащищенных участников движения.

В центре внимания находится построение и формирование общей безбарьерной среды на рассматриваемых линейных объектах, а именно доступных логистических путей и цепочек передвижений ко всем объектам притяжения для лиц, обладающих ограниченной мобильностью. Для данной категории участников движения важно применение соответствующих технических средств (визуальных и звуковых указателей и средств, устройство тактильных плит, пандусов и т.д.) на проектируемых объектах.

Подлежит своему эффективному решению задача обеспечения надлежащей интуитивной навигации пешеходов на улицах и примыкающих к ней переулках, т.е. организация направлений пешеходного перемещения по специально обустроенному для данных целей пространству, а также ограничений присутствия пешеходов на отдельных опасных участках, либо участках, не предназначенных для пешеходного перемещения. С помощью разных типов мощения может быть удачно организовано направление движения потока пешеходов, а также при помощи ограждающих конструкций, возможно зеленой изгороди (элементов контейнерного озеленения) и других малых архитектурных форм. При этом инструменты интуитивной навигации не должны создавать препятствий для свободного перемещения пешеходов на территориях свободных пространств, включая маломобильных граждан.

Важным аспектом является наличие велосипедной инфраструктуры – велодорожек и велопарковок. Разрабатываемыми проектными решениями должна быть обеспечена необхо-

димая непрерывность велосипедных связей в периметре проектирования, а также учтены перспективы развития данных связей. Следует обеспечить интеграцию проектируемых велосипедных маршрутов в единую непрерывную городскую сеть. Велопарковки целесообразно предусмотреть у всех объектов притяжения велосипедов по маршрутам следования. Дислокация приобъектовых велопарковок может быть оптимизирована в дальнейшем в заявочном режиме. При планировании велосипедной парковок необходимо предусмотреть достаточно места для того, чтобы, не создавая помех другим участникам движения, велосипедисты могли спешиться, разгрузить свои велосипеды, а отъезжая погрузить багаж, и начать движение. Велопарковки целесообразно предусмотреть в конструктивном исполнении, обеспечивающим защиту от атмосферных осадков.

Перестройка уличной сети городов с учетом приоритетов и интересов пешеходов и велосипедистов — это современный мировой тренд. Изменения, связанные с развитием инфраструктуры для активных пеших прогулок и поездок на велосипеде эффективно обеспечивают снижение зависимости от использования индивидуальных автомобилей и стимулирование экологичной мобильности.

Зачастую, уличная сеть обладает значительным туристским потенциалом. Создание вело-пешеходных пространств с высоким уровнем качества среды во многом способствует развитию позитивной социальной активности на улицах, повышению их привлекательности для горожан и уровня БДД. В комбинации с привлекательными общественными пространствами, объединяющими объекты историко-культурного наследия и зеленые области, велопешеходные пространства организуют и гармонизируют среду городских улиц.

Необходимо помнить о том, что наличие дополнительных благоустроенных парковочных мест на уличной сети также имеет большую практическую значимость и полезность. В рамках формирования парковочного пространства на улице следует учесть изменения попадания солнечного света (затененности мест парковки) на припаркованные автотранспортные средства в зависимости от времени года, что является значимым фактором.

Сложившаяся практика свидетельствует о том, что дерегулирование и свободный доступ к инфраструктуре в условиях дефицита пропускной способности сети в крупных городских агломерациях нерациональны. Следует позиционировать стандартный для мировой практики принцип – «свобода перемещений, а также свобода доступа к территориям общего пользования распространяется на физических лиц, но не на принадлежащие этим лицам транспортные средства». Вследствие высокой концентрации различных объектов притяжения и деловых активностей в городских центрах создание ограничительных условий использования автомобилей, обладающих низкими провозными возможностями, является весьма актуальной практической задачей.

Дорожное движение в значительной степени является саморегулируемой системой и можно ожидать относительно быструю адаптацию к новым условиям движения в результате реализации предложенных проектных решений по преобразованию (реорганизации и реконструкции) уличных пространств в городах.

Перспективная оптимизация проектных предложений по благоустройству уличной сети городов по части транспортных решений представляется целесообразной на основе применения средств компьютерного моделирования на проектируемом объекте. Реализация данного подхода позволит повысить совокупное качество принятых решений за счет объективной оценки и надежных прогнозов развития дорожно-транспортной ситуации, что, в конечном счете, даст возможность своевременно принять необходимые корректирующие воздействия [1, 6-8].

Литература

1. Карасевич С.Н. / Развитие принципов и подходов к обеспечению устойчивой городской мобильности и безопасности дорожного движения // С.Н. Карасевич // «Проектирование эффективных систем организации дорожного движения»: сборник докладов науч.-практич.

конф., МАДИ-ГТУ, Москва, 7 декабря 2016 г. ; редкол.: В.В. Донченко [и др.] – Москва: НИИАТ, МАДИ-ГТУ, 2016. – С. 14–15.

2. Карасевич, С.Н. На пути к главной цели / С.Н. Карасевич, С.А. Аземша, А.Н. Старовойтов // Дорожная Держава. Изд-во: ООО «Отраслевая медиа-корпорация «Держава» (Санкт-Петербург) – 2015. – № 64/2015. – С. 52–57.

3. Карасевич С.Н. Снижение потерь в дорожном движении применением в планировочной практике зон успокоения движения / С.Н. Карасевич // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 27-28 окт. 2012 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 66–67.

4. Карасевич С.Н. Организация дорожного движения в школьных зонах / С.Н. Карасевич, С.А. Аземша // «Организация и безопасность дорожного движения»: Материалы X Научн.-практ. конф. (с межд. участием) в 2-х томах, Тюмень, 16 марта 2017 г.; отв. ред.: Д.А. Захаров [и др.] / ТюмГНГУ. – Тюмень, 2017. – С. 180–185.

5. Карасевич С.Н. Применение зон совмещенного использования для повышения качества организации дорожного движения в городах / С.Н. Карасевич // «Транспортное планирование и моделирование»: сборник научных трудов Междунар. научн.-практ. конф., Санкт-Петербург, 26-27 мая 2016 г.; редкол.: А.И. Солодкий [и др.] / Ассоциация транспортных инженеров (АТИ), Санкт-Петербургский госуд. архит.-строит. ун-т (СПбГАСУ). – Санкт-Петербург, 2016. – С. 67–73.

6. Карасевич, С.Н. Моделирование движения транспортных потоков в зонах с ограниченной скоростью движения / С.Н. Карасевич // Научн. вест. автомоб. т-та / НИИАТ. – Москва, 2013. – Вып. 6 (июнь). – С. 23–36.

7. Карасевич, С.Н. Применение имитационного моделирования для оценки организации движения на дорогах с участками ограничения скорости / С.Н. Карасевич, Д.В. Рожанский // Проблемы безопасности на транспорте: материалы IV Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 15-16 ноября 2007 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 20–22.

8. Карасевич С.Н. / Разработка модели транспортного узла в составе КСОДД городского округа // С.Н. Карасевич, В.М. Еремин, А.М. Бадалян, С.А. Аземша // «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы»: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 25-28 мая 2016 г. ; редкол.: В.А. Головко [и др.] – Брест: БрГТУ, 2016. – С. 193–197.

УДК 656.13
UDC 656.13

Моделирование времени транспортных передвижений пассажиров в городах

* * *

Simulation of Passenger's Transport Movement Time in Cities

Спирин И.В., д-р техн. наук, профессор

Спирин Иосиф Васильевич, д-р техн. наук, профессор. Главный научный сотрудник ОАО «НИИАТ». Тел. +7(495) 496-9345, Email: ivspirin@yandex.ru. Адрес: Россия, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24.

Spirin Iosif Vasylievich, Professor, Dr.Sci. (Habil.). The Chief scientist of Open Joint-Stock Company «NIIAT®». Phone +7 (495) 496-9345, Email: ivspirin@yandex.ru. Address: Geroyev Panfilovtsev str., house 24, 125480, Moscow, Russia.

Аннотация

Рассмотрено моделирование затрат времени на транспортные передвижения в городах. Представлены результаты экспериментальных исследований затрат времени пассажиров. Обсуждены возможности снижения затрат времени пассажиров на поездки.

Ключевые слова: транспортная доступность, качество обслуживания, измерение доступности, нормирование доступности

Abstract

Simulation of passenger's transport movement time in cities are considered. The results of experimental research of investment of time passengers are represented. The possibility of reducing the amount of time required for passengers on trips are discussed.

Keywords: transport accessibility, quality of service, measurement of availability, rationing of availability, rationing availability

Введение

Затраты пассажирами времени на совершение поездок по городским маршрутам транспорта общего пользования являются основным показателем качества транспортного обслуживания населения городов. Время является одним из наиболее ценных ресурсов [2]. В этой связи методология определения затрат на поездки времени представляет особый интерес для разработчиков и пользователей документов планирования перевозок пассажиров. В настоящей статье обобщаются научные разработки в области моделирования затрат времени пассажиров на поездки.

1. Структура затрат времени на транспортные передвижения в городах

Общая эффективность транспортной системы по затратам пассажирами времени на передвижения выражается отношением среднего времени передвижения с помощью транспорта к среднему времени пешеходного передвижения между одноименными пунктами отправления и прибытия.

При оценке качества обслуживания пассажиров городского пассажирского транспорта (ГПТ) рекомендуется использовать коэффициент относительных затрат времени на передвижение пассажира, представляющий собой отношение нормативного времени к среднему фактическому. Нормативное время определяется исходя из совершения поездки по прямой со скоростью сообщения, характерной для рассматриваемого вида ГПТ, и с учетом пешеходных передвижений с предельной дальностью подходов к ближайшему остановочному пункту на маршрутной сети и передвижения от остановочного пункта прибытия до цели поездки, соответствующей сложившейся застройке, но не более 500 м для каждого из таких пешеходных передвижений.

Образцовым считается уровень обслуживания, при котором коэффициент относительных затрат времени на передвижение пассажира не менее 1. Хорошему уровню обслу-

живания соответствует значение 0,92, удовлетворительному – 0,75. Меньшие значения свидетельствуют о неудовлетворительном обслуживании пассажиров [5].

Фактические затраты времени на поездку в городах России не соответствуют нормативам, вследствие чего необходимо проведение организационных и технологических мероприятий, направленных на снижение затрат времени пассажиров на поездки. Адресность осуществления таких мероприятий определяется структурой затрат времени на совершение поездки, то есть поэлементным его составом и удельным весом отдельных элементов в общих затратах времени на поездку.

Общие затраты времени на поездку складываются из следующих элементов затрат времени:

пешеходные передвижения от места начала транспортного передвижения к остановочному пункту посадки пассажира в транспортное средство и от остановочного пункта прибытия до цели транспортного передвижения (пешеходные подходы);

ожидание посадки в транспортное средство;

следование в транспортном средстве по маршруту;

совершение пересадок (для части сетевых поездок, которые осуществляются с пересадками).

В связи с последним из указанных элементов затрат времени следует учитывать, о какой именно поездке идет речь – сетевой или маршрутной. Под сетевой понимают поездку "от двери до двери" (то есть, включая все пересадки), а под маршрутной – отдельное передвижение на определенном маршруте. Число сетевых поездок меньше, чем число маршрутных поездок на коэффициент пересадочности $К_п$ [10].

Беспересадочные сообщения возможны лишь в малых городах, преимущественно возникших на узле дорог (рис. 1), когда число транспортных связей невелико.

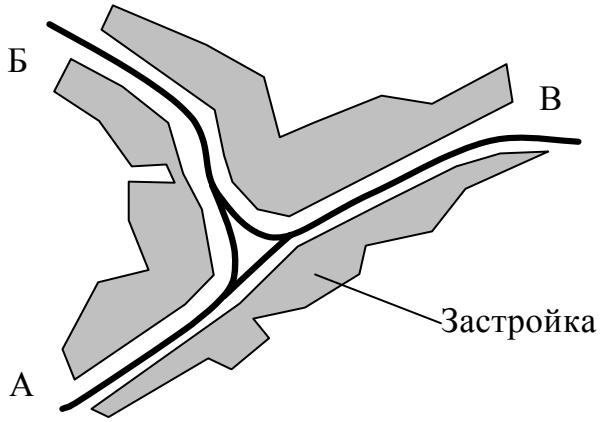


Рис. 1. Возможные маршруты в небольших городах, возникших на узле дорог:
А – Б; Б – В; А – В

Число связей определяется общим числом возможных транспортных корреспонденций между каждой из пар транспортных микрорайонов, на которые разделена территория города. Общее число корреспонденций *К* быстро увеличивается по мере роста числа микрорайонов *n*:

$$K = 0{,}5 \cdot n\,(n - 1).$$

При совершении пересадки требуется время на переход пассажира к остановочному пункту маршрута продолжения поездки и время, затрачиваемое на ожидание посадки в транспортное средство этого маршрута. В большинстве случаев затраты времени на переход между остановочными пунктами наземного ГПТ невелики, и их можно не принимать во внимание в практических ситуациях. Если время на совершение указанного перехода более 2 мин, его следует учитывать в соответствии с реальным положением. Если поездка совершается с исполь-

зованием наземного ГПТ и метрополитена, то следует учитывать затраты времени пассажира на вход на станцию метрополитена и выход из метрополитена.

Среднее время на подход пассажира от места начала передвижения к остановочному пункту отправления и среднее время на отход пассажира от остановочного пункта прибытия до цели передвижения в среднем равны между собой вследствие цикличности передвижений среднестатистического пассажира по территории города.

С учетом сказанного общие затраты времени T на совершение сетевой поездки на наземном ГПТ

$$T = 2\ T_{пх} + (T_{ож} + T_{сл})\ К_{п}$$

где $T_{пх}$ – средние затраты времени на пешеходный подход от места начала передвижения к остановочному пункту посадки[1], мин; $T_{ож}$ – средние затраты времени на ожидание посадки в транспортное средство, мин; $T_{сл}$ – средние затраты времени на следование в транспортном средстве при выполнении маршрутной поездки, мин.

Примерное распределение средних затрат времени на поездки в городах различной людности (табл. 1) определяет следующие особенности:

доли пешеходных передвижений, времени на ожидание посадки и совершение пересадок в общих затратах времени на поездку существенно увеличиваются по мере повышения людности города;

основным по величине элементом затрат времени на поездку во всех городах является время следования по маршруту.

Таблица 1

Примерные средние затраты времени на сетевую поездку
по усредненным данным исследований, мин (процент)

Показатель	Крупные города	Большие города	Малые города
Средние затраты времени на поездку	53	45	32
В том числе:			
– пешеходные передвижения	4 (8)	5 (11)	5 (16)
– ожидание посадки и пересадки	8 (15)	9 (20)	10 (31)
– следование по маршруту	41 (77)	31 (69)	17 (53)

Между отдельными элементами затрат времени на поездку существуют определенные взаимосвязи.

С увеличением средней длины перегона на маршруте изменяются затраты времени на пешеходные передвижения, скорости движения подвижного состава и время следования пассажира в подвижном составе. Рациональная средняя длина перегона, установленная по исследованиям [1, 6, 8 и др.], выполненным в XX столетии, составляет 400 … 500 м. Эта норма для средней длины перегона была определена по критерию минимума затрат времени пассажиров на передвижение. При этом учитывались два эффекта противоположного действия:

с одной стороны, при увеличении средней длины перегона на маршруте сокращается число остановочных пунктов, вследствие чего увеличивается скорость сообщения. Это приводит к уменьшению общих затрат времени на поездку за счет элемента "следование по маршруту";

с другой стороны, при увеличении длины перегона возрастают затраты времени на пешеходные подходы пассажиров к остановочным пунктам на маршруте, что вызывает увеличение общих затрат времени на поездку за счет элемента "пешеходные передвижения".

[1] Сомножитель 2 учитывает такое же время, затрачиваемое на пешеходное передвижение от остановочного пункта прибытия до цели поездки.

В настоящих условиях перевозчики ГПТ вынуждены исходить, прежде всего, из собственных экономических интересов. Поэтому практический интерес представляет установление рациональной средней длины перегона на маршрутах ГПТ по критерию минимума приведенных издержек перевозчика. С увеличением длины перегона расходы на пробег сокращаются, но наблюдается также отток наиболее выгодных для перевозчика короткоследующих пассажиров. Поэтому рассматриваемая задача может ставиться и решаться как оптимизационная. Расчеты показали, что экономически эффективная для перевозчика длина перегона составляет около 600 м.

Рациональную плотность транспортной сети, то есть протяженность транспортных линий, приходящихся на 1 км^2 селитебной площади города, определяют с учетом минимальных градостроительных нормативов [12, 13, 14]. При этом естественным ограничением выступает сложившаяся плотность улично-дорожной сети города и его отдельных районов. Рациональная плотность транспортной сети для крупных городов по рекомендациям [9, 12] составляет 2 …3 км$^{-1}$, причем в центральной части городов она может быть увеличена до 4 …6 км$^{-1}$. Для малых городов и поселков городского типа плотность транспортной сети может быть менее 2 км$^{-1}$.

Следует учитывать, что одновременно с увеличением средней длины перегона при прочих равных условиях сокращаются затраты времени на ожидание посадки. Это происходит вследствие уменьшения времени оборотного рейса на маршруте. При нерегулярном движении транспортных средств за время больших интервалов между соседними выходами[2] на остановочных пунктах накапливается число пассажиров, превышающее расчетную величину. В результате увеличивается время на совершение пассажирообмена, что приводит к снижению скорости сообщения и увеличению затрат времени пассажира на следование по маршруту.

В некоторых случаях наблюдается явление сближения двух смежных выходов из-за накапливающегося отставания от расписания движения первого из них и опережения расписания движения (нагона) вторым. Указанное опережение расписания объясняется тем, что число пассажиров, ожидающих второе транспортное средство, и соответствующее время пассажирообмена становится меньше расчетного значения. Таким образом, по мере движения к последующим остановочным пунктам, происходит сближение смежных выходов, они собираются в пары.

На образование пар транспортных средств определенное влияние оказывает также циклический режим работы средств регулирования дорожного движения. В результате увеличивается как время ожидания посадки, так и время следования пассажиров по маршруту [9].

Взаимное влияние различных элементов затрат времени на поездку и их связи с прочими показателями качества обслуживания пассажиров схематически отображены на рис. 2. Эти связи необходимо учитывать при внедрении мероприятий по сокращению затрат времени пассажиров на транспортные передвижения и при определении результатов этого внедрения.

На соотношение различных элементов затрат времени на поездку оказывает влияние вид ГПТ, что объясняется различной плотностью транспортной сети автобуса, трамвая и троллейбуса. Чем выше доля затрат, приходящихся на содержание путевого и энергетического хозяйства, тем более мощные и устойчивые по времени пассажиропотоки целесообразно обслуживать соответствующим видом ГПТ. Отсюда следует, что интервалы движения троллейбусов и вагонов трамвая по экономическим соображениям в среднем должны быть меньше, чем автобусов.

[2] Выход – условная единица подвижного состава, для которой расписанием движения на маршруте предусмотрена работа на линии в данный день. В различные периоды суток выход может обеспечиваться различными транспортными средствами и водителями.

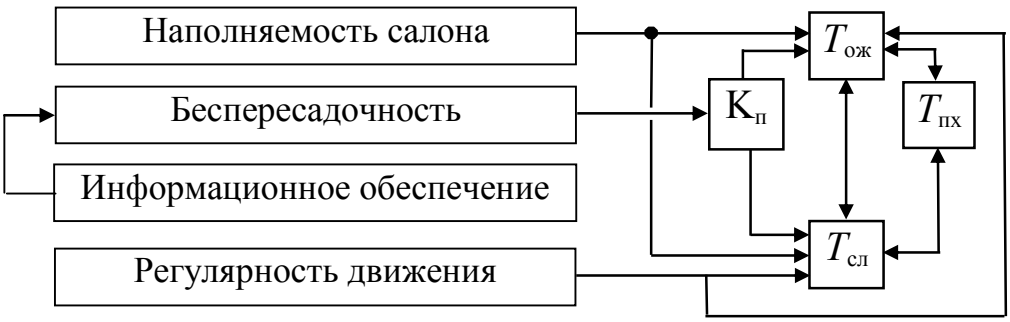


Рис. 2. Схема формирования затрат времени на поездку
с учетом взаимного влияния элементов этих затрат

На метрополитене основные капиталовложения (более 90 %) приходятся на линейные сооружения – перегонные и эскалаторные тоннели и станции. Поэтому линии метрополитена сооружают там, где длительное время будет обеспечен пассажиропоток достаточной интенсивности.

Для трамвая доля капитальных затрат в путевое и энергетическое хозяйство составляет около 40 %, а для троллейбуса – 25 %.

Автобусный транспорт не имеет капиталоемких сооружений на маршрутах, если не считать остановочных павильонов, поэтому автобусный транспорт является наиболее маневренным (точнее говоря, наиболее приспособленным к оперативному изменению маршрутной сети). По сравнению с другими видами ГПТ, автобусный транспорт имеет самую высокую плотность маршрутной сети, особенно в районах-новостройках.

Рассмотренные особенности различных видов ГПТ определяют сферы их рационального использования, определяемые исходя из экономически эффективной эксплуатации транспортных средств, при учете влияния на показатели качества транспортного обслуживания пассажиров.

В малых городах маршрутная система ГПТ формируется на основе мономодального принципа, предусматривающего использование автобусного транспорта, как основного для удовлетворения большинства всевозможных потребностей в передвижении. Это соответствует тому, что малые города по планировочной структуре являются преимущественно моноцентричными. По мере увеличения людности города возникают протяженные и устойчивые во времени пассажиропотоки, что создает предпосылки для эффективного использования городского наземного электрического транспорта (ГНЭТ).

В больших городах невозможно обеспечить все транспортные связи только за счет наземного ГПТ (НГПТ) вследствие недопустимо большого времени поездки. Общепризнанным решением является применение бимодального принципа, предусматривающего формирование транспортной системы города по двухчастной схеме. Согласно этому принципу ГПТ и его маршруты подразделяют на скоростной транспорт, задачей которого является обеспечение "дальних" поездок, и на подвозящий транспорт, обеспечивающий транспортные связи станций скоростного транспорта с прилегающими микрорайонами, а также удовлетворяющий потребности в совершении "местных" транспортных передвижений. Поэтому в больших городах при современном уровне развития транспортной техники и технологий невозможно построение эффективной беспересадочной системы ГПТ.

2. Формирование затрат времени на пешеходные передвижения

Затраты времени на пешеходные передвижения к остановочным пунктам ГПТ и от них целиком определяются удаленностью этих пунктов от мест начала и окончания передвижения пассажира, поскольку средняя скорость пешехода не может быть изменена. С учетом планировки улиц и внутриквартальных проходов путь пассажира будет отклоняться от прямой линии, однако независимо от реальной конфигурации пути пешеходно-

го подхода расстояние, проходимое пассажиром, геометрически можно разложить на две составляющие (рис. 3):

перемещение из глубины квартала к улице, по которой проходит маршрут (l_x);

перемещение вдоль этой улицы к ближайшему остановочному пункту маршрута (l_y).

Расстояние l_x не зависит от планировочной структуры города [6], и в среднем $l_1 = 1/3 \cdot \delta$, где δ – плотность транспортной сети в рассматриваемом районе города или городе в целом, км$^{-1}$.

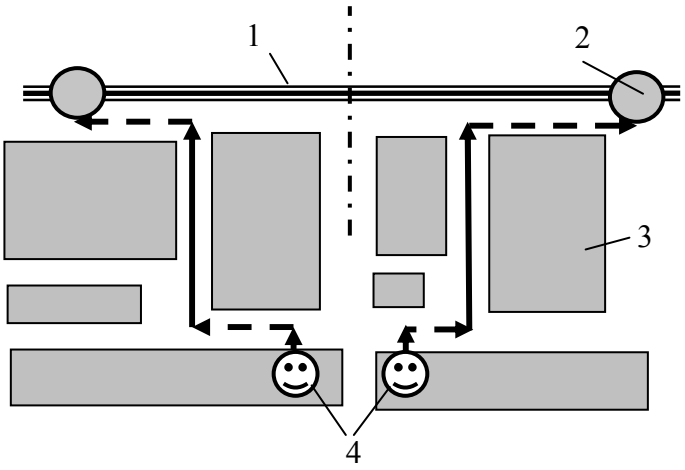


Рис. 3. Схема передвижения пассажиров к остановочному пункту:
1 – маршрут; 2 – остановочный пункт; 3 – строения; 4 – пассажиры.
Стрелками показан путь передвижения: сплошные – к трассе маршрута (l_x);
пунктирные – вдоль трассы маршрута (l_y). Штрихпунктирная линия
делит рассматриваемый перегон маршрута пополам

После выхода на транспортную магистраль пассажир должен направиться к ближайшему остановочному пункту (направо или налево согласно эскиза на рис. 3).

Таким образом, максимальный путь, преодолеваемый пассажиром вдоль трассы маршрута, составляет

$$l_y = l_п/2 \text{ км},$$

где $l_п$ – средняя длина перегона маршрута.

В среднем пассажир проходит вдоль трассы маршрута расстояние $l_y : 2 = l_п : 4$ км. Общие затраты времени на пешеходное передвижение $T_{пх}$ в один конец составляют в среднем

$$T_{пх} = \frac{60}{V_{пеш}}\left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_п}{4}\right) \approx 15\left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_п}{4}\right) \text{мин},$$

где $V_{пеш}$ – средняя скорость передвижения пешехода 4 … 5 км/ч (в зависимости от людности города). Средняя скорость пешехода несколько повышается в связи с ростом людности города, достигая 5 км/ч в городах с населением 1 млн. жителей.

Сокращать затраты времени пассажиров на пешеходные подходы можно за счет изменения плотности маршрутной сети и частоты расположения на ней остановочных пунктов транспорта общего пользования [1, 3, 9], однако возможности значительного изменения этих параметров практически отсутствуют.

Плотность маршрутной сети НГПТ ограничена "сверху" плотностью существующей в городе улично-дорожной сети. При проведении работ по планировке современных городов учитывают потребности транспортной системы и необходимость компактной застройки городской территории. Так, при плотности улично-дорожной сети 1 км$^{-1}$ улицы и дороги занимают от 3 % городской территории, при 2 км$^{-1}$ – 6 %, а при 3 км$^{-1}$ – 9 %. Очевидно, что при

повышении плотности улично-дорожной сети для размещения в городе жилых массивов и промышленных зон эквивалентной емкости требуется пропорциональное увеличение городской территории. В связи с этим пропорционально увеличится средняя дальность поездки пассажира, транспортная работа, расход энергии на тягу и затраты на эксплуатацию транспортной системы города.

Оценивая плотность улично-дорожной сети следует учитывать потребности в путях сообщения не только со стороны ГПТ. В советский период длительное время проводилась политика искусственного ограничения автомобилизации населения. При этом руководствовались концепцией застройки, при которой на долю городских транспортных земель отводилось не более 10 % общей площади территории города, в то время как в городах развитых стран эта доля составляет примерно 20 %. Поэтому решение проблемы дорожных заторов, ставшей в последние годы актуальной для крупных городов России, возможно только путем увеличения доли городских земель, отводимых под улично-дорожную сеть и парковки автомобилей с одновременным формированием городской среды по полицентрическому принципу ее организации.

В центральной части больших городов, как правило, располагаются объекты (в том числе целые кварталы и улицы) исторического и культурного значения. Поэтому коренная реконструкция сложившейся части крупных городов с предоставлением дополнительных земель на транспортные нужды практически не может быть осуществлена повсеместно. Для центральных районов городов характерна исторически сложившаяся высокая плотность улично-дорожной сети, часто превышающая потребности ГПТ. Вместе с тем, многие улицы имеют недостаточную ширину и видимость на пересечениях, что затрудняет организацию движения транспорта с высокими скоростями движения.

При высокой плотности улично-дорожной сети на магистралях возникает большое число пересечений, в результате чего транспортный поток перемещается с низкими скоростями. Снижение скорости движения транспортных средств ГПТ приводит к уменьшению оборачиваемости подвижного состава на маршрутах, что влечет за собой пропорциональное увеличение числа эксплуатируемых единиц подвижного состава и затрат на перевозки. В связи с увеличением числа эксплуатируемых транспортных средств ГПТ обостряется проблема привлечения достаточного числа водительских кадров, в которых наблюдается хронический и существенный дефицит.

С точки зрения согласованного сочетания затрат времени пассажиров на пешеходные передвижения и на следование по маршрутам рациональной считается плотность маршрутной сети 2 … 3 км$^{-1}$ [13, 14].

Частота расположения остановочных пунктов вдоль трассы маршрута также относится к числу параметров, требующих рационализации. При высокой частоте расположения остановочных пунктов сокращаются затраты времени на пешеходные передвижения вдоль маршрута. Вместе с тем, уменьшается скорость сообщения, что требует увеличения числа транспортных средств или пропорционального увеличения их пассажировместимости для обеспечения расчетной провозной способности маршрута.

При определении частоты расположения остановочных пунктов следует учитывать, что во внутригородском сообщении до 70 % расхода горючего связано с разгонами и торможениями транспортных средств, обусловленными наличием остановочных пунктов [1].

На практике часто встречаются ситуации, когда средняя длина перегона существенно меньше нормативного значения. В таких случаях необходимо проводить нормализацию средней протяженности перегона.

Чтобы не ухудшить качество обслуживания пассажиров при нормализации, следует определить, как изменится расстояние пешеходного передвижения пассажира.

Рассмотрим проведение нормализации на следующем примере. Пусть на маршруте сложилась средняя длина перегона равна 330 м. Тогда пассажир в среднем проходит вдоль трассы маршрута 330 м : 4 = 83 м. При увеличении средней длины перегона до нормативного значения 500 м пассажир станет в среднем проходить 500 м : 4 = 125 м. Отсюда увеличение

среднего расстояния пешеходного передвижения составит 125 м - 83 м = 42 м. Это потребует увеличения затрат времени пассажира дополнительно на [42 м · 60 : 4000 м] = 0,63 мин ≈ 0,6 мин, что практически не скажется на уровне обслуживания населения.

Вместе с тем, в рассмотренном примере общее число остановочных пунктов на маршруте уменьшится примерно на [100-(330 м·100 : 500 м)] = 34 %. Задержки на остановочных пунктах в структуре времени рейса составляют около 65… 70 %. Отсюда общая продолжительность нахождения автобуса в рейсе (без учета стоянок на конечных станциях) в связи с нормализацией (уменьшением) числа остановочных пунктов сократится примерно на [(0,65… 0,70) · 0,34 · 100] = 22,1… 23,8 %. В таком же отношении увеличится скорость сообщения, что обеспечит пропорциональное уменьшение времени следования пассажира по маршруту.

Следствием сокращения времени пребывания в рейсе станет повышение эксплуатационной скорости движения минимум примерно на 15 %. Пропорционально сократится наполнение транспортных средств пассажирами за счет повышения оборачиваемости подвижного состава в рейсах. При средней дальности поездки 4 км и скорости сообщения 18 км/ч пассажир затрачивает на следование в автобусе около 4 км : 18 км/ч = 0,22 ч = 13 мин. При повышении скорости сообщения на 15 % (до 20,7 км/ч) это время составит 4 км : 20,7 км/ч = 0,19 ч =11,4 мин.

Таким образом, затраты времени пассажира на следование по маршруту сократятся на 13–11,4=1,6 мин. С учетом дополнительного увеличения затрат времени на пешеходный подход примерно на 0,6 мин, общие затраты времени на поездку сократятся примерно на 1 мин.

Рассмотренный пример наглядно показывает, что нормализация длины перегона выгодна не только перевозчикам, но и среднестатистическому пассажиру. Этого и следовало ожидать, ведь нормативное значение средней длины перегона 500 м не взят с потолка, а был установлен инженерными расчетами.

Рациональная длина перегона на маршруте несколько увеличивается при повышении средней дальности поездки, скорости сообщения и увеличении интервалов движения транспортных средств.

Маршрутная сеть скоростного транспорта в городах имеет меньшую плотность по сравнению с сетью обычных видов НГПТ. Это объясняется тем, что скоростной транспорт обслуживает наиболее мощные пассажиропотоки, то есть работает по направлениям, в то время как обычные виды НГПТ, представляющие собой "капиллярную" подсистему перевозок, обслуживают площади соответствующих городских микрорайонов.

Поездки с использованием скоростного транспорта по условию экономии времени становятся выгодными для пассажиров при дальности поездки свыше 4 км. При меньшей дальности поездки возрастают затраты времени, связанные с передвижением к станциям скоростного транспорта (пешком или с использованием подвозящего транспорта). На метрополитене также следует учитывать время, затрачиваемое на перемещения пассажиров в пределах посадочно-высадочных комплексов.

Промежуточными вариантами организации перевозок между традиционными видами НГПТ и скоростными видами ГПТ являются:

скоростное автобусное сообщение, при котором автобусы не останавливаются на малодеятельных остановочных пунктах с незначительным пассажирообменом. При организации движения скоростных автобусов следует учитывать, что допустимая дальность подхода пассажиров к остановочным пунктам может быть увеличена в 1,5 раза без ухудшения качества транспортного обслуживания. Интервал движения скоростных автобусов в этом случае рекомендуется не более 20 мин [3];

скоростной трамвай, технологически представляющий собой использование трамвайных вагонов на рельсовом пути, обособленном от остального уличного движения. Скоростной трамвай, по сравнению с метрополитеном, требует умеренных затрат и наиболее эффективен для транспортных связей районов новой застройки с общегородским центром, а также в городах с вытянутой планировочной структурой (Волгоград).

Средняя дальность пешеходных передвижений может быть определена по модели расселения, представленной на рис. 4. Окружность радиусом R = 500 м соответствует предельной по дальности зоне тяготения остановочного пункта, расположенного в ее центре О.

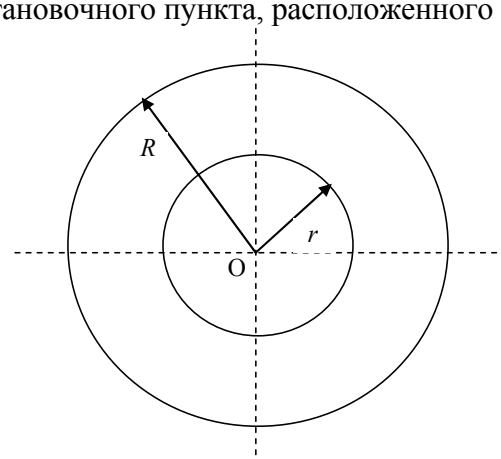


Рис. 4. Модель расселения относительно места расположения остановочного пункта (точка О)

В общем случае принимают равномерную плотность расселения пассажиров внутри этой окружности. Введем в рассмотрение переменный радиус r, принимающий значения от 0 до R. Число пассажиров, проживающих на удалении r от остановочного пункта, соответствует площади кольцевой фигуры, заключенной между радиусами $r+\varepsilon$ и $r-\varepsilon$, где ε – малое приращение. Площадь этой кольцевой фигуры пропорционально увеличивается по мере увеличения радиуса r при постоянном значении ε. Эта площадь равна

$$S = \pi\,[(r+\varepsilon)^2-(r-\varepsilon)^2] = 4\pi\, r\, \varepsilon\ .$$

Полагая, что число пассажиров прямо пропорционально соответствующей части площади рассматриваемой круговой зоны тяготения остановочного пункта, примем во внимание, что среднее расстояние подхода к остановочному пункту можно определить из следующего условия:

$$\pi \cdot r_{\text{ср.}}^2 = \pi \cdot R^2 - \pi \cdot r_{\text{ср.}}^2$$

Такое условие устанавливает, что число пассажиров, проживающих в пределах удаления от остановочного пункта, равного радиусу $r_{\text{ср.}}$, должно быть равно числу пассажиров, проживающих далее указанного радиуса. Из предыдущего уравнения следует, что

$$r_{\text{ср.}} = \frac{R}{\sqrt{2}} \approx \frac{R}{1{,}4}.$$

Если исходить из норматива максимальной дальности пешеходного подхода R = 500 м, то $r_{\text{ср.}} \approx$ 354 м. В практических приложениях полученное значение необходимо корректировать с учетом неравномерности застройки зоны тяготения остановочного пункта и неоднородной плотности расселения пассажиров (в том числе, с учетом этажности застройки).

При определении времени, затрачиваемого на пешеходные передвижения, следует учитывать скорости движения пешеходов. Напомним, что согласно действующим градостроительным нормативам средняя скорость пешехода принимается равной 4 км/ч, а для городов людностью более 1 млн. жителей – 5 км/ч [12]. Скорость движения определенного пешехода существенно зависит от его возраста и состояния здоровья.

3. Формирование затрат времени на ожидание посадки в транспортные средства

Время, потраченное пассажиром на ожидание посадки, расходуется непроизводительно. Психологически время ожидания воспринимается пассажиром наиболее негативно, поскольку оно входит в состав времени поездки, но не ощущается пассажиром как время, затрачиваемое на перемещение в пространстве. Поэтому на этот элемент затрат времени следует обращать особое внимание. Наши исследования показали, что время ожидания посадки психологически ощущается пассажирами примерно вдвое большим, чем такое же по продолжительности время следования в подвижном составе. Другими словами, при ожидании посадки биологические часы пассажира идут вдвое быстрее обычного ритма.

Среднее время ожидания пассажиром посадки в транспортное средство часто полагают равным половине интервала движения на маршруте. При этом исходят из предпосылки о равномерном распределении подхода пассажиров и транспортных средств на остановочный пункт. Однако, в реальных условиях работы ввиду нерегулярности движения и ограниченной вместимости транспортных средств время ожидания заметно больше половины интервала движения на маршруте. Напомним, что под нерегулярностью движения транспортных средств, работающих на маршруте по расписанию движения, понимается отклонение фактического времени прибытия этих средств на остановочные пункты маршрута по отношению к времени, указанному в расписании движения.

Влияние нерегулярности движения транспортных средств на время ожидания пассажиром посадки учитывается по формуле [1]

$$T_{\text{ож}} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma_I^2}{2I} = 0{,}5\left(I + \frac{\sigma_I^2}{2I} \right) = 0{,}5 I_{\text{эфф.}},$$

где I – плановый интервал движения транспортных средств на маршруте, мин; σ_I^2 – среднеквадратичное отклонение от планового интервала движения, мин.; $I_{\text{эфф.}}$ – эффективный (кажущийся) интервал движения транспортных средств на маршруте, мин. (то есть такой средний интервал движения, который представляется наблюдателю на остановочном пункте)[3].

Данная зависимость является точной и действительна при различных распределениях фактических отклонений от планового интервала движения на маршруте.

Среднеквадратичное отклонение от планового интервала движения

$$\sigma_I = +\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(I - I_{факти} \right)^2 / n},$$

где n – число наблюдений за интервалом движения автобусов; $I_{факти}$ – фактический интервал движения в i-ом наблюдении, мин.

В большинстве исследований распределение отклонений фактического момента прибытия транспортного средства на остановочный пункт маршрута от планового момента полагается подчиненным нормальному закону распределения вероятностей.

Но очевидно, что прибытия на остановочный пункт со значительными опережениями расписания движения менее вероятны, чем опоздания на такое же время. В связи с этим применение симметричного статистического распределения для характеристики нерегулярности движения представляется не вполне оправданным во всех случаях. Более точные результаты обеспечивает функция Грамма – Шарлье [10]:

[3] Эффективный интервал движения введен в научный оборот автором статьи в работе [1].

$$P(\tau) = f(\tau) - \frac{r_3}{6} f^{(3)}(\tau) + \frac{r_4 - 3}{24} f^{(4)}(\tau)$$

где $P(\tau)$ – вероятность появления отклонения τ; $f(\tau)$ – функция нормального распределения вероятностей τ; r_3 и r_4 – третий и четвертый основные моменты совокупности статистических данных об отклонениях; $f^{(3)}(\tau)$ и $f^{(4)}(\tau)$ – третья и четвертая производные функции $f(\tau)$.

Второе и третье слагаемые в приведенной выше зависимости характеризуют, соответственно, косость и крутость кривой распределения τ.

При интервалах движения, превышающих 20 мин, возникает привыкание постоянных пассажиров к ритму движения транспортных средств через данный остановочный пункт. В таком случае фактическое время ожидания посадки будет отличаться от рассчитанного по приведенным зависимостям, поскольку нарушается равномерность подхода пассажиров к остановочным пунктам. При увеличенных интервалах движения поток пассажиров $P(t)$ описывается зависимостью

$$P(t) = \frac{e^{M(t)}}{\int_0^t e^{M(t)} dt},$$

где $M(t)$ – функция полезности для пассажира в зависимости от времени t его фактического подхода на остановочный пункт ($0 \le t \le I$).

Существующая на ГПТ система учета регулярности движения предусматривает определение коэффициента регулярности движения, равного отношению числа рейсов, выполненных с допустимыми отклонениями от расписания движения, к числу рейсов, предусмотренных расписанием движения на данном маршруте. Такой показатель нельзя признать удовлетворительным, поскольку он не является чувствительным к степени нарушения движения на маршруте.

Так, рейс, выполненный с незначительным отклонением от расписания (например, 3 мин), и рейс, вовсе не выполненный, бракуются одинаково. Коэффициент регулярности движения также не учитывает рейсы, оперативно назначенные диспетчером, управляющим движением, и опирается на весьма условный норматив допустимого отклонения от расписания движения в рейсе (обычно это ±1 или ±2 мин). Недостатком действующей системы учета регулярности является и то, что при любом отклонении от расписания движения, превышающем установленный допуск, бракуется весь рейс.

Наиболее рациональной является организация раздельного учета срывов рейсов и отклонений, возникающих во время выполнения рейсов, причем последние должны учитываться по пропорциональным частям маршрута, к которым они относятся.

При отсутствии части подвижного состава на маршруте средние затраты времени пассажира на ожидание посадки повышаются:

$$T_{ож} = \frac{I_{эфф}}{2} \cdot K_{AU}.$$

где K_{AU} – коэффициент увеличения затрат времени; A и U – число транспортных средств, соответственно, плановое и выбывшее из движения на маршруте, ед. (этот коэффициент был введен в научный оборот автором настоящей статьи в работе [1]).

Для определения коэффициента K_{AU} примем во внимание следующее. Очевидно, что транспортные средства могут отсутствовать на маршруте в различных случайных комбинациях. Например, если отсутствуют три автобуса (три вакансии), то они могли

сойти: все подряд (в смысле подряд идущих по расписанию движения выходов); либо все в разных местах последовательности выходов, предусмотренной расписанием движения; либо два автобуса подряд, а один автобус в другом месте последовательности выходов. Анализ вероятностных сочетаний различных вариантов расположения вакансий (изложение подробностей которого мы опускаем для краткости изложения) привел к следующим результатам.

Если все отсутствующие автобусы образовали вакансии в различных местах последовательности, то имеем наиболее благоприятный вариант:

$$K_{AU} = \frac{A + 2 \cdot U}{A},$$

если же все автобусы сошли подряд, тогда значение коэффициента существенно увеличится:

$$K_{AU} = \frac{A + U^2 + U}{A}.$$

С точки зрения увеличения времени ожидания первый случай самый благоприятный, а второй, напротив, соответствует наибольшим потерям времени пассажиров. Если комбинация сходов известна, то, рассчитывая по последней формуле потери времени для каждой из групп расположенных подряд вакансий, можно определить значение K_{AU}.

Но, так как комбинация сходов заранее неизвестна, следует говорить о математическом ожидании этого коэффициента $\mathrm{M}\{K_{AU}\}$:

$$\frac{A + 2 \cdot U}{A} < \mathrm{M}\{K_{AU}\} < \frac{A + U^2 + U}{A}.$$

Попытка аналитического определения зависимости $K_{AU} = f\,(A,U)$ натолкнулась на значительные математические трудности – сложные комбинаторные соотношения учёта различных вариантов вакансий и вероятностей их появления. Поэтому было предпринято решение задачи путём прямого перебора на компьютере вариантов сочетания вакансий. Расчёты проводились для вариантов, когда число автобусов менялось от $A = 2$ до $A = 50$ ед., при числе вакансий от $U = 1$ до $U = (A - 1)$. Погрешность расчетов $\pm 1{,}0^{-10}$. Для реальных условий эксплуатации подвижного состава на маршрутах такая погрешность во много раз перекрывает любые допустимые требования. В результате была получена матрица значений коэффициента K_{AU} при различных сочетаниях A и U, находящихся в указанных выше пределах.

Анализ матрицы позволил предложить формулу, по точности абсолютно идентичную указанной погрешности результата моделирования. Это позволяет сделать предположение, что нижеследующая формула является точной (во всяком случае, её точность более чем в миллион раз превосходит реально наблюдаемые на ГПТ погрешности данных):

$$K_{AU} = \begin{cases} \dfrac{A + (U + 1)}{A - (U - 1)} & \textit{при} \quad 0 < U < A, \\ 1 \quad \textit{при} \quad U = 0, \\ \infty \quad \textit{при} \quad U = A. \end{cases}$$

Для определения K_{AU} можно воспользоваться также номограммой (рис. 5).

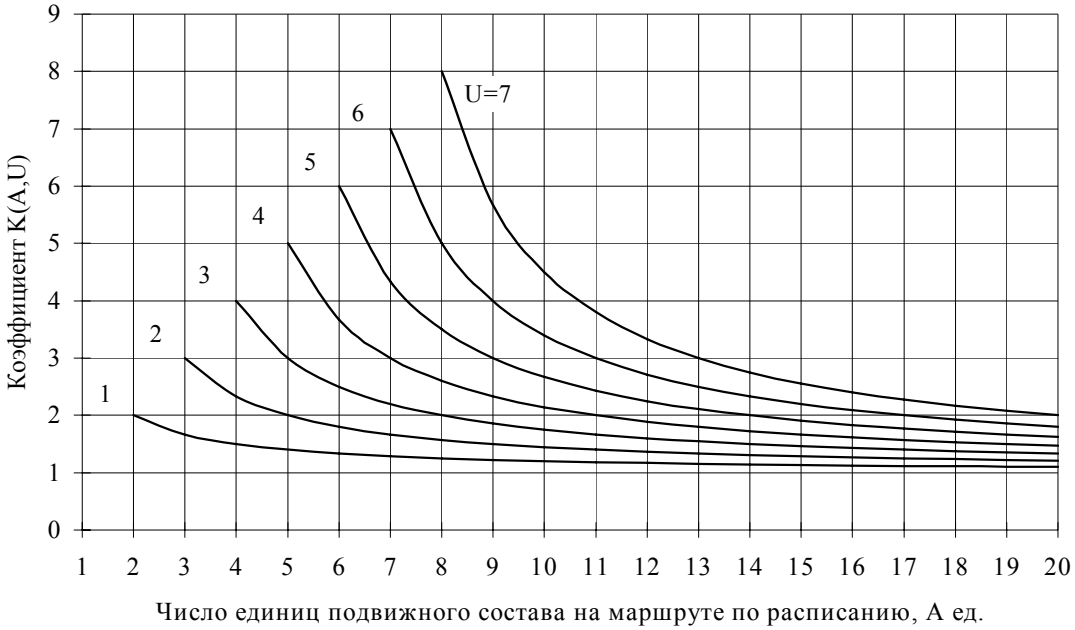


Рис. 5. Номограмма для определения коэффициента $K_{A,U}$

Из точки, соответствующей плановому числу подвижного состава на маршруте (A), восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей числу сошедших с маршрута автобусов (U), откуда влево проводим горизонталь до оси $K_{AU.}$ На пересечении горизонтали с осью находим искомое значение коэффициента.

Рассмотренная зависимость получена для случая, когда диспетчер не изменяет расписания движения на маршруте (не производит раздвижку интервалов движения). Если расписание движения оперативно пересматривается, и интервалы движения равномерно увеличиваются, следует использовать обычную зависимость, но расчеты следует производить при новом плановом интервале движения на маршруте.

Таким образом, затраты времени пассажира на ожидание посадки при отсутствии на маршруте части транспортных средств

$$T_{\text{ож}} = 0{,}5 I_{\text{эфф.}} \cdot K_{AU}.$$

Отклонения от расписания движения характеризуют среднеквадратичным отклонением σ_τ момента прибытия транспортных средств на контрольный пункт маршрута от времени, заданного расписанием движения. При эксплуатации автоматизированных систем управления движением и систем автоматической навигации статистика по регулярности движения может накапливаться автоматически по отдельным транспортным средствам, маршрутам, времени суток, остановочным пунктам. Данный показатель связан с значением σ_I (при возможности описания отклонений от заданных расписанием моментов прибытия на остановочный пункт нормальным распределением) соотношением

$$\sigma_I = \sqrt{2}\sigma_\tau.$$

При традиционном учете регулярности движения возникает задача перехода от учитываемой в действующей системе управления движением характеристики (коэффициента регулярности) к входящей в расчетные зависимости величине σ_I.

Принимая во внимание, что поток транспортных средств подчиняется закону Эрланга, можно записать

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{I^2}{k}}.$$

Порядок k распределения Эрланга рекомендуется принимать равным среднему числу остановочных пунктов маршрута, проходимых с эксплуатационной скоростью за время. равное одному интервалу движения с округлением в сторону увеличения.

Данная рекомендация обеспечивает удовлетворительные результаты при отсутствии более точной информации.

Среднеквадратичное отклонение σ_τ по мере увеличения времени нахождения транспортного средства в рейсе $t_р$ также увеличивается, и в средних условиях по разработкам, выполненным в МАДИ [7], составляет

$$\sigma\tau = 0{,}487 t_р^{0{,}55} - 0{,}004 t_р.$$

Данное отклонение уменьшается при повышении частоты контроля за регулярностью движения. В случае повышения частоты контроля наблюдается эффект стабилизации отклонения на определенном уровне [7].

Кроме нерегулярности движения, на затраты времени пассажира оказывает влияние и ограниченная вместимость транспортных средств. Возможны, особенно в период часов пик, ситуации, когда число пассажиров, желающих сесть в очередное транспортное средство, превысит число свободных мест. В таком случае наступают отказы пассажирам в посадке. Под вероятностью отказа пассажиру в посадке $P_{отк}$ понимается относительное число (доля) пассажиров, не севших в транспортное средство из-за его переполнения пассажирами физически, плюс сверхнормативное число пассажиров, которые, хотя и сумели войти в салон, но были перевезены в недопустимых условиях (с нарушением норматива предельной пассажировместимости).

В результате пассажиры, получившие отказ в посадке, вынуждены ждать прибытия очередного транспортного средства. В этой связи среднее время ожидания пассажиром посадки составит

$$T_{ож} = (0{,}5 + P_{отк})\, I_{эфф.}\ ,$$

где $P_{отк}$ – вероятность отказа пассажиру в посадке.

Определение $P_{отк}$ является достаточно сложной задачей, для решения которой может использоваться ряд методов. Наиболее точные результаты получаются при статистическом компьютерном моделировании перевозочного процесса на маршруте. Но данный метод лишен оперативности, поэтому рекомендуется пользоваться приближенной зависимостью [1], точность которой оказалась по результатам большого числа экспериментов вполне достаточной для практических приложений:

$$P_{отк} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-y^2/2} \quad \text{при } x = (q + 0{,}5 - I{\cdot}\lambda).)/(\, I{\cdot}\lambda) \text{ и } \infty \le y \le x,$$

где q – пассажировместимость транспортного средства, пасс.; λ – средняя интенсивность пассажиропотока на перегоне маршрута, начинающегося от рассматриваемого остановочного пункта, пасс/мин.

В обычных условиях максимально возможная ошибка вычислений по данной зависимости не превышает 5 %. С учетом того, что дополнительные затраты времени пассажиров составляют около 15…20 % общих затрат времени на ожидание посадки, такую точность следует признать достаточной – итоговая ошибка в определении времени поездки не превысит 1 %.

Приведенные модели вследствие их относительной сложности требуют при их применении использования компьютера. На практике часто необходимо провести экспресс-анализ затрат времени пассажиров на передвижения, в том числе и по составляющей времени, затраченного на ожидание посадки. Для этих целей можно рекомендовать упрощенные зависимости, например, использовать формулу, согласно которой время ожидания равно отношению суммы квадратов фактических интервалов движения на маршруте к удвоенной сумме этих интервалов [10]. При отсутствии конкретных исходных данных для расчета рекомендуется приближенно принимать

$$T_{ож} = (0{,}7 \ldots 0{,}75)\, I.$$

4. Формирование затрат времени на следование пассажира по маршруту

За время следования в подвижном составе осуществляется перемещение пассажира от остановочного пункта посадки до остановочного пункта прибытия. Затраты времени на данный элемент поездки сопровождаются наибольшей скоростью перемещения пассажира, в связи с чем пассажиром психологически оцениваются как наиболее полезная часть общих затрат времени на поездку.

Основными факторами, определяющими затраты времени на следование пассажира в транспортном средстве, являются дальность поездки и скорость перемещения. Скорость перемещения пассажира по маршруту представляет собой скорость сообщения – $V_с$.

Затраты времени на следование в подвижном составе

$$T_{сл} = (l_{ср} / v_c) \cdot 60\text{, мин}$$

где $l_{ср}$ – средняя дальность поездки на маршруте, км; v_c – скорость сообщения, км/ч.

Среднюю дальность поездки при отсутствии конкретных данных определяют по эмпирической формуле Зильберталя [6]:

$$l_{ср} \approx 1{,}3 + 0{,}3\sqrt{F}\,,$$

Средняя дальность поездки определяет взаимную удаленность места посадки в транспортное средство и пункта окончания поездки. Средняя дальность поездки в городском сообщении, вообще говоря, имеет тенденцию к увеличению с течением времени вследствие расширения городской территории, не сопровождаемого пропорциональным увеличением скорости сообщения и сохранением прежнего уровня пересадочности, а также с учетом расширения территории города со временем.

Сокращения средней дальности поездки можно достичь тремя путями.

Во-первых, влиянием на выбор пассажирами целей их передвижений. Это может быть реализовано путем приближения мест проживания к местам приложения труда и дальнейшим развитием системы предприятий и учреждений культурно-бытового назначения и городской инфраструктуры.

Во-вторых, уменьшить среднюю дальность поездки можно за счет развития системы скоростного транспорта.

В-третьих, сокращения дальности поездки можно обеспечить путем снижения непрямолинейности движения транспортных средств по маршрутам. Во многом это будет определяться применением прогрессивных решений при планировке и застройке новых микрорайонов городов, реконструкцией транспортных магистралей в районах старой застройки. Такая работа, однако, требует значительных капитальных вложений. Вместе с тем определенное спрямление маршрутов может быть обеспечено при оптимизации маршрутной схемы. Помимо снижения затрат времени пассажирами такое спрямление будет способствовать эконо-

мии затрат на перевозки, улучшению экологической обстановки в городе за счет минимизации объема транспортной работы, а, значит, вредных выбросов, поступающих в окружающую среду с бортов транспортных средств.

Особое значение имеет обеспечение кратчайших транспортных связей между периферийными районами и центром города. Рекомендуется следующая оценка коэффициента непрямолинейности транспортных связей:

Более 1,30 – исключительно высокая;
1,25...1,30 - очень высокая;
1,20-1,25 - высокая;
1,15-1,20 - умеренная;
1,10-1,15 - малая;
менее 1,1 – очень малая.

При организации транспортных связей следует стремиться к тому, чтобы коэффициент непрямолинейности не превышал 1,2 для города в целом и 1,15 для связей периферийных его районов с центром.

Снижения затрат времени на следование можно достичь также повышением скорости сообщения при перевозке пассажиров. Скорость сообщения определяется путем деления расстояния перевозки на затраты времени, связанные с этой перевозкой. Таким образом, скорость сообщения является средней скоростью доставки пассажира по транспортной линии. На формирование скорости сообщения оказывает влияние большое число факторов, которые можно разделить на следующие группы:

конструктивные (динамические качества используемого подвижного состава, его пассажировместимость, планировка салона и конструктивные особенности посадочно-высадочных устройств);

маршрутные (профиль трассы маршрута, ширина проезжей части дороги: наличие параллельно работающих других маршрутов);

дорожно-климатические (число регулируемых и нерегулируемых пересечений, методы регулирования движения, состояние дорожного покрытия, наличие осадков и пр.);

организационные (режим движения транспортных средств, нормативы ходовых скоростей на перегонах и времени простоя на остановочных пунктах, квалификация водителей, интенсивность пассажиропотока и др.).

В общем случае можно выделить время, затраченное непосредственно на движение, и время, затраченное на различные задержки в процессе движения по маршруту (табл. 2).

Для сравнения можно привести следующие результаты исследования [16], проведенного в крупных городах США: затраты времени на движение по маршруту – 48 … 75 %, затраты времени на пассажирообмен на остановочных пунктах – 9 … 26 %, задержки, связанные с организацией движения – 12 … 26 % времени рейса.

Сокращение затрат времени на пробег в рейсе можно получить двумя путями: повысить скорость движения при проезде участков маршрута; сократить время, затрачиваемое на различные простои.

Таблица 2

Распределение затрат времени рейса по элементам

Элементы затрат времени рейса	Примерная доля, процент времени рейса
1. Время непосредственного движения по маршруту	50 … 80
2. Простои на остановочных пунктах	8 … 30
3. Отстои на конечных пунктах маршрута	4 … 5
4. Задержки у перекрестков	2,5 … 10
5. Задержки в очереди перед подъездом к остановочному пункту	1,5 … 2
6. Прочие случайные задержки	0,2 … 8

В общем случае можно полагать, что простои занимают около 1/4 времени рейса, поэтому с чисто количественной стороны основным внутрипроизводственным резервом является повышение ходовых скоростей на перегонах. Существенно повысить эти скорости можно за счет реконструкции улично-дорожной сети с повсеместным выделением для проезда городского транспорта специальных полос и улиц. Автобусный транспорт в силу своей высокой маневренности позволяет организовать скоростное сообщение. Данное мероприятие является комбинированным – среднеходовая скорость повышается за счет сокращения как задержек в движении, так и на остановочных пунктах маршрутов.

Отсюда следует сделать следующий вывод: по мере развития скоростного и экспрессного сообщения на автобусном транспорте повышается актуальность и эффективность его обособления от остального транспортного потока с целью создания ему преимуществ в движении с максимально возможными скоростями. В современных условиях сфера потенциально возможного распространения скоростного сообщения составляет около 15 %, экспрессного – около 3%. Более широкое применение этих рациональных режимов работы автобусов обеспечит помимо экономии времени также и сокращение расхода топлива, условное высвобождение подвижного состава. Снижение числа остановочных пунктов дает экономию времени в среднем 0,7 мин на одну остановку. Расход топлива в скоростном сообщении может снижаться до 25 %. Изменение средней длины перегона на автобусном маршруте от 450 м до 900 м обеспечивает увеличение скорости сообщения с 20 до 25,5 км/ч [1]. При дальнейшем увеличении длины перегона до 1,5 км общий прирост скорости сообщения составит около 65 %. Примерные изменения скорости сообщения в зависимости от различных параметров организации перевозочного процесса на городском автобусном транспорте приведены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние различных факторов на скорость сообщения

Наименование фактора	Диапазон изменения фактора	Скорость сообщения, км/ч
1. Число пересечений на 1 км трассы маршрута	0,8 – 3 ед.	40 – 20 (среднеходовая скорость)
2. Интенсивность транспортного потока	50 – 300 ед./ч приведенных к автобусу транспортных средств	40 – 15 (среднеходовая скорость)
3. Наполняемость салона пассажирами	100 – 30 %	18 – 20
4. Квалификация водителя	Опыт более 3 лет	17,8 – 18
5. Сезон года	Лето – зима	19 – 18,1
6. Наличие осадков	Сухо – дождь	19 – 18,2
7. Простой на остановочном пункте при средней длине перегона 500 м	15 – 20 с	19 – 17,2

Простои на остановочных пунктах являются основной причиной задержек в движении. В связи с этим представляет интерес установление нормативов времени на посадку и высадку одного пассажира. В средних условиях посадка (высадка) одного пассажира занимает: в автобус и троллейбус около 1,2 … 1,4 с, в вагон трамвая 1,3 – 1,5 с, а в вагон метрополитена 0,6 – 0,7 с. На скорость пассажирообмена влияет высота подножек (она меньше у современных автобусов и троллейбусов) и наличие платформы на одном уровне с полом салона вагона (метрополитен).

В связи с внедрением автоматизированных систем оплаты проезда пассажирами (например, АСКП) произошло существенное ухудшение качества транспортного обслуживания пассажиров по показателю затрат времени на поездку. Так, в Москве время оборотного рейса на ряде маршрутов увеличилось на 30 … 50 % из-за того, что посадку пассажиров стали осуществлять только через одну переднюю дверь. В результате пропорционально

была сокращена производительность использования подвижного состава и для перевозки того же числа пассажиров на маршрут требовалось добавлять соответствующе число автобусов, троллейбусов или вагонов трамвая. Особенно отмеченные негативные последствия проявлялись на маршрутах с высокой сменяемостью пассажиров и при использовании подвижного состав повышенной пассажировместимости. Средний экспериментально полученный норматив времени на посадку пассажира равен 3 – 2,9 с. Отсюда на совершение посадки пассажиром стало затрачиваться примерно в 2 раза больше времени.

Первоначально применявшаяся технология АСКП представляет собой технологический нонсенс, объясняемый полной неграмотностью так называемых "эффективных менеджеров". Конструкторы подвижного состава ГПТ всегда старались обеспечить как можно больший коэффициент использования габарита дверей транспортного средства (равен отношению суммарной ширины проемов пассажирских дверей к габаритной длине кузова транспортного средства). Например, при габаритной длине автобуса 13 м имеются две двери шириной 1,2 м каждая и 1 дверь шириной 0,86 м. Тогда коэффициент габарита дверей составляет $Д = (1,2 + 1,2 + 0,86)/13 = 0,25$. При АСКП ранее использовалась только передняя дверь, которая, к тому же, обычно, не самая широкая.

К счастью, все вернулось на круги своя – в настоящее время посадка пассажиров вновь стала осуществляться через разные двери салона транспортных средств.

Скорость пассажирообмена возрастает на 3-4 % при точном подъезде к остановочному пункту. Зимой она может уменьшиться на 10 %. Особо большое влияние на скорость пассажирообмена оказывает наполнение салона транспортного средства. Так, время на посадку-высадку одного пассажира практически не изменяется при наполнении салона пассажирами до 3 пасс/м^2 и возрастает на 50 … 70 % при наполнении около 8 пасс/м^2. Применение подвижного состава большой пассажировместимости предполагает интенсивный пассажирообмен на каждом из остановочных пунктов, по сравнению с подвижным составом малой вместимости. Чтобы скомпенсировать соответствующее увеличение затрат времени на пассажирообмен, предусматривают в таких машинах и вагонах большее число дверей увеличенной ширины, более удобные ступени.

Основным направлением снижения затрат времени при посадке (высадке) пассажиров в подвижной состав является совершенствование конструкции посадочных устройств, включая элементы кузова подвижного состава, обеспечивающие посадку-высадку (двери, ступени, накопительные площадки). При реновации парка подвижного состава ГПТ следует закупать современные модели автобусов, троллейбусов и вагонов трамвая. Так, в настоящее время в Москве все новые автобусы и троллейбусы. Используемые на городских маршрутах низкопольные. На некоторых трамвайных маршрутах эксплуатируются вагоны, пол которых находится на одном уровне с посадочными платформами на остановочных пунктах.

Конструктивной особенностью городских автобусов, троллейбусов и большинства вагонов трамвая является существенная асимметрия планировки пассажирского салона относительно продольной оси транспортного средства. Борт, обращённый к тротуару, по конструкции отличается от противоположного борта вследствие расположения на нём дверей и посадочных тамбуров. Дверные проёмы и ступени ослабляют жёсткость борта, что требует соответствующего усиления силового каркаса кузова и вынуждает ограничивать как число дверей, так и ширину их проёма. На расположение дверей оказывают влияние колёсные арки автобусов и троллейбусов или ходовые тележки трамвайных вагонов, ограничивающие возможность размещения посадочно-высадочных устройств. Вместе с тем, с учётом необходимости интенсификации пассажирообмена на часто расположенных по трассе маршрута остановочных пунктах, число дверей и ширина их проёмов должны быть как можно большими, а расположение дверей вдоль борта – равномерным.

Ширина дверных проёмов нормируется в соответствии с числом пассажиров, одновременно совершающих пассажирообмен:

однопутные проёмы предназначены для пропуска только одного пассажира и должны иметь ширину не менее 630 мм;

двухпутные проёмы позволяют одновременно садиться или выходить двум пассажирам. Такие проёмы должны иметь ширину в свету не менее 1200 мм;

четырёхпутные проёмы используют редко и практически они образуются двумя рядом расположенными двухпутными проёмами в борту трамвайных вагонов, разделёнными стойкой каркаса.

В подвижном составе старых моделей двухпутный дверной проём разделён поручнем. Такая конструкция существенно затрудняет доступ внутрь транспортного средства инвалидам и провоз детских колясок. Использование разделительных поручней мотивировалось невозможностью их размещения на четырёхстворчатых складных дверях. Современный подвижной состав оснащают поворотно-распашными дверями типа Боде или сдвижными дверями, что позволяет отказаться от разделительного поручня.

Возможности пассажирообмена определенной единицы подвижного состава характеризуются числом пассажиров, приходящихся на одну условную однопутную дверь. Число условных дверей определяют, принимая двухпутную дверь за две. У современного подвижного состава, предназначенного для эксплуатации на внутригородских маршрутах, число пассажиров, приходящихся на однопутную дверь, составляет 16…24 пасс. В подвижном составе, предназначенном для эксплуатации на пригородных маршрутах, этот показатель увеличивается до 30…45 пасс. за счёт сокращения числа дверей и увеличения числа сидений.

Рассмотренные конструктивно-планировочные особенности подвижного состава ГПТ показывают, что расположение дверей и колёс по правому[4] борту является одной из существенных эксплуатационных характеристик, определяющих удобство и быстроту совершения посадочно-высадочных операций пассажирами. Компактную запись этой характеристики обеспечивает компоновочная формула[5] (рис. 6), позволяющая быстро составить представление о расположении посадочно-высадочных устройств по длине транспортного средства.

Компоновочную формулу образуют, используя следующие обозначения и правила:

тип транспортного средства указывают литерами: автобус – "Ав"; троллейбус – "Тб"; вагон трамвая "Вт", и отделяют от других записей двоеточием;

дверь обозначают цифрой 1 или 2 (соответственно, одно- или двухпутная). Если одна из створок передней двери используется только водителем, ее обозначают единицей в скобках (1);

колёсную нишу на борту автобуса или троллейбуса обозначают литерой "О";

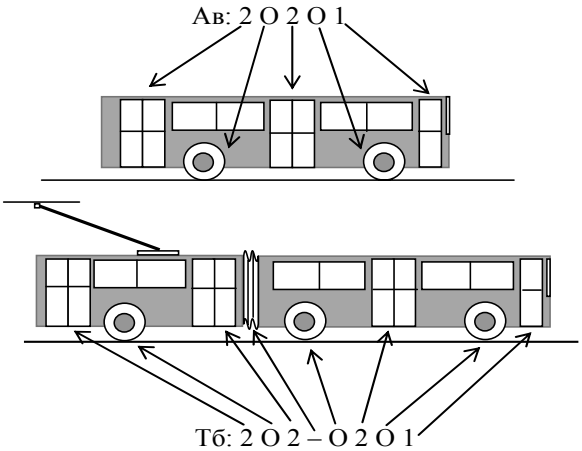


Рис. 6. Примеры образования компоновочной формулы

ходовую тележку трамвайного вагона обозначают литерой "Т" с индексом, указывающим число осей (например, $Т_2$);

на сочленение кузова транспортного средства указывает знак "–";

[4] По левому борту при левостороннем движении.

[5] Использование компоновочной данной формулы предложено автором статьи.

транспортные средства, работающие по системе многих единиц, соединяются знаком "+", либо пишется, например, "*n* х (Тб:2О2О2)", где *n* – число транспортных средств в поезде;

у автобуса наличие капота обозначают литерой "к", а полукапота – литерой "п";

формулу записывают, начиная с задней части кузова, глядя на правый борт транспортного средства.

5. Формирование полных затрат времени пассажира на поездку

Возможности сокращения затрат времени пассажиров на поездки устанавливаются из анализа отдельных элементов затрат времени и их соотношений. Для этого по каждому из элементов определяют имеющиеся внутренние резервы и строят диаграмму затрат времени по элементам с отражением резервов. Возможен и другой подход, когда сначала намечают задания по снижению затрат времени, а затем формируют перечень организационно--технических мероприятий, обеспечивающих выполнение этих заданий.

При расчетах следует учитывать рассмотренные выше взаимосвязи между отдельными элементами затрат времени на поездку. Анализ зависимостей, формирующих отдельные элементы затрат времени на поездку, позволяет обобщенно представить данные взаимосвязи в виде схемы (рис. 7).

Сопоставление распределения фактических затрат времени по элементам поездки с примерными нормативами показывает, что наибольшие внутрипроизводственные резервы и возможности дальнейшего совершенствования качества перевозок пассажиров по показателю "затраты времени на поездку" имеются по элементу затрат времени на ожидание посадки.

Затраты времени по элементу "следование по маршруту" могут быть сокращены за счет следующих факторов и мероприятий:

Фактор:	*Транспортно-эксплуатационные мероприятия:*
1. Увеличение скорости сообщения на маршруте	а) рационализация режимов движения автобусов за счет внедрения скоростного и экспрессного сообщений; б) сооружение линий скоростного трамвая; в) выделение специальных полос для движения транспортных средств НГПТ.
2. Сокращение пути следования пассажиров	а) рационализация системы маршрутов с использованием математических методов; б) спрямление трассы маршрутов.

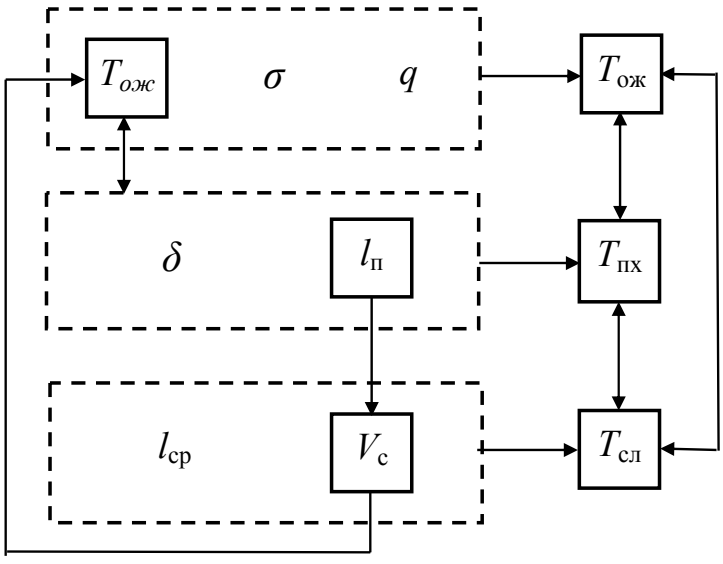


Рис. 7. Взаимосвязи элементов затрат времени на поездку и формирующих их параметров

Помимо указанных транспортно-эксплуатационных мероприятий, необходимо также предусматривать и реализовывать мероприятия градостроительного характера: спрямление транспортных связей микрорайонов города за счет развития улично-дорожной сети; расширение проезжей части улиц; сооружение транспортных развязок, мостов и тоннелей; улучшение дорожного покрытия и средств регулирования дорожного движения и др.

Перевозки ГПТ организуют по маршрутам, формируемым на основе улично-дорожной сети города. В последней выделяют магистральные улицы, составляющие основу планировочной структуры города. Характер планировочной структуры влияет на прямолинейность поездок пассажиров, определяя затраты времени на передвижение и потребление материальных и трудовых ресурсов на перевозки. Различные схемы планировки могут применяться совместно в разных частях города (городского района) в зависимости от сложившейся застройки соответствующих частей городской территории, рельефа местности, расположения объектов массового тяготения пассажиров. Однако всегда можно говорить о преобладании какой-то определенной планировочной схемы в городе или отдельной его части. Подробный анализ влияния планировочных факторов на удовлетворение транспортных потребностей населения содержится в работах [13, 14].

При планировании снижения затрат времени на поездки самым сложным является правильный выбор организационно-технических мероприятий, за счет внедрения которых должно быть улучшено качество обслуживания пассажиров. Выбор таких мероприятий должен базироваться на ряде принципов: преимущество имеют мероприятия, требующие меньших денежных, трудовых, энергетических и т. п. затрат на единицу времени; отсутствие значительных инвестиций при их осуществлении; возможность получения эффекта в кратчайшие сроки; наличие ресурсного обеспечения; очередность внедрения мероприятий должна быть взаимоувязана в соответствии с возможностями параллельного или последовательного внедрения отдельных из них; выбранные мероприятия должны в совокупности обеспечивать требуемое сокращение затрат времени на поездки.

Основным направлением научно-технического прогресса на ГПТ в настоящее время является дальнейшая интенсификация использования имеющихся ресурсов и возможностей. Применительно к внутригородским пассажирским перевозкам это означает совершенствование их организации и управления. В первую очередь, следует максимально улучшить работу имеющегося подвижного состава и полнее использовать различные путевые сооружения и оборудование транспортных организаций. Лишь при высокоинтенсивном использовании потенциально имеющихся провозных возможностей транспорта целесообразно дальнейшее экстенсивное расширение транспортной системы.

Радикальной мерой по сокращению затрат времени на поездки в больших городах было бы повсеместное сооружение достаточно плотной сети специальных видов скоростного транспорта – метрополитена, скоростного трамвая и перспективных транспортных систем (монорельсовые дороги и пр.). Это, однако, требует больших капитальных затрат, отвлечения значительных трудовых ресурсов, и не позволит в связи со значительными сроками строительства получить эффект в кратчайшие сроки. Сооружение системы скоростного транспорта должно вестись не в виде разовой кампании, а поэтапно. В связи с этим внимание должно уделяться совершенствованию и интенсификации работы обычных видов транспорта, что позволит без существенных затрат получить значительный эффект, поднять качество обслуживания пассажиров на нормативный уровень в короткие сроки. В ряде случаев, особенно при совершенствовании управления перевозками, затраты на внедрение в сравнении с получаемыми результатами настолько малы, что говорят о "беззатратном" эффекте организации.

Различные организационно-технические мероприятия оказывают влияние на те или иные элементы затрат времени на поездку. Целесообразно использовать табличную форму для сопоставления эффектов внедрения данных мероприятий (табл. 4).

Таблица 4

Примерные нормативы снижения затрат времени на поездку, %

Мероприятия	$T_{пеш}$	$T_{ож}$	$T_{сл}$	T
1. Маршрутизация внутригородских сообщений				
Оптимизация маршрутной системы	—	—	—	10
Организация специальных маршрутов по доставке трудящихся к крупным предприятиям	—	90	25	35
Развитие скоростного и экспрессного сообщения	—	5	25	17
Обеспечение нормативной плотности маршрутной сети, рационализация расположения остановочных пунктов	25	—	—	4
2. Организация и технология перевозок				
Оптимальное распределение подвижного состава по маршрутам	—	15	—	4
Нормирование скоростей движения на маршрутах	—	1	5	3
Рационализация расписания движения	—	10	—	3
Внедрение комбинированных режимов движения	—	—	10	5
3. Совершенствование управления и эксплуатации подвижного состава				
Внедрение систем диспетчерского управления	—	10	—	3
Координация перевозок различными видами ГПТ	10	10	—	4
Обеспечение надёжности перевозок (резерв подвижного состава)	—	15	10	8
Рассредоточение начала рабочего дня организаций города	—	10	5	5
Предоставление транспортным средствам ГПТ преимуществ в движении	—	—	15	8
Привлечение в часы пик к перевозкам автобусов нетранспортных организаций (временная вынужденная мера)	10	30	—	15

При определении эффективности внедрения комплекса мероприятий следует учитывать, что эффекты от отдельных мероприятий нельзя непосредственно складывать, как это часто делается практически. В противном случае ожидаемый от внедрения результат будет завышен.

Например, если внедряться будут два мероприятия, одно из которых приведет к снижению затрат времени на 10 %, а другое на 15 %, то простое суммирование ожидаемых эффектов даст ожидаемое снижение затрат времени около 25 %. В действительности после внедрения одного из мероприятий (например, первого) затраты времени составят лишь 0,9 от первоначальных. Поэтому при внедрении второго мероприятия снижение затрат времени следует рассчитывать не от их первоначального уровня, а от 0,9 первоначальных затрат времени. Отсюда следует, что ожидаемое снижение затрат времени от внедрения обоих мероприятий составит

$$\Delta T = 0{,}1T + 0{,}9T \cdot 0{,}15 = 0{,}235T \text{ или } 23{,}5\ \%.$$

Таким образом, для определения суммарного влияния нескольких мероприятий (например, трёх), внедряемых одновременно, следует пользоваться формулой

$$H_\Sigma = H_1 + (1 - H_1)H_2 = (1 - (1 - H_1)H_2)H_3 = H_1 + H_2 + H_3 - H_1H_2 - H_2H_3 + H_1H_2H_3,$$

где H_Σ — норматив суммарного действия мероприятий, %; H_1, H_2, H_3 — нормативы действия соответственно 1-, 2- и 3-го мероприятий (см. табл. 5), %.

Применение нормативов распространяется на соответствующий контингент пассажиров, охваченных внедряемыми мероприятиями.

Заметим, что психологическая оценка пассажирами затрат времени на поездку в целом и по ее отдельным элементам заметно отличается от истинной продолжительности поездки. Так, пребывание в течение одного и того же времени в подвижном составе при различном наполнении салона оценивается пассажирами тем больше, чем выше было наполне-

ние. Время, затраченное на ожидание посадки, оценивается примерно в 1,8 – 2 раза больше, чем на самом деле. Причина этого в том, что при пешем хождении и следовании в подвижном, составе пассажир постоянно ощущает свое перемещение с максимально возможной для соответствующего элемента поездки, скоростью. Затраты же времени на ожидание не связаны с непосредственным перемещением. Они по своей предстоящей продолжительности трудно прогнозируемы пассажиром. Это и приводит в совокупности к тому, что "биологические часы" пассажира начинают идти примерно в два раза быстрее.

В этой связи представляют интерес результаты оценки пассажирами затрат времени на поездки, полученные американскими учеными при проведении исследования в Чикаго [15], из которых следует, что на оценку пассажирами затрат времени оказывают влияние способ передвижения, время ожидания. Например, передвижение, которое продолжалось 30 мин, было оценено сидящими пассажирами как 18-минутное. Стоящим пассажирам это же передвижение показалось длящимся 53 мин.

Исследования, выполненные автором в Москве, показали, что относительная оценка пассажирами полезности затрат времени по элементам поездки выглядит следующим образом: время следования в подвижном составе – 1, время пешеходного подхода к (от) остановочному пункту – 0,83, время на ожидание посадки – 0,55.

Время, не связанное со следованием в подвижном составе, является накладным временем поездки. Накладное время может достигать 50 % полных затрат времени на поездку. Аппроксимация данных экспериментальных наблюдений позволила установить связь накладных затрат времени с дальностью передвижения L:

$$(T\text{-}T_{сл}) / T \approx 0{,}259+2{,}5/L.$$

Соотношение отдельных элементов затрат времени на поездки в городах колеблется в широких пределах и зависит от большого числа факторов: транспортно-планировочной структуры города, его размеров, уровня развития городского транспорта, удаленности и взаиморасположения жилых и производственных зон и пр. В городах с населением около 250 тыс. жителей эта структура выглядит следующим образом: пешеходные передвижения – 15 – 20 %; ожидание посадки – 20 – 25 %; следование в подвижном составе – 50 – 65 %.

В настоящее время темпы роста городов опережают темпы развития их транспортных систем. Наблюдается тенденция некоторого увеличения средней дальности поездки пассажира. В то же время, скорости сообщения стабилизировались на уровне: автобус – 18 – 20 км/ч; троллейбус – 17 – 20 км/ч; а трамвай – 16 – 19 км/ч. В ряде крупных городов отмечено снижение скоростей движения ГПТ. Основной причиной этого является влияние потока автотранспортных средств. Незначительный рост скорости сообщения в некоторых других городах объясняется, в основном, вводом в этих городах новых больших жилых массивов массовой застройки с удобными для передвижения транспорта магистралями.

Для обеспечения сопоставимости социальных результатов совершенствования перевозок с затратами на внедрение соответствующих мероприятий на народнохозяйственном уровне используется стоимостная оценка пассажиро-часа. Стоимостная оценка по смыслу является усреднённым показателем. Отдельные пассажиры могут оценивать свое время дороже или дешевле. Подробнее о стоимостной оценке времени можно узнать из [11].

Литература

1. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спирин И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок. М.: Транспорт, 1985. – 102 с.
2. Беккер Г.С. Теория распределения времени. / В кн. "Вехи экономической мысли. Теория потребительского поведения и спроса", т. 3. Под ред. В.М. Гальперина.: СПб, Экономическая школа, 1999. (перевод статьи из Economic Journal, 1965. Vol. 75, N 299. September. – p. 493 – 517).
3. Болоненков Г.В. Организация скоростных автобусных сообщений в городах. М.: Транспорт, 1977. – 160 с.

4. Болоненков Г.В., Багдасаров А., Умаров У. Моделирование развития и функционирования систем городского пассажирского транспорта. Ташкент: Узбекистан, 1984. – 187 с.
5. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок (на городском пассажирском транспорте): Учебник. М.: Транспорт, 1981. – 199 с.
6. Зильберталь А.Х. Трамвайное хозяйство: Руководство для работников трамвая и учащихся. Часть I. М.–Л., Огиз – Гострансздат, 1932. – 304 с.
7. Кривошеенко Ю.В. Организация оперативного управления движением городских автобусов с учетом закономерностей прибытия пассажиров на остановочные пункты. Автореф. дисс. … канд. техн. наук. М.: МАДИ, 1983. – 16 с.
8. Самойлов Д.С. Городской транспорт: Учебник. М.: Стройиздат, 1983. – 384 с.
9. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки: Справочник. М.: Транспорт, 1991. – 238 с.
10. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Справочное пособие. М.: Академкнига, 2003. – 413 с.
11. Спирин И.В. Теоретические основы учета и стоимостной оценки затрат времени на транспортные передвижения: Монография. М.: ИКФ «Каталог», 2007. – с. 87 – 104.
12. Строительные нормы и правила СНиП 2.07.01-89 "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений". Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 (утв. приказом Минрегионразвития РФ от 28.12.2010 № 820).
13. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения: Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Высшая школа, 1980. – 296 с.
14. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1985. – 239 с.
15. Chumak A., Braaksma J. Implication of the Travel Time Budget for Urban Transportation Modeling in Canada. Transportation Res. Record, 1981, N 794, p. 19 – 27.
16. Stopher P.R., MeyburgA.H. Transportation systems evaluation. Toronto, Lexington Books, 1976. – 157 p.

Техническое редактирование и дизайн – Судаков Д.С. (dmsus@bk.ru)

Подписано в печать 18.12.2017.
Формат 60x84/4. Объем 14 печ. л. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Тираж 200 экз. (Первый завод – 100 экз.). Заказ № 1907012.
Отпечатано ООО НТБ «ЭНЕРГИЯ» с оригинал-макета, предоставленного издательством журнала.

© Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», 2017
© Open Joint-Stock Company «Scientific and Research Institute of Motor Transport» (NIIAT), 2017
Print version: ISSN 2078-1474

3-я страница обложки - ЧИСТАЯ

Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»
(ОАО «НИИАТ»)
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

Open Joint-Stock Company
«Scientific and Research Institute of Motor Transport»
(NIIAT®).
Geroyev Panfilovtsev Str., 24, 125480, Moscow, Russia

Телефон / Phone: +7 (495) 496-55-23
Факс / Fax: +7 (495) 496-61-36
E-mail: vestnik@niiat.ru
Internet: www.niiat.ru