

Т.В. Букина  
Российская Федерация, г. Пермь,  
Пермский филиал ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский  
университет «Высшая школа экономики»

Е.К. Букин  
Российская Федерация, г. Пермь,  
ФГБОУ ВПО «Пермский государственный  
национальный исследовательский университет»

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В СТАРОПРОМЫШЛЕННОМ ГОРОДЕ**

Заторовые ситуации на улично-дорожной сети (УДС) городов, возрастающие, вследствие этого, транспортные издержки и другие негативные последствия, требуют поиска новых решений для повышения мобильности в постоянно усложняющихся условиях дорожного движения. В последние годы все большее развитие для совершенствования управления транспортом, совершенствования методов организации движения транспорта получают функциональные возможности интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Фондом инфраструктурных и образовательных программ в 2012 г. была разработана Концепция федерального инновационного пилотного проекта «Инновационная дорога», реализацию которого предполагается осуществлять по следующим направлениям [3, с. 3-4]:

- 1) Совершенствование дорожного покрытия.
- 2) Совершенствование дорожных строительных конструкций, в том числе мостовых.
- 3) Совершенствование элементов оборудования автомобильных дорог.
- 4) Обеспечение безопасности дорожного движения.
- 5) Организация управления дорожным движением.

Несомненно, все компоненты ИТС являются важными с позиций решения проблемы заторовой ситуации в городах, однако, необходимо учитывать, что в разных городах направления реализации ИТС ранжируются по важности, исходя из специфики города.

Одной из проблемных групп городов, с нашей точки зрения, являются старопромышленные города, которые по определению И. Стародубровской и др. представляют собой «... территорию, на которой исторически сложилась концентрация индустриальных отраслей, что определило экономическую, социальную и пространственную структуру города, не соответствующую новым условиям и требованиям» [5, с. 20]. Это, в свою очередь, предполагает, что города неспособны эффективно функционировать в изменившихся условиях внешней среды.

Одной из причин несоответствия старопромышленных городов современным условиям и требованиям, является устаревшая транспортно-

логистическая инфраструктура, не отвечающая требованиям гибкого производства.

В связи с вышесказанным мы полагаем, что в старопромышленных городах при формировании ИТС первоочередное внимание должно быть уделено организации управления дорожным движением. Первоочередная реализация данного направления будет способствовать:

- предотвращению аварийности на дорогах за счет организации информационного взаимодействия участников дорожного движения с дорожной инфраструктурой;
- регулированию загруженности участков автомобильных дорог, оперативному перенаправлению потоков;
- созданию возможности организации автоматического контроля безопасности дорожного движения.

В рамках данной статьи проведем верификацию данной гипотезы на примере г. Перми, который относится к категории старопромышленных городов и характеризуется значительными проблемами в области безопасности дорожного движения.

В настоящее время на автодорогах г. Перми наблюдается высокий уровень аварийности. Его величина значительно превышает общероссийский показатель примерно на 60%. За 8 месяцев 2013 г. в краевом центре зарегистрировано 1545 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых 1935 человек получили различные травмы. Число погибших в авариях выросло на 14% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года и составило 98 человек.

По данным статистики [1] основной процент аварий на пермских дорогах происходят по вине водителей, которые грубо, а зачастую и преднамеренно нарушают Правила дорожного движения. Из общего числа аварий по вине водителей произошло 1321 ДТП (85,5%), в результате которых погиб 81 человек (83%), а 1709 получили различные травмы (88%).

Основными нарушениями ПДД, по причине которых произошли аварии со стороны водителей стали [1]:

- превышение скорости: 337 ДТП, 36 человек погибло, 508 человек травмировано;
- нарушение правил проезда перекрестка: 358 ДТП, 9 человек погибло, 490 человек травмировано;
- выезд на полосу дороги, предназначенную для встречного движения: 60 ДТП, 16 человек погибло, 110 человек травмировано.

Одной из основных причин увеличения аварийности на дорогах города является несовершенство системы управления автодорожной сетью Пермского края в целом и города Перми в отдельности. Для повышения ее эффективности в г. Перми началось введение ИТС, в частности, переход на электронную систему управления дорожным движением.

Основным показателем, характеризующим эффективность системы управления дорожным движением, является пропускная способность городской

сети автомобильных дорог, представляющая собой количество автомобилей за 1 час, которое пропускает система, при прочих равных условиях.

В настоящее время скорость потока является одним из важных логистических критериев, которые учитывают транспортные компании при построении маршрута. И чем меньше средняя скорость потока, тем больше вероятность объезда города через соседние. Это приводит к снижению транзитного транспорта, проходящего через город, и потере инвестиционной привлекательности.

Для расчета средней скорости движения используется средняя вероятностная скорость, которая рассчитывается по формуле:

$$V = SQ + F(x), \quad (1)$$

где:  $SQ$  – транспортная пропускная способность;

$F(x)$  – логистическая функция, показывающая увеличение нагрузки в разные временные периоды.

Для расчета необходимо знать следующие данные: ширина автодороги, количество светофоров на каждый квартал, количество камер автоматической фиксации, количество АТС в часовые периоды нагрузки, и число автомобилей за одну условную единицу времени (сутки, день, неделя и т.д.) [2, 148-155].

Также необходимо разбить всю улично-дорожную сеть города на квадраты. Главным принципом выделения кварталов является схожесть улиц, входящих в данный квартал по интенсивности движения и пропускной способности. По периметру данных квадратов устанавливаются интерактивные знаки, которые перенаправляют потоки уличного движения, тем самым разгружая улицы.

Для того, чтобы рассчитать логистическую функцию, необходимо для каждого квадрата города выделить список наиболее главных улиц и сделать анализ функции. Полученный результат показывает, насколько снижается средняя скорость за каждый год при прочих равных условиях.

Оптимальная средняя скорость дорожного движения, по мнению градостроителей, должна составлять около 40-45 км/ч.

Достигнутый показатель по этому критерию для окраинных улиц г. Перми составил 32-35 км/ч, а для центральных – 7-20 км/ч.

Решение данной проблемы связано, в первую очередь, с совершенствованием магистралей регулируемого движения до уровня непрерывного движения.

За период 2000-2012 гг. на территории г. Перми и пригородных территориях проведен ряд работ по увеличению средней скорости движения и пропускной способности улиц. В результате данных работ г. Пермь приобрел радиальную ориентацию дорог, что значительно позволило увеличить среднюю скорость потока при въезде и выезде из города.

Однако этого удалось достичь в основном за счет строительства новых и реконструкции уже имеющихся магистралей. Столь быстрому росту способствовало два фактора: географический – а именно, равнинный характер местности, отсутствие искусственных сооружений виде зданий, железных и

других дорог, линий электропередач; и геоэкономический – г. Пермь по геоэкономическому положению является ключевым центром в транспортном коридоре России.

Однако в центре г. Перми провести данные работы невозможно, ввиду того, что улицы города крайне загромождены искусственными сооружениями. В табл. 1 представлены расчеты годового изменения средней скорости движения в г. Перми на примере «Центрального квадрата № 149» с использованием логистической функции.

Таблица 1. – Расчеты годового изменения средней скорости движения в г. Перми на примере «Центрального квадрата № 149»

| Название улицы         | Ширина дороги | Количество светофоров | Количество камер автоматической фиксации | Число АТС в пиковое время | Число автомобилей за одну минуту | Снижение скорости |
|------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Плеханова              | 6             | 4                     | 0                                        | 85                        | 64                               |                   |
| Петропавловская        | 10            | 8                     | 3                                        | 83                        | 195                              |                   |
| Комсомольский проспект | 17            | 6                     | 7                                        | 123                       | 296                              |                   |
| Монастырская           | 9,4           | 2                     | 3                                        | 165                       | 158                              |                   |
| Газеты Звезда          | 5,5           | 7                     | 5                                        | 64                        | 96                               |                   |
| Ленина                 | 18            | 9                     | 10                                       | 100                       | 189                              |                   |
|                        |               |                       |                                          |                           |                                  |                   |
| Максимальное значение  | 18            | 9                     | 10                                       | 165                       | 296                              |                   |
| Среднее значение       | 10,98         | 6                     | 4,67                                     | 103,33                    | 166,33                           |                   |
| Логистическое значение | 0,61          | 0,67                  | 0,47                                     | 0,63                      | 0,56                             | 2,93              |

На основе табл. 1 был составлен прогноз средней скорости движения до 2016 г. и параллельно был произведен расчет логистической кривой скорости, которая отражает действительную скорость потока, при сложившейся загруженности (рис. 1).

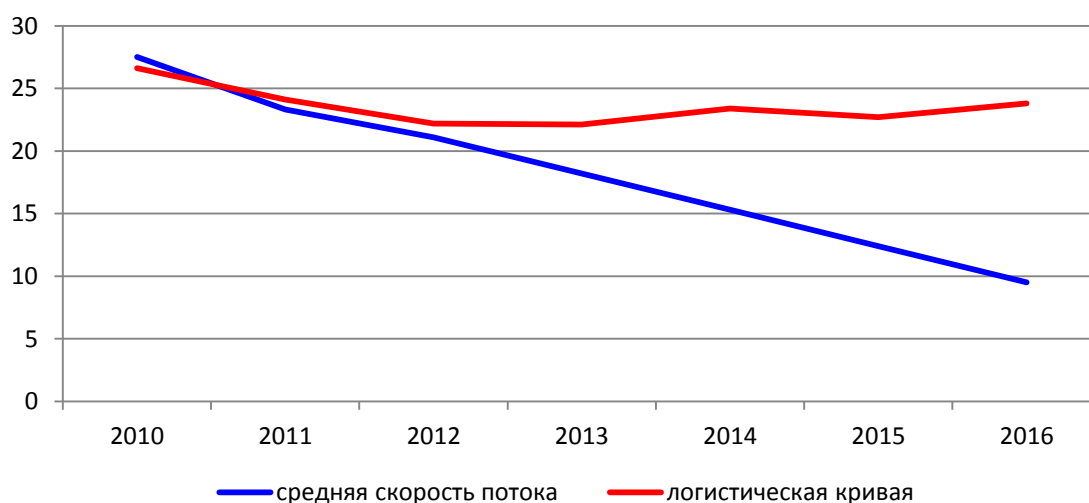


Рис. 1. Пропускные характеристики улично-дорожной сети г. Перми до 2016 г.

Из рис. 1 видно, что при увеличении транспортного потока, представленного в виде логистической кривой (число автомобилей на 1 км) происходит снижение средней скорости потока, что свидетельствует о неэффективности управления УДС г. Перми.

Для того, что решить задачу повышения средней скорости потока был разработан проект, позволяющий увеличить скорость движения потока за счет перераспределения основных потоков движения, получивший название «Траффикатор».

Проект «Траффикатор» основывается на введении интерактивного управления движением в городе. Основным его преимуществом является то, что он может работать в труднодоступных местах, где невозможно расширение дороги или изменение организации дорожного движения.

«Траффикатор» представляет собой комплексную систему, включающая в себя светофоры, камеры АСУДД, специальные интерактивные знаки – движения по полосам, способные переключаться из центра управления дорожным движением. Другими словами, «Траффикатор» представляет собой гибкую систему управления светофорной сигнализацией на перекрестке.

На рис. 2 представлена гибкая система управления светофорной сигнализацией на перекрестке. Необходимость ее внедрения обусловлена следующим. Дело в том, что автоматы, переключающие светофоры, работают по заранее заданным программам и не имеют обратной связи от объекта управления, т.е. от транспортного потока. Последовательность сигналов и их длительность остаются постоянными независимо от наличия или отсутствия транспортных средств на подходах к перекрестку.

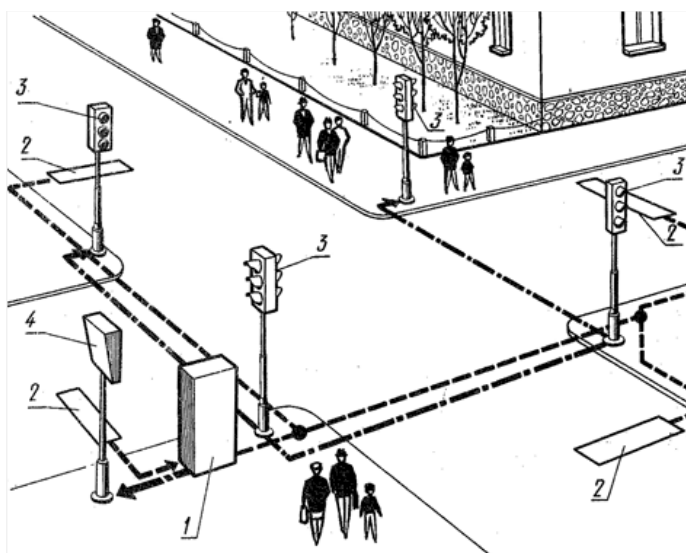


Рис. 2. Гибкая система управления светофорной сигнализацией на перекрестке. 1 - контроллер со счетно-решающим устройством, 2 - транспортные детекторы индуктивного типа, 3 - светофоры, 4 - управляемый знак со сменным изображением.

Чтобы повысить эффективность регулирования, на сложных транспортных узлах используются более совершенные контроллеры, снабженные счетно-решающими устройствами. Принцип работы такого контроллера заключается в следующем (рис. 2). На всех подходах к перекрестку устанавливаются детекторы (2), собирающие информацию о наличии и количестве прибывающих с различных направлений транспортных средств. Полученная информация, в свою очередь, по каналу связи поступает в счетно-решающее устройство (1). Контроллер включает зеленый сигнал для того направления, с которого раньше появились автомобили.

Одновременно собирается информация о прибывающих к перекрестку автомобилях с других направлений. Если по истечении установленного времени горения зеленого сигнала в данном направлении больше не прибывают автомобили, то контроллер автоматически переключает зеленый сигнал на то направление, по которому к перекрестку раньше прибыла группа транспортных средств. Если поток транспорта не закончился, то действие зеленого сигнала продлевается на определенную величину. Таким образом, переключение сигналов светофоров (3) осуществляется с учетом загрузки каждого направления и очередности пребывания автомобилей к перекрестку.

Данная система управления светофорной сигнализацией на перекрестке может управлять интерактивными знаками (4), на которых счетно-решающим устройством выбирается то изображение, которое требуется в конкретной ситуации (например, ограничение скорости, запрещение поворотов). Контроллеры со счетно-решающим устройством для гибкого регулирования на сложных перекрестках выпускаются отечественными предприятиями и успешно функционируют во многих городах нашей страны.

На рис. 3 представлена электрическая схема работы интерактивный знак со сменным изображением.

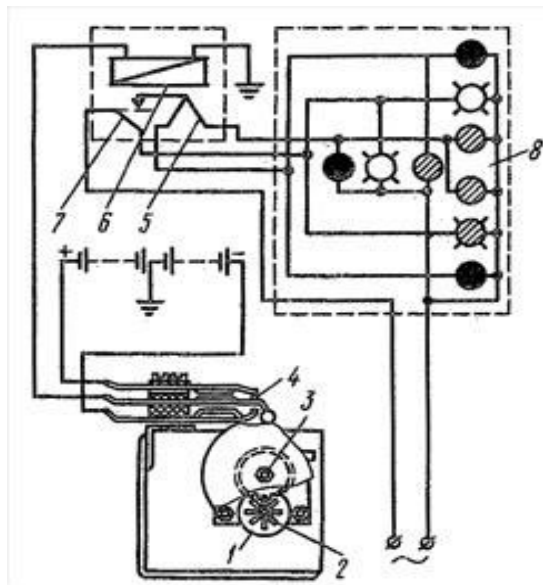


Рис. 3. Электрическая схема работы интерактивного знака со сменным изображением.

Принцип его работы заключается в следующем (рис. 3). Однофазный синхронный электродвигатель вращает редуктор (2), передаточное отношение которого выбирается с учетом характеристик двигателя и длительности цикла. На специальной оси укреплены профилированные диски (3). Диски при вращении поочередно замыкают и размыкают контакты (4), через которые к обмотке поляризованного реле (6) подводится постоянный ток различной полярности. При срабатывании реле контактами (7) и (5) включается один из трех сигналов знаков. На рис. 3 показано положение, когда контакт (7) включил желтый сигнал. При дальнейшем вращении кулачка замыкается другая группа контактов (4), посылая в реле (6) ток обратной полярности. В результате контакт (7) притягивается, а контакт (5) перебрасывается в положение, показанное пунктиром, при этом включается красный сигнал знака (8). Продолжительность левой стрелки равна времени скольжения контакта по той части профилированного диска, которая соответствует левой стрелке-фазе (1). После левой стрелки включается стрелка – прямо, стрелка права. Автомат может управлять одновременно несколькими интерактивными знаками [4].

Однако набор дисков в одном контроллере обеспечивает управление знаком на перекрестке только по одной заранее составленной программе, т.е. в полном соответствии с конфигурацией дисков и их взаимным размещением. Между тем интенсивность движения весьма существенно изменяется в течение суток и поэтому программа работы знака (рассчитанная на какую-то определенную интенсивность) не может обеспечить оптимальное регулирование в течение всех 24 часов.

Для оптимизации процесса регулирования применяются контроллеры с несколькими программами. Обычно бывает достаточно трех программ: одна для часов пик, другая работает в дневное время, а третья – ночью.

Кроме интерактивных знаков гибкая система управления светофорной сигнализацией на перекрестке включает системы вызывного действия. Они устанавливаются в местах, которые предназначены для перекрытия движения по магистрали на время проезда единичных транспортных средств по второстепенной дороге.

Принцип действия вызывного устройства заключается в следующем. Со стороны второстепенной улицы перед перекрестком устанавливают транспортный детектор – чувствительный элемент, реагирующий на движение транспортных средств. Наибольшее применение получили индуктивные и ультразвуковые детекторы. На главной магистрали постоянно включен зеленый сигнал, а со стороны второстепенного направления – красный. Если по второстепенной улице к магистрали приблизится автомобиль, то транспортный детектор пошлет сигнал в контроллер, который через заданный промежуток времени для второстепенного направления включит сначала желтый, а затем зеленый сигналы, обеспечивающие выезд автомобиля на главную магистраль. После проезда автомобиля восстанавливается обычное положение – зеленый сигнал на основной магистрали, красный – на второстепенной.

Устройства вызывного действия могут применяться и для пешеходов в местах, где их движение носит эпизодический характер (например, на пешеходных переходах, расположенных возле школ, детских учреждений и т.п.). На таких пешеходных переходах устанавливают кнопочный датчик, с помощью которого сами пешеходы включают для себя зеленый, а для транспортных средств – красный сигнал. Применение пешеходных вызывных устройств существенно повышает безопасность движения пешеходов и способствует сокращению задержек транспортных средств.

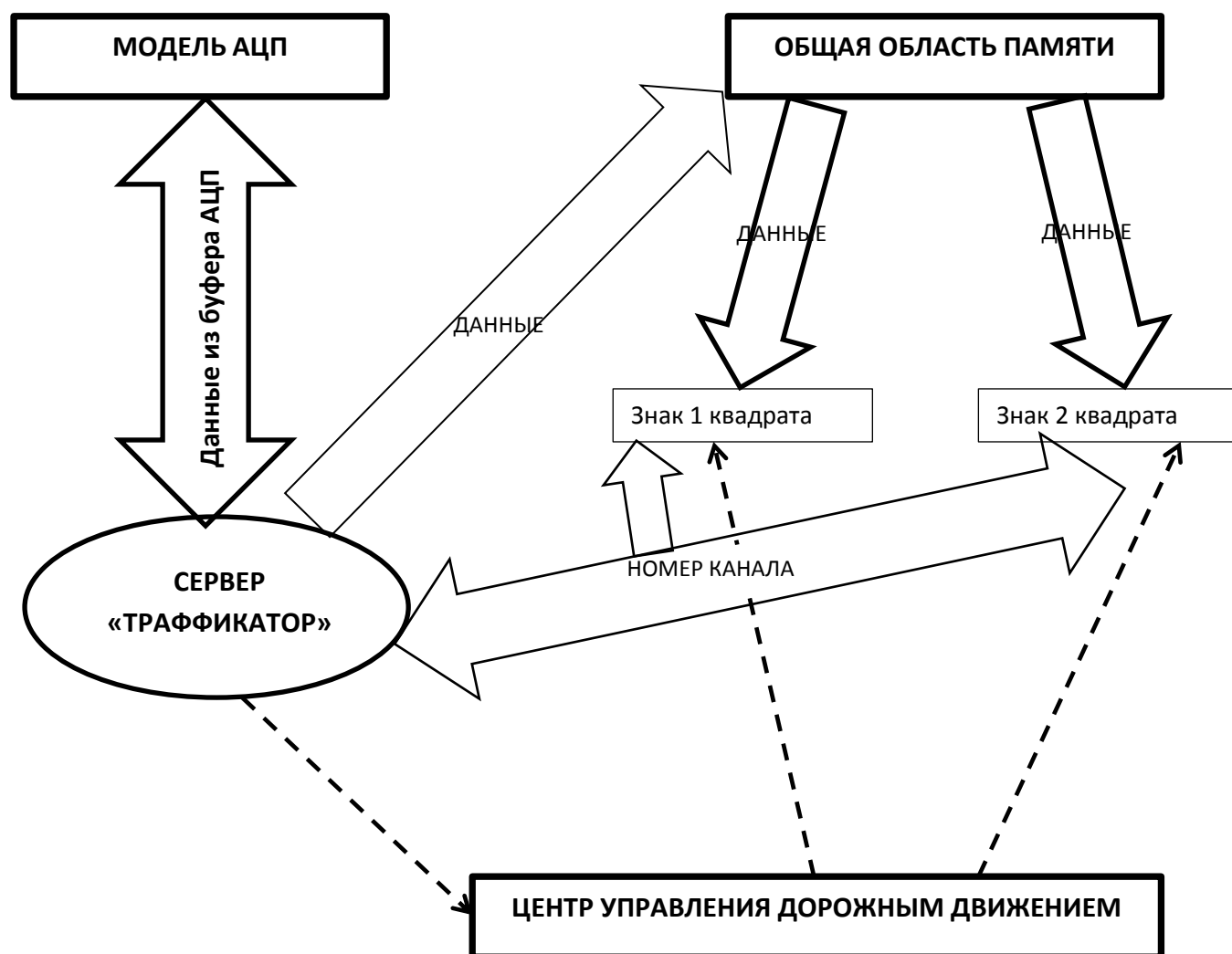


Рис. 4. Сервер гибкой системы управления дорожным движением на перекрестке («Трафикатор»)

Для полноты картины о состоянии загруженности улиц необходимо использовать сервер (рис. 4), позволяющий получать комплексную информацию о дорожном движении в режиме реального времени.

Информация на сервер поступает со спутников «Глонасс», «GPS», «Яндекс – Пробки» и системы реального мониторинга ситуации «Сокол-12». Далее часть информации отправляется на модуль автоматического центрального пульта (АЦП) гибкой системы управления дорожным движением

на перекрестке. АЦП отвечает за автоматическое переключение средств регулирования движения в зависимости от обстановки на дорогах, тем самым переключает интерактивные знаки. В результате этого образуется система коридоров «Зеленых улиц» в г. Перми, которые являются приоритетными потоками движения транспорта в городе. Данные коридоры позволяют ослабить нагрузку на загруженные УДС, которые впоследствии сами станут «Зелеными коридорами».

Другая часть информации отправляется в центр управления движением Пермского края для перенаправления внешних потоков транспорта. Данная мера позволит ослабить нагрузку за счет снижения влияния внешних эффектов, которыми обладает транзитный транспорт.

Таким образом, данная система позволит снизить нагрузку УДС города Перми за счет перераспределения транспортных потоков почти в два раза, что положительно скажется на развитии транспортной системы города.

Нами был рассмотрен проект, позволяющий усовершенствовать организацию управления дорожным движением в старопромышленном городе, характеризующимся наличием искусственных сооружений, препятствующих реконструкции магистралей или их новому строительству.

В результате была подтверждена выдвинутая гипотеза о том, что проект «Траффикактор», представляющий собой гибкую систему управления светофорной сигнализацией, способствует увеличению скорости движения потока за счет организации автоматического контроля безопасности дорожного движения и организации информационного взаимодействия участников дорожного движения с дорожной инфраструктурой. Это, несомненно, способствует предотвращению аварийности на дорогах города.

Данный опыт может стать полезным не только для старопромышленных городов, поскольку проект адаптировался применительно к старопромышленному городу, каковым является г. Пермь, но также там, где невозможно строительство новых или реконструкция старых магистралей ввиду загроможденности искусственными сооружениями.

#### Список литературы

1. Аварийность на дорогах города Перми. Официальный сайт Государственной автомобильной инспекции МВД Российской Федерации. – [Электронный ресурс]: URL: [http://www.gibdd.ru/news/59/262822/?sphrase\\_id=1539819](http://www.gibdd.ru/news/59/262822/?sphrase_id=1539819) (дата обращения: 06.10.2013).
2. Гаджинский А. М. Логистика. Учебное пособие. М.: Дрофа, 2008.
3. Концепция федерального инновационного пилотного проекта «Инновационная дорога». – [Электронный ресурс] – URL: <http://haa.su/sn1/> (дата обращения: 04.10.2013).
4. Принцип действия приборов уличного регулирования. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.drivingplus.ru/driving/dorojnoe-dvijenie/2.html> (дата обращения: 22.09.2013).

5. Стратегии развития старопромышленных городов: международный опыт и перспективы в России / И. Стародубровская [и др.]; под ред. И. Стародубровской. – М.: Изд-во Института Гайдара, 2011. – 248 с. : ил. – (Научные труды / Ин-т экономической политики им. Е. Т. Гайдара; № 148Р). – ISBN 978-5-93255-308-4. – [Электронный ресурс] – URL: [http://www.iep.ru/files/text/working\\_papers/148.pdf](http://www.iep.ru/files/text/working_papers/148.pdf) (дата обращения: 05.10.2013).