

Секция 1. ИННОВАЦИИ В СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ (ИТС) КРУПНЫХ ГОРОДОВ

УДК 656.13.08.05

Зырянов В.В., д-р техн. наук; *Мирончук А.А.*, ассистент (РГСУ, Ростов-на-Дону, Россия)

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИОРИТЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Zyryanov V., Dr., Pro.f, RSCEU, Rostov-on-Don, Russia, *Mironchuk A.*, assistant, RSCEU, Rostov-on-Don, Russia

BUS PRIORITY METHODS USING INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

This paper describes some results of using microscopic traffic simulation for evaluation of intermittent bus lane (IBL) operation. There is a limited experience of implementation IBL and necessary additional researches in this area. The objective of this study is to know advantage and limitation of the IBL at different volume of background traffic and bus signal priority. We concentrated on the two-lane road as more complex for implementation of IBL. For this purposes we used AIMSUN and created special logic script for microsimulation IBL. Results of simulation reveal various tendencies of change of speed of the traffic and buses at increase of the traffic volume for standard bus routes and IBL.

Заторовые ситуации на улично-дорожной сети городов, возрастающие, вследствие этого, транспортные издержки и другие негативные последствия, требуют расширения исследований, планирования и разработки стратегий обеспечения мобильности для постоянно усложняющихся условий дорожного движения. При создании устойчивых транспортных систем городов одним из наиболее перспективных направлений является повышение привлекательности общественного транспорта. В последние годы развитие систем управления общественным транспортом, совершенствование методов организации движения городского пассажирского транспорта базируется на функциональных возможностях интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Повышение привлекательности общественного транспорта невозможно обеспечить до тех пор, пока автобусы движутся в общем транспортном потоке в тех же самых заторовых условиях и с существенными задержками. Поэтому одним из наиболее важных условий повышения эффективности работы общественного транспорта является использование различных стратегий приоритетного движения. При многих явных преимуществах для маршрутных автобусов наиболее часто среди недостатков выделения приоритетных полос общественному транспорту называют снижение пропускной способности дороги из-за невозможности использовать эту полосу для остальных видов транспорта. Однако существуют различные подходы для частичного устранения этого недостатка. Расширение функциональных возможностей приоритетного движения общественного транспорта связано с развитием интеллектуальных транспортных систем (ИТС). В последние годы привлекает внимание концепция приоритетных полос прерывного действия. Идея функционирования таких полос состоит в том, чтобы используя информационное обеспечение ИТС обеспечить совместное использование приоритетной полосы автобусами и индивидуальным транспортом в зависимости от занятости полосы автобусами [2, 3, 8].

Теоретически возможность организации приоритетных полос прерывистого действия была доказана Ж. Вигасом [5, 6]. В этой работе раскрыта концепция функционирования приоритетных полос прерывного действия, технические и организационные требования для

практического внедрения. Алгоритм управления движением на такой полосе заключается в следующем:

- при отсутствии автобусов на данном участке все полосы открыты для движения индивидуального транспорта, т. е. приоритетной полосой прерывного действия для автобусов могут пользоваться другие виды транспорта;
- когда автобус приближается к приоритетной полосе прерывного действия, активируется первая секция этой полосы. Активация осуществляется посредством управляемых дорожных знаков и встроенных в дорожную разметку катафотов. На управляемых дорожных знаках высвечивается требование индивидуальному транспорту освободить приоритетную полосу, а катафоты показывают длину активной секции;
- к моменту подхода автобуса приоритетная полоса свободна от индивидуального транспорта;
- последующие секции приоритетной полосы активируются в зависимости от местоположения автобуса, чтобы индивидуальные автомобили могли освободить соответствующую секцию к моменту подхода автобуса;
- приоритетная полоса становится опять доступной для индивидуального транспорта, когда автобус покидает соответствующую секцию.

Эта концепция была внедрена в Лиссабоне на участке Университетского проспекта с односторонним движением. В результате внедрения приоритетной полосы прерывного действия в Лиссабоне средняя скорость автобусов на этом участке дороги увеличилась на 45–63 % в периоды пиковых нагрузок и на 15–25 % при стабильном состоянии транспортного потока. При этом не было отмечено падения скорости движения транспортного потока [6].

Интересный проект приоритетной полосы прерывного действия для трамваев был реализован на одной из улиц Мельбурна длиной 2,1 км [3]. В отличие от варианта в Лиссабоне кроме управляемых дорожных знаков использовалось также светофорное регулирование. В адаптивном режиме изменялись параметры светофорного регулирования для того, чтобы гарантированно освободить полосу перед регулируемым пересечением. Скорость движения трамваев в час пик увеличилась на 10 %. Меньшие параметры эффективности объясняются более сложными условиями движения по сравнению с проектом в Лиссабоне.

В отличие от стандартной выделенной полосы приоритетного движения, организация приоритетной полосы прерывного действия является сложной задачей, как с научной, так и с технической точек зрения. Для внедрения такого метода приоритетного движения предварительно необходимо определить оптимальное соотношение объемов движения индивидуального и общественного транспорта, критическую интенсивность движения, длину каждой секции, на каком расстоянии автобуса до начала приоритетной полосы необходимо активировать каждую секцию, необходимость приоритета на регулируемом пересечении. Техническое обеспечение должно включать такие компоненты ИТС как наличие в автобусах датчиков ГЛОНАСС, управляемых дорожных знаков, встроенных в дорожное полотно катафотов.

Учитывая такие сложности, в каждом случае организации движения по методу приоритетной полосы прерывного действия предварительно проводилось исследование параметров и моделирование дорожного движения [1, 4]. Это связано не только со сложностью самой задачи, но и с тем, что в данном случае существует достаточное количество ограничений по конкретным условиям движения, расположению остановочных пунктов, длине перегона, частоте движения автобусов.

Для исследования особенностей функционирования приоритетных полос прерывного действия нами были выполнены модельные эксперименты для различных условий. Как правило, наиболее сложным сценарием является организация приоритетного движения по такому принципу на улицах с двумя полосами движения в одном направлении и для этого случая проведены исследования следующих сценариев:

- базовый сценарий движения автобусов без приоритета;
- сценарий организации движения с постоянной полосой приоритетного движения;
- сценарий с приоритетной полосой прерывного действия.

Поскольку в программах микро моделирования отсутствуют стандартные возможности моделировать движение на приоритетных полосах прерывного действия, для программного обеспечения AIMSUN, была разработана дополнительная программа, выполняющая следующие основные функции:

- идентификация автобусов и индивидуальных автомобилей;
- движение транспортного потока при отсутствии автобусов;
- оценка местоположения автобусов относительно начала и окончания приоритетной полосы;
- закрытие полосы для индивидуальных автомобилей таким образом, чтобы уже находящиеся на ней автомобили освободили путь автобусам;
- определение координат ближайшей автобусной остановки и времени нахождения автобуса на ней;
- определение длины очереди перед пересечением и корректировка параметров светофорного регулирования.

Одной из целей моделирования является определение влияния интенсивности транспортного потока на эффективность функционирования приоритетных полос прерывного действия, поскольку необходимо сформулировать основные условия реализации таких проектов. Изменение скорости транспортного потока в зависимости от интенсивности движения для трех избранных сценариев приведено на рис. 1.

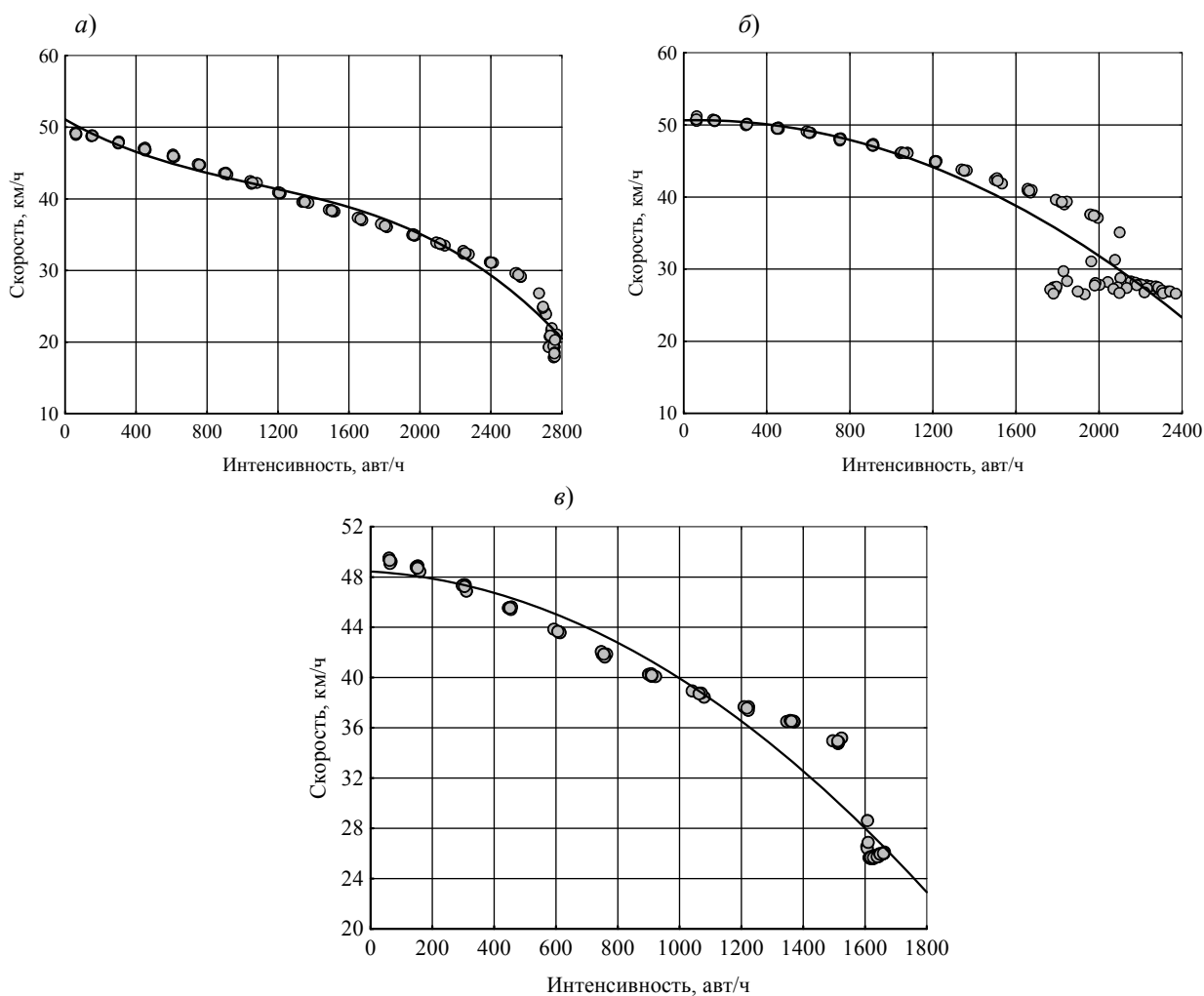


Рис. 1. Зависимости между интенсивностью и скоростью транспортного потока для различных сценариев: а – базовый сценарий без приоритетной полосы; б – сценарий с приоритетной полосой прерывного действия; в – сценарий организации движения с постоянной полосой приоритетного движения

Зависимости между интенсивностью и скоростью имеют следующий вид:

- для базового сценария

$$v = 51,1 - 0,14q + 0,785 * 10^{-5} q^2 - 0,24 * 10^{-8} q^3, r=0,989 \quad (1)$$

- для сценария с приоритетной полосой прерывного действия

$$v = 50,64 + 0,599 * 10^{-3} q - 0,5 * 10^{-5} q^2, r=0,981 \quad (2)$$

- для сценария организации движения с постоянной полосой приоритетного движения

$$v = 48,44 - 0,0014q - 0,71 * 10^{-5} q^2, r=0,984 \quad (3)$$

Очевидно, что для сценария с приоритетной полосой прерывного действия возрастает интенсивность движения по сравнению с постоянной приоритетной полосой. Полученные данные также показывают, что при определенной интенсивности движения происходит достаточно резкое падение скорости. Поэтому важно определить критическую интенсивность движения транспортного потока в зависимости от частоты движения автобусов, поскольку это будет являться одним из основных факторов, ограничивающих внедрение приоритетных полос прерывного действия. Такая зависимость имеет следующий вид:

$$v_{bus} = 23,14 - 0,0411q_{bus} + 0,52 * 10^{-3} q - 0,0085q_{bus}^2 - 0,83 * 10^{-6} q^2, \quad (4)$$

где v_{bus} – скорость автобусов, км/ч; q – интенсивность транспортного потока, авт/час; q_{bus} – частота движения автобусов, ед/ч.

Графическая интерпретация этой зависимости приведена на рис. 2.

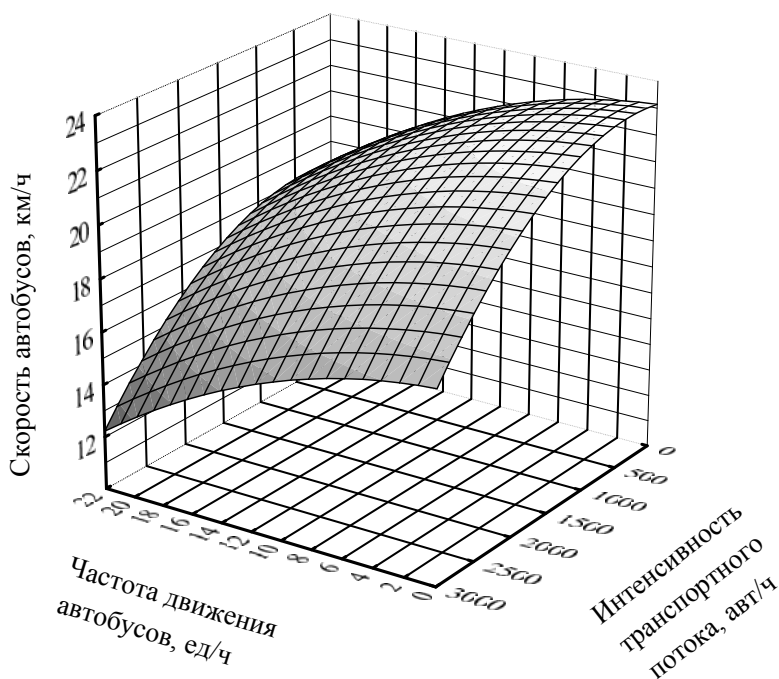


Рис. 2. Влияние интенсивности транспортного потока на скорость автобусов при различной частоте движения автобусов по приоритетной полосе прерывного действия

На основании этих данных был определен критический уровень транспортной нагрузки для различной частоты движения автобусов (таблица). Основным признаком в этом случае является интенсивность движения, с которой начинается резкое падение скорости, как автобусов, так и транспортного потока.

Критическая интенсивность движения постоянно снижается при увеличении частоты движения автобусов, но скорость автобусов сохраняется постоянной. Скорость движения автобусов повышается на 10–25 % при введении приоритетной полосы прерывного действия.

Критическая интенсивность движения для организации приоритетных полос прерывного действия

Критическая интенсивность движения для двух полос, авт/ч	Частота движения автобусов, ед/ч	Скорость автобусов, км/ч	Скорость индивидуальных автомобилей, км/ч
2700	2	21,4	34,1
2550	4	21,3	35,1
2550	6	21,3	33,2
2400	8	21,0	33,7
2250	10	21,5	35,1
2100	12	21,5	36,5
1950	16	21,5	37,4
1500	20	21,4	40,9

После модельных экспериментов общеметодологического характера были проведены исследования возможности организации приоритетной полосы прерывного действия для реального участка дороги. Для этой цели в Ростове-на-Дону был выбран участок ул. Шеболдаева длиной около 1 км, с односторонним движением и двумя регулируемыми пересечениями. Максимальная интенсивность движения достигает 2500 авт/ч, частота движения автобусов составляет 20–30 ед/ч. По данным транспортных детекторов получена информация об изменении интенсивности движения по часам суток (рис. 3)

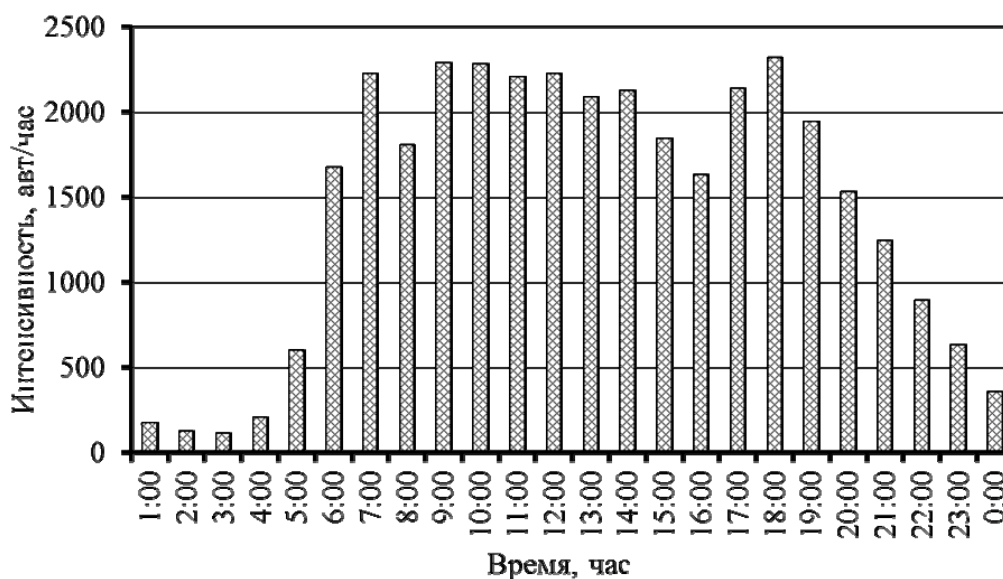


Рис.3. Изменение интенсивности движения на участке исследования

Для создания и калибровки модели необходимы также полные данные о режимах работы автобусов на данном участке сети. По результатам мониторинга движения автобусов в реальном режиме времени получено распределение скорости автобусов при прохождении участка моделирования. Распределение скорости является нормальным со средним 22,5 км/ч. Кроме того, получены данные по времени нахождения автобусов на остановочных пунктах на ул. Шеболдаева, которое подчиняется логарифмически нормальному распределению. Эти данные были использованы при калибровке модели.

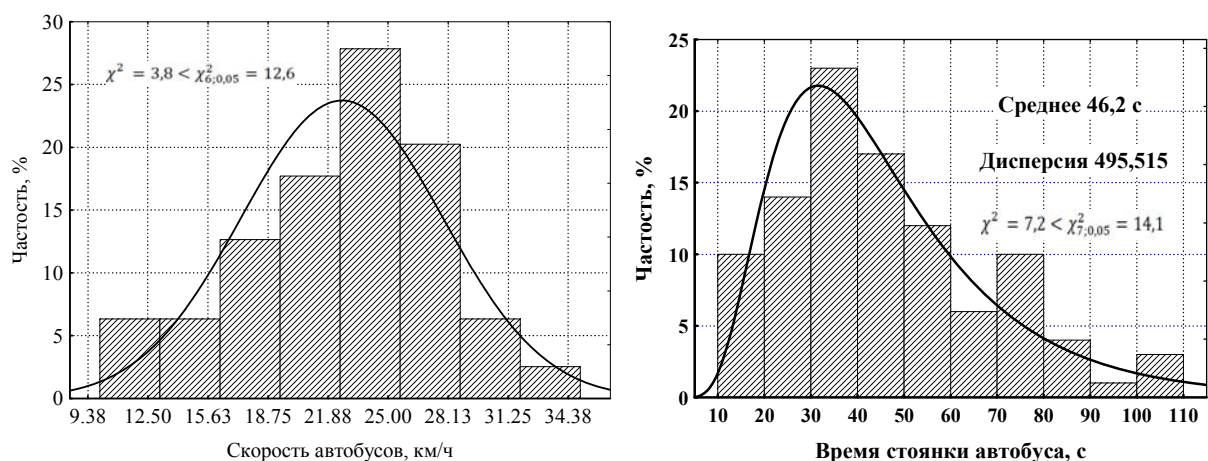


Рис. 4. Распределение скорости движения автобусов и времени нахождения автобуса на остановочном пункте

В результате моделирования для ул. Шеболдаева был получен полный набор параметров для оценки эффективности введения приоритетной полосы прерывного действия: интенсивность движения транспортного потока, скорость автобусов и транспортного потока, задержки. Моделирование выполнялось для сценария изменения реальных данных по интенсивности движения с резкими изменениями нагрузки в пиковые периоды. Изменение скорости движения транспортного потока и автобусов для различных сценариев приведено на рис. 5.

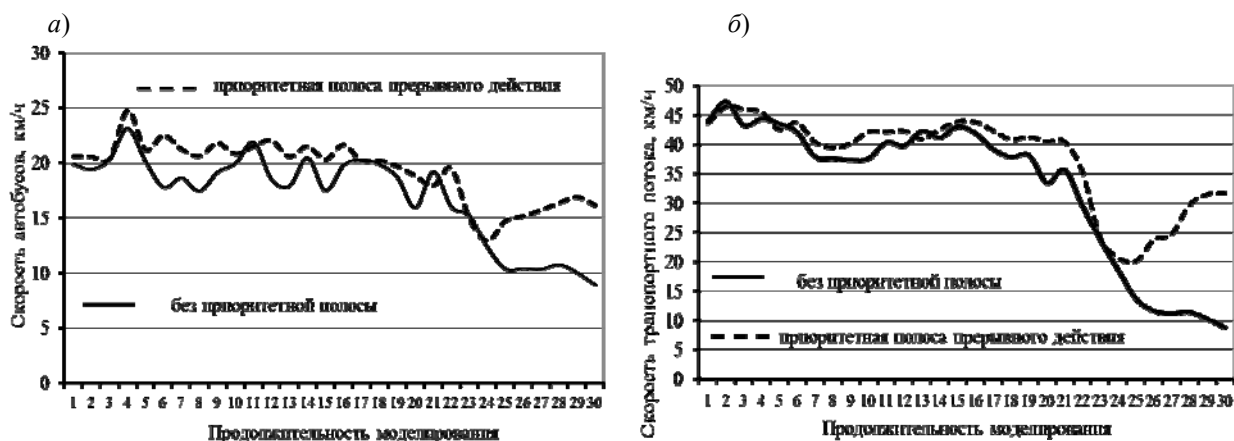


Рис. 5. Результаты моделирования для ул. Шеболдаева (1 деление соответствует 10 мин):
 а – скорость автобусов; б – скорость транспортного потока

Результаты моделирования показывают, что введение приоритетных полос прерывного действия является достаточно эффективной мерой, обеспечивающей увеличение скорости автобусов на 10–25 % по сравнению с движением по стандартному маршруту. В то же время, до уровня загрузки 0,7 от максимальной не происходит ухудшения условий движения индивидуального транспорта. Однако необходимо очень внимательно подходить к выбору участков улично-дорожной сети, на которых возможно использование этого метода. Необходимы предварительные исследования и моделирование для выбора оптимальных параметров организации движения, наличие компонентов интеллектуальных транспортных систем.

Литература

1. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков М.Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения //Транспорт Российской Федерации. СПб. – №1, 2011. – с. 28-33
2. Balke, K., Urbanik, D. and Conrad L. (2000) Development and Evaluation of Intelligent Bus Priority Concept, *Transportation Research Record*, No. 1727, 12 – 19.
3. Currie, G., Lai, H. (2008). Intermittent and Dynamic Transit Lanes Melbourne, Australia, Experience. *Transportation Research Record*, No. 2072, 49 – 56.

4. Eichler, M., Daganzo, C. F. (2006). Bus lanes with intermittent priority: Strategy formulae and an evaluation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40, 731 – 744.
5. Viegas, J., Lu, B. (2001). Widening the Scope for Bus Priority with Intermittent Bus Lanes. *Transport Planning and Technology*, Vol. 24, 87–110.
6. Viegas, J., Roque, R., Lu, B. and Vieira, J. (2007). Intermittent Bus Lane System: Demonstration in Lisbon, Portugal. *Presented at 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D.C.
7. Zyryanov V. (2008) Simulation of impact of components of ITS on congested traffic states. Proceedings of the 7th European Congress on Intelligent Transport Systems: ITS for Sustainable Mobility. Geneva, Switzerland, 2008. №2694. 1-5
8. Zyryanov V., Mironchuk A. (2012) Simulation study of intermittent bus lane and bus signal priority strategy. Transport Research Arena – Europe 2012. Procedia – Social and Behavioral Sciences 48 (2012), 1464-1471

УДК 656.13.08

Капский Д.В., канд. техн. наук, доцент (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ, СВЯЗАННЫХ С УСТАНОВКОЙ ИСКУССТВЕННЫХ НЕРОВНОСТЕЙ

Kapsky D.V. (Belarusian national technical university, Minsk, Byelorussia)

METHOD FOR DETERMINING THE ECONOMIC LOSS ON HUMPS

In article the results of the development of methods for determining economic loss in road traffic to the speed hump, located in the zone of unregulated pedestrian crossing.

Суммарные экономические потери на искусственной неровности $\Pi_{\text{эки}}$ определяются как сумма годовых потерь (здесь в долларах) от остановок, задержек и дополнительных остановок транспорта по формуле

$$\Pi_{\text{эки}} = \Pi_0 + \Pi'_0 + \Pi_t, \quad (1)$$

где Π_0 – потери от (условных) остановок транспорта; Π'_0 – потери от дополнительных остановок транспорта; Π_t – потери от задержек транспорта.

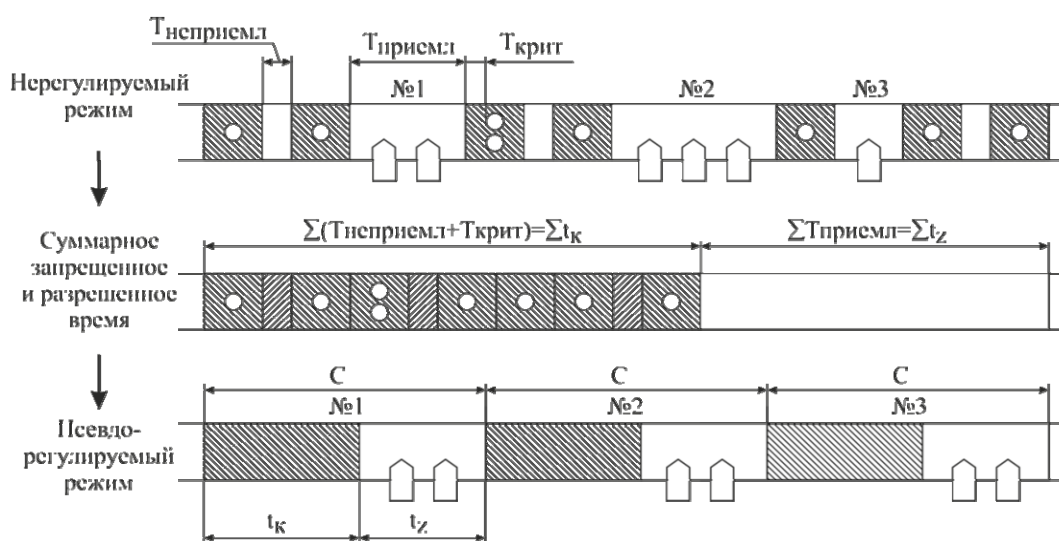
При расчете удельных задержек и дополнительных остановок транспорта возникают определенные трудности, связанные с отсутствием однозначного приоритета пешеходов при переходе проезжей части по нерегулируемому пешеходному переходу. Известно [1], что переход проезжей части по пешеходному переходу в нерегулируемом режиме состоит из трех частей (фаз) – выход на проезжую часть, собственно переход и окончание перехода. Действующие Правила дорожного движения дают пешеходу преимущество в двух фазах из трех, а именно в собственно переходе и в окончании перехода [1, п. 16.2]. В то же время начинать переход проезжей части пешеход может лишь тогда, когда он убедится в безопасности выхода [1, п. 17.2], т. е. если он не вынудит водителя приближающегося автомобиля снизить скорость движения или остановиться. В результате, применение известных формул расчета удельных задержек и остановок транспорта (и пешеходов) в нерегулируемом конфликте, когда один из конфликтующих участников имеет однозначный приоритет [2, 3, 4], является не совсем корректным. Поэтому было признано возможным и целесообразным заменить модель расчета задержек и дополнительных остановок для *нерегулируемого* режима моделью расчета для *псевдорегулируемого* режима.

Возможность такой замены объясняется самой структурой маневра пересечения в нерегулируемом режиме. Известно [2], что второстепенный участник может выполнить маневр пересечения только тогда, когда в главном конфликтующем потоке имеется достаточный (приемлемый) интервал. Поэтому время, занятое интервалами, меньшими минимального приемлемого, является запрещенным для движения второстепенного участника. Известно также

[4], что в каждом приемлемом интервале имеются так называемые «критические интервалы», расположенные по обе стороны от крайних габаритных точек главного конфликтующего участника (в данном случае, пешехода) и равные примерно по 1,5 с, въезд в которые второстепенному участнику запрещен. Следовательно, зная величину минимального приемлемого интервала, закон распределения интервалов и интенсивность движения главного конфликтующего потока, можно определить, скажем, в течение одного часа, число приемлемых интервалов и суммарное время, запрещенное и разрешенное для движения второстепенных участников. В результате, разделив общее время, на число приемлемых интервалов, получим продолжительность условного светофорного цикла, в котором соотношение продолжительности красного и зеленого сигналов равно соотношению суммарного запрещенного и разрешенного времени для движения второстепенных участников.

При определении интенсивности движения главного конфликтующего (пешеходного) потока следует учитывать то обстоятельство, что через пешеходный переход пешеходы идут как поодиночке, так и рядами из двух, трех и более человек. Следовательно, расчетная интенсивность движения пешеходного потока будет несколько меньше фактической и определяться не количеством пешеходов, а количеством рядов пешеходов. Зная закон распределения пешеходного движения, ширину пешеходного перехода и интенсивность движения пешеходов, можно определить интенсивность движения рядов пешеходов, т. е. расчетную интенсивность главного конфликтующего потока.

На рис. 1 показана схема перехода от модели расчета удельных задержек и дополнительных остановок транспорта для нерегулируемого режима к модели расчета для псевдорегулируемого режима.



$T_{\text{приемл}}$ – достаточный (приемлемый) интервал; $T_{\text{неприемл}}$ – интервал, меньший минимального приемлемого; $T_{\text{крит}}$ – критический интервал

Рис. 1. Схема перехода от модели расчета задержек и остановок для нерегулируемого режима к модели расчета для псевдорегулируемого режима

Определив таким образом параметры условного светофорного цикла, рассчитываются удельные задержки и дополнительные остановки для любых соотношений интенсивности движения конфликтующих потоков [6]. По результатам расчетов были построены зависимости удельной задержки и удельной дополнительной остановки автомобилей от соотношения интенсивности движения пешеходов – в пределах от 50 до 1 000 чел./ч – и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения $K_{\text{пн}}$) интенсивности движения транспорта – в пределах от 50 до 1 000 ед./ч (рис. 3).

Минимальный приемлемый интервал в пешеходном потоке T_p определяется по формуле:

$$T_p = 1,15 b_{\text{пеш}} K_{\text{ун}} \sqrt{K_{\text{пн2}}} 1,05^{0,1(V_2-60)}, \text{ с}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ун}}$ – коэффициент условий; $K_{\text{пн2}}$ – динамический коэффициент приведения транспортно-го потока; V_2 – скорость движения транспортного потока при подходе к пешеходному переходу, км/ч; $b_{\text{пеш}}$ – ширина пешеходного перехода, м.

Установлено, что *распределение интервалов T* в пешеходном потоке подчиняется экспоненциальному закону:

$$P_{(T)} = e^{-q^*T}, \quad (3)$$

где q^* – расчетная интенсивность движения пешеходов, равная интенсивности движения условных рядов пешеходов, чел./ч; T – исследуемый интервал движения, с.

При *определении расчетной интенсивности q^** использовался Пуассоновский закон распределения пешеходов в пешеходном потоке в условном интервале 2 с (один ряд пешеходов) по всей ширине пешеходного перехода, принятой равной 5 м, т. е. до 5 пешеходов в ряд ($n_{\text{max}} = 5$):

$$q^* = q_p \left(1 - \sum_{n=2}^N \left[\frac{(q_p T)^n}{n!} e^{-q_p T} \right] \right), \quad (4)$$

где T – интервал в пешеходном потоке, в котором находящиеся пешеходы образуют неразрывный «ряд пешеходов». Принято: $T = 2$ с; n – число пешеходов в одном ряду, чел.; q_p – интенсивность движения пешеходов, физическая, чел./с; N – максимальное число пешеходов в ряду, чел.

Расчет удельных задержек транспорта e_t проводился для отдельной полосы по упрощенной формуле Вебстера:

$$e_t = 0,45 \left[\frac{C(1-\lambda)^2}{1-\lambda x} + \frac{x^2}{q(1-x)} \right], \text{ с/авт.}, \quad (5)$$

где C – продолжительность условного цикла регулирования, с; λ – доля зеленого сигнала в цикле; x – коэффициент загрузки полосы движением; q – интенсивность движения транспорта на полосе, авт./с.

В случаях же перегрузки, когда $x > 0,93$, расчет удельных задержек проводился по формуле Брилона и Ву:

$$e_t = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{N_o}{q_H \lambda}, \text{ с/авт.}, \quad (6)$$

где q_H – поток насыщения, авт./с; N_o – средняя длина очереди перед стоп-линией за период существования перегрузки, авт.:

- при $0,93 < x < 1,14$

$$N_o = 524 T_o q_H \lambda \left[(1,09x-1) + \sqrt{(1,09x-1)^2 + \frac{1,09 x - x_o}{175 q_H \lambda}} \right]; \quad (7)$$

- при $x \geq 1,14$

$$N_o = 900 T_o q_H \lambda \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{x - 0,92 x_o - 0,08}{300 q_H \lambda}} \right], \quad (8)$$

где T_o – продолжительность периода перегрузки, ч; x_o – значение коэффициента x , выше которого будут ожидаться перенасыщенные циклы (когда очередь перед стоп-линией не рассасывается за один светофорный цикл):

$$x_o \approx 0,67 + \frac{q_H \lambda C}{600}. \quad (9)$$

Поскольку в области высоких нагрузок ($x > 0,8$) значения e_t , подсчитанные по приведенным формулам, не совсем совпадают (имеются разрывы функции), то в этой области проводилось графоаналитическое сглаживание и зависимости приобрели вид, приведенный на рис. 2.

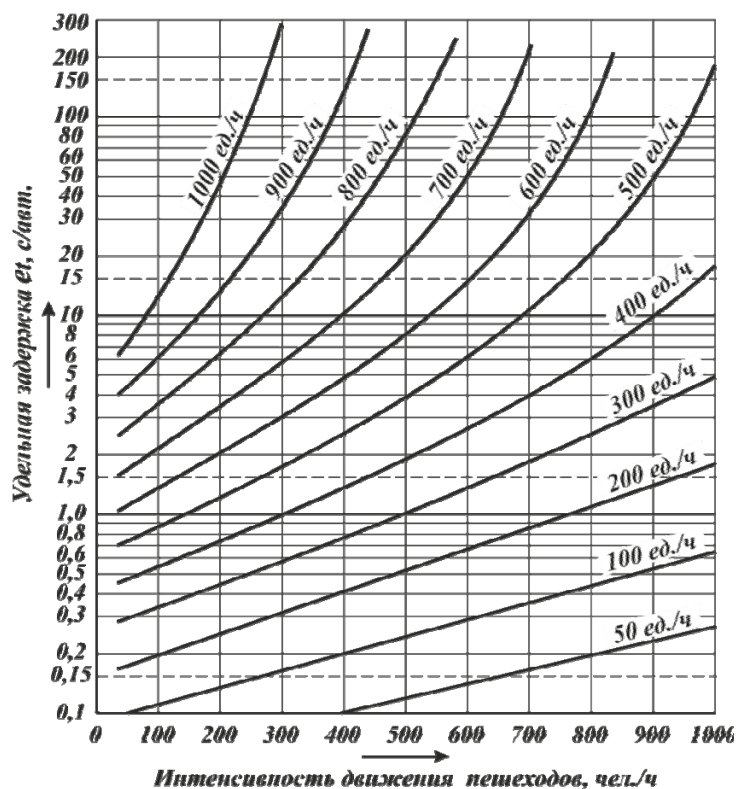


Рис. 2. График определения удельной задержки транспорта при наличии пешеходного перехода

Расчет удельных дополнительных остановок e'_o проводился по формуле:

$$e'_o = (1 - \lambda)K_o, \text{ ост./авт.}, \quad (10)$$

где K_o – коэффициент приращения очереди:

$$K_o = \frac{q_n}{q_n - q}. \quad (11)$$

В случаях перегрузки, когда $x > 0,93$, расчет удельных дополнительных остановок осуществляется по формуле:

$$e'_o = \frac{N_o}{q_n \lambda C}, \text{ ост./авт.}, \quad (12)$$

где N_o – средняя длина очереди перед стоп-линией за период существования перегрузки, авт. (формулы (7) и (8)).

Поскольку в области высоких нагрузок ($x > 0,8$) значения e'_o , подсчитанные по приведенным формулам, не совсем совпадают (имеются разрывы функции), то в этой области также было проведено графоаналитическое сглаживание и зависимости приобрели вид, приведенный на рис. 3.

Определение потерь от остановок транспорта. Поскольку принято, что проезд искусственной неровности приравнен к одной остановке транспортного средства, то годовые экономические потери (долл./год) от «остановок» транспорта Π_o рассчитываются по формуле

$$\Pi_o = Q_\Sigma K_{п\sigma\Sigma} C_o \Phi_m, \quad (13)$$

где Q_Σ – суммарная средняя интенсивность движения транспорта, авт./ч; $K_{п\sigma\Sigma}$ – суммарный коэффициент приведения транспортного потока, экономический; C_o – стоимость одной остановки приведенного автомобиля, долл./ост. По состоянию на 2010 г. принято:

$C_o = 0,06$ долл./ост. – для загородных дорог;

$C_o = 0,04$ долл./ост. – для улиц населенных пунктов;

$C_o = 0,01$ долл./ост. – для жилых зон и дворовых территорий;

Φ_m – годовой фонд времени, ч/год.

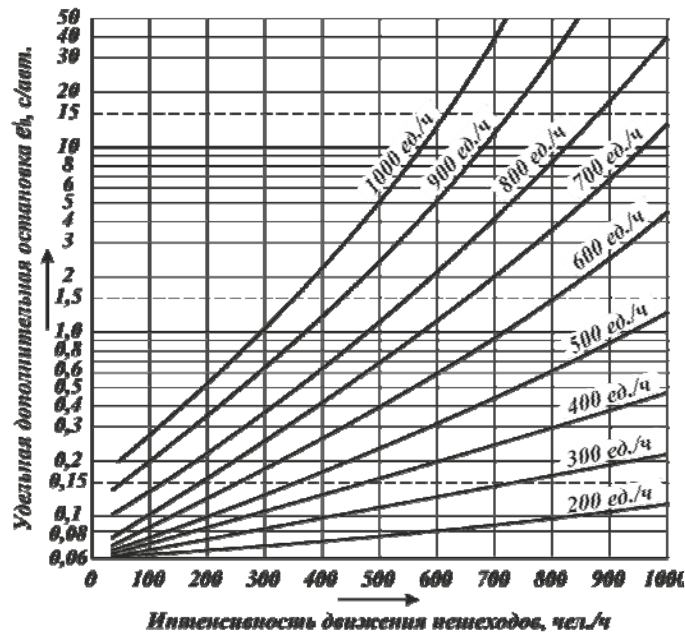


Рис. 3. График для определения удельных дополнительных остановок при наличии пешеходного перехода

Расчеты Π_0 можно выполнять как по суммарным значениям интенсивности движения и состава транспортного потока (Q_Σ и $K_{пэ\Sigma}$), так и по каждой полосе для каждого замера с последующим суммированием. В последнем случае расчетчик четко видит, когда и какая полоса дает наибольший (или наименьший) вклад в суммарные потери.

Определение потерь от задержек транспорта. Годовые экономические потери от задержек транспорта Π_t рассчитываются по формуле

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \Pi_{tik} \quad (14)$$

где Π_{tik} – потери от задержек транспорта на i -й полосе движения k -го замера, долл./год:

$$\Pi_{tik} = e_{tik} \bar{q}_{ik} K_{пэik} \frac{T_{измк}}{T_c} C_t \Phi_{тн} \quad (15)$$

где e_{tik} – среднее значение удельной задержки транспорта за k -й период измерения на исследуемой полосе движения, с/авт. Определяется по графику (см. рис. 2) исходя из значений Q_{pk} и Q'_{ik} для отдельной полосы каждого замера, с/авт. (если $e_t < 0,1$, то $e_t = 0$); \bar{q}_{ik} – средняя интенсивность движения транспорта на i -й полосе движения k -го замера, авт./с; $K_{пэik}$ – экономический коэффициент приведения транспортного потока на i -й полосе движения k -го замера; C_t – стоимость одного часа задержки приведенного автомобиля. По состоянию на 2010 год $C_t = 5$ долл./авт. ч.; $T_{измк}$ – продолжительность k -го измерительного периода, ч; T_c – продолжительность расчетного суточного периода, ч).

Следует отметить, что при относительно небольшой транспортно-пешеходной нагрузке потери от задержек транспорта на искусственной неровности невелики.

Определение потерь от дополнительных остановок транспорта. Годовые потери от дополнительных остановок транспорта рассчитываются по формуле

$$\Pi'_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \Pi'_{oik} \quad (16)$$

где Π'_{oik} – потери от дополнительной остановки транспорта на i -й полосе движения k -го замера, долл./год:

$$\Pi'_{oik} = e'_{oik} \bar{Q}_{ik} K_{пэik} \frac{T_{измк}}{T_c} C'_0 \Phi_{тн} \quad (17)$$

где e'_{oik} – удельная дополнительная остановка транспортного средства на i -й полосе движения k -го замера, ост./авт. Определяется по графику (см. рис. 4) в зависимости от соотношения интенсивности движения пешеходов q_{pk} и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения $K_{пн}$) интенсивности движения транспорта q'_{ik} , ост./авт. (если $e'_o < 0,06$, то $e'_o = 0$). Следует отметить, что при относительно небольшой транспортно-пешеходной нагрузке потери от дополнительных остановок транспорта на искусственной неровности невелики; C'_o – стоимость одной дополнительной остановки приведенного автомобиля (со скорости 20 км/ч). По состоянию на 2010 год $C'_o = 0,01$ долл./ост.

На основе разработанной методики определения экономических потерь на искусственных неровностях, создана компьютерная программа расчета потерь, которая зарегистрирована в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь и используется в [5]. Впервые разработана методика расчета экономических потерь на искусственных неровностях, отличающаяся учетом влияния расположенного в непосредственной близости пешеходного перехода и применением модели псевдорегулируемого режима движения для определения величины экономических издержек, позволяющая рассчитывать потери от задержек и остановок транспорта как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке.

Литература

1. Правила дорожного движения и меры ответственности за их нарушение: по состоянию на 4 янв. 2011 г. – Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2011. – 144 с.
2. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения : в 2 ч. / Ю.А. Врубель. – Минск : Белорус. фонд безопасности дорожного движения, 1996. – Ч. 1. – 328 с.
3. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : справочник / В.У. Рэнкин [и др.]. ; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 424 с.
5. Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения : ДМД 02191.3.020-2009. – Введ. 01.11.2009. – Минск : ОНТИ РДУП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», 2009. – 40 с.
6. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. Учеб. для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. – 270 с.

УДК 656.13

Тебенков С.Е., Михайлов А.Ю. (Национальный исследовательский Иркутский ГТУ, Иркутск, Россия)

АКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Tebenkov S.E., Mikhaylov A.U. National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russian Federation

PERSPECTIVES OF ACTIVE TRAFFIC MANAGEMENT IN RUSSIAN FEDERATION

The paper focuses on Active Traffic Management. It contains the description of traffic control toolkit for freeways which is used to avoid traffic jams and argues that Active Traffic Management is the most effective measure to increase highway capacity.

Нормативный документ ГОСТ Р52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования»[1] предусматривает формирование сети автомобильных дорог высших категорий, к которым отнесены магистрали и скоростные дороги. Формулируемые ГОСТ Р52398-2005 требования к магистралям и городским скоростным дорогам от-

ражают современные тенденции развития и функционирования дорожных сетей. За рубежом острая необходимость в магистральных автомобильных дорогах возникла еще в 50-е годы прошлого столетия, соответственно: Autobahn (Германия, Австрия); Freeway (США, Канада); Motorway (Великобритания, Австралия, Новая Зеландия); Strada extraurbana principale (Италия). В границах агломераций и урбанизированных территорий магистрали обслуживают значительные объемы движения (более 100 тыс. авт./сутки), примером чего является магистральная сеть Рурской агломерации (рис. 1).

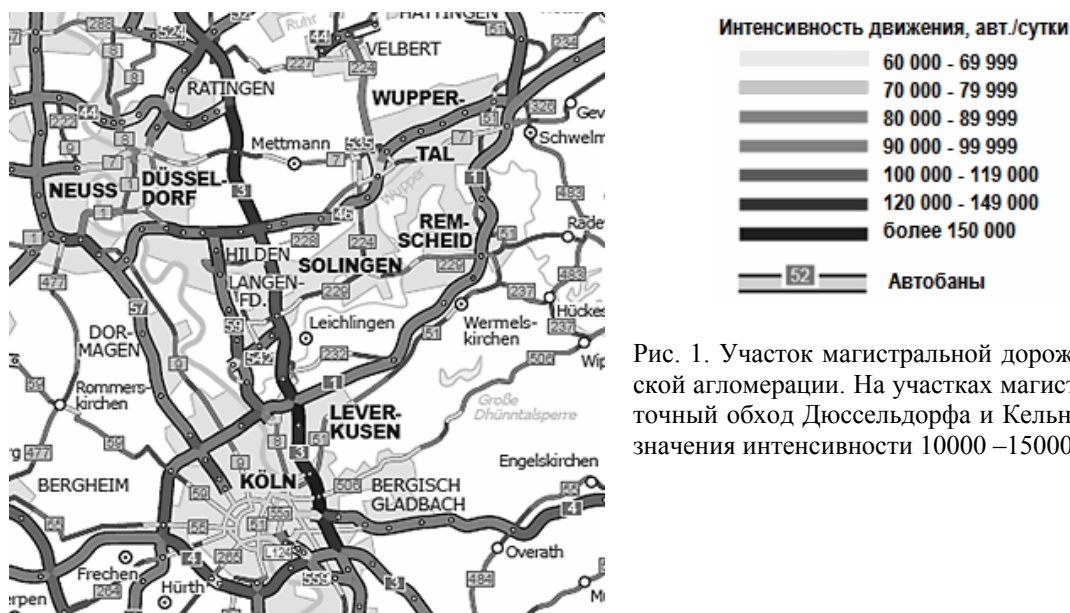


Рис. 1. Участок магистральной дорожной сети Рурской агломерации. На участках магистрали А3 (восточный обход Дюссельдорфа и Кельна) характерны значения интенсивности 10000–150000 авт./сутки

В нашей стране появились участки, суточные объемы движения на которых значительно превышают значения, указываемые СНиП 2.05.02–85* «Автомобильные дороги» – как условие необходимости дороги технической категории (табл. 1). Особенно высокие значения интенсивности наблюдаются на подходах к г. Москва и на кольцевых дорогах (МКАД и 3-я кольцевая дорога в г.Москва и КАД в г.Санкт-Петербург).

Таблица 1

Интенсивности движения транспортных средств на ряде участков дорожной сети РФ

Автомобильная дорога	Суточная интенсивность движения, авт./ч	Источник
М10 «Скандинавия». Участок Белоостров-Выборг	23 000	http://47news.ru
А122. Участок Парголово - Огоньки	31 000	
Санкт-Петербург – Колтуши. Участок КАД - Колтуши	16 000	http://www.udm-nn.ru
М7 «Волга». Участок Москва - Нижний Новгород	16 000	
А119 «Вятка» Участок Чебоксары – Новочебоксарск –авт./сут	30340	

Необходимость обслуживания столь значительных объемов движения вызвало применение особых норм проектирования магистралей, к главнейшим из которых – с позиций управления движением – относятся: нормирование размещения развязок в разных уровнях, запрет устройства разрывов в разделительной полосе, полный контроль доступа к проезжей части (AccessControl). Строгое соблюдение перечисленных выше норм проектирования позволяет применять на магистральных автомобильных дорогах «активное управление дорожным движением» – Active Traffic Management (рис. 2).



Рис. 2. Великобритания. Дорожный знак «Активное управление движением. Следуйте инструкциям» Под активным управлением понимается совместное использование временных ограничений скорости, разрешения движения по обочинам и светофорного регулирования на рампях развязок

Следует особо отметить, что в настоящее время наблюдается тенденция гармонизации норм проектирования автомобильных дорог и методов управления дорожным движением. Так в составе 4-го Международного симпозиума по геометрическому проектированию автомобильных дорог (4th International Symposium on Highway Geometric Design, Валенсия, Испания, 2010 г.) был проведен семинар «Активное управление дорожным движением» (Active Traffic Management).

В концептуальном документе «Российская Интеллектуальная Транспортная Система» (РИТС), разработанного в рамках Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах», рассмотрено функциональное назначение автоматизированных систем управления дорожным движением на магистральных и скоростных автомобильных дорогах (АСУДД Магистраль).

Были сформулированы основные принципы и понятия, указано функциональное назначение АСУДД Магистраль [2]. Представляется интересным сопоставительный анализ концепции АСУДД Магистраль и ее аналога Active Traffic Management. В ограниченных рамках статьи остановимся на самом главном – трех важнейших инструментах предотвращения транспортных заторов, используемых в рамках Active Traffic Management и не рассматривавшихся подробно в российской специальной литературе и периодике.

Гармонизация скорости (Speed Harmonization) – применение изменяемых ограничений скорости (Variable Speed Limits – VSL) для достижения оптимальной скорости движения транспортного потока при данных дорожных условиях и интенсивности движения [4,6]. Цель гармонизации скорости – предупреждение образования ударных волн в потоке. Выбор ограничений скорости (рис. 3) осуществляется на основе данных мониторинга характеристик транспортного потока и дорожных условий в режиме реального времени. В частности на кольцевой дороге Лондона M25 временные ограничения скорости вводятся при следующих значениях плотности транспортного потока (в расчете на полосу): 60 миль/ч – плотность потока превышает 1650 авт./миля; 50 миль/ч – плотность потока превышает 2050 авт./миля.

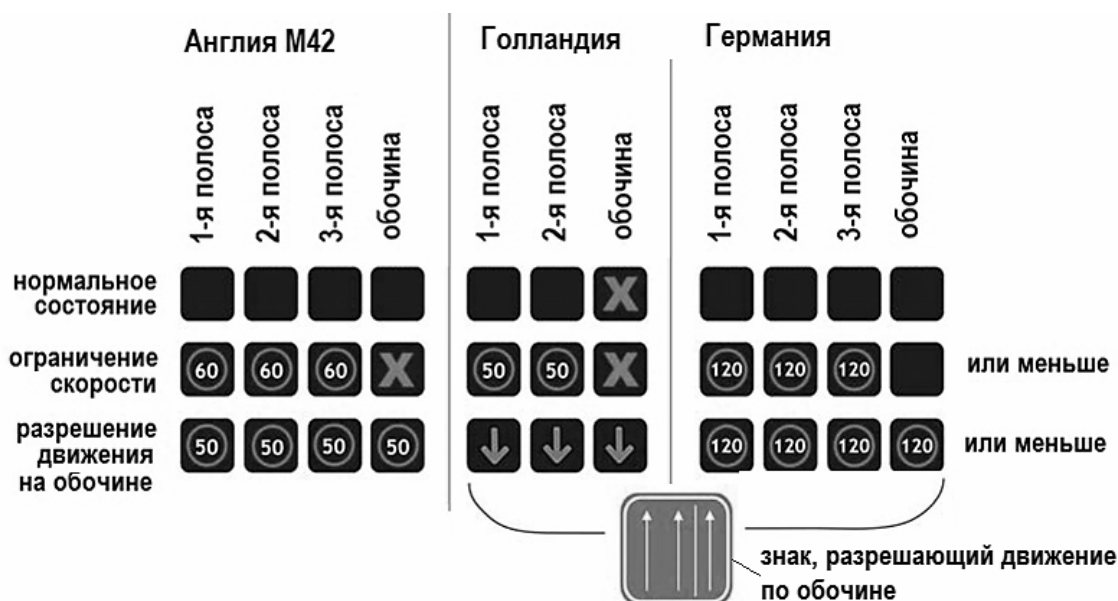


Рис. 3. Использование знаков переменной информации для управления транспортным потоком с целью предотвращения заторов. Для удобства сравнения M42 (Англия) показана зеркально – «правостороннее движение»

Использование обочин (ShoulderUse или ShoulderRide) – временное разрешение движения по обочинам в периоды наиболее высоких интенсивностей движения. Существует ряд нюансов в организации движения по обочинам. Так в Германии и Голландии для этого используется специальный дорожный знак (рис. 3), а в Англии разрешение движения по обочине указывается только пределом скорости движения на знаке переменной информации, размещаемом над обочиной.

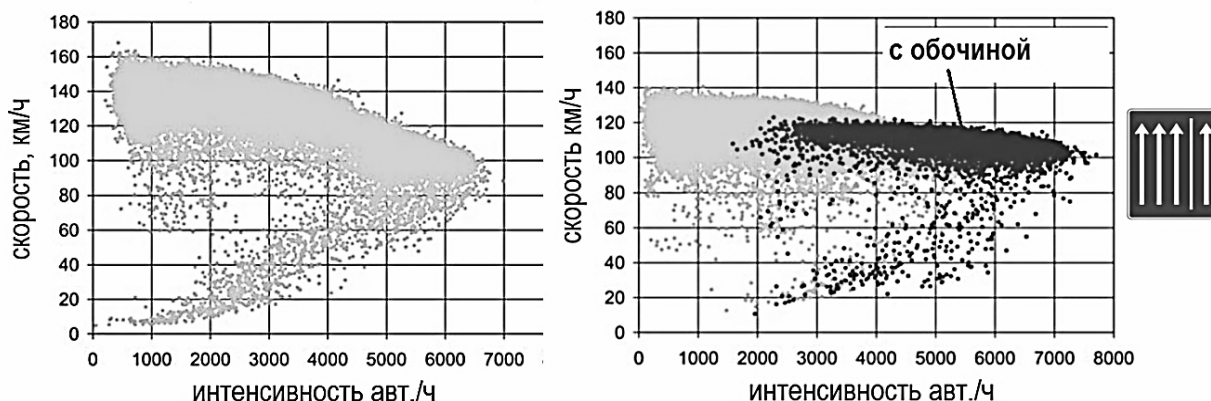


Рис. 4. Увеличение пропускной способности магистральной дороги – эффект совместного применения временного снижения скорости до 120 км/ч и временного разрешения движения по обочине (Германия)

Регулирование движения на развязках (Junction Control) включает:

- светофорное регулирование выезда на проезжую часть магистральной дороги с рампы развязок (Ramp Metering);
- предупреждение образования очередей на рампах выезда с магистральной дороги – координированное управление движением на рампах и прилегающих к ним пересечениях улично-дорожной сети.

Сразу отметим, что вторая задача является наиболее сложной и реализуется как координированное регулирование перекрестков, на которые поступает транспортный поток с «выходной» рампы магистральной дороги. Цель координированного регулирования – недопущение образования очереди транспортных средств на «выходной» рампе, которая может «запирать» крайнюю правую полосу и тем самым создавать предзаторовую ситуацию на самой магистрали.

В настоящее время накоплен значительный опыт решения первой задачи – применения светофорного регулирования на входных рампах (Ramp Metering), которое разделяют на изолированное (рис. 5) и координированное (рис. 6). В случае изолированного регулирования количество автомобилей r , которым разрешается въезд на дорогу за рассматриваемый интервал времени, рассчитывается как

$$r = q_{cap} - q_{in} \quad (1)$$

где q_{cap} – пропускная способность участка, следующего за примыканием рампы; q_{in} – измеренная интенсивность движения на участке до примыкания рампы.

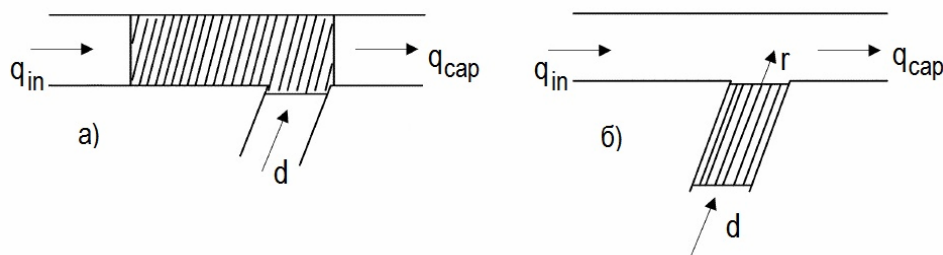


Рис. 5. Изолированное регулирование движения на рампе: а – зона образования затора на участке фривея в месте примыкания рампы, где q_{in} – поток на магистрали; d – въезжающий на магистраль по рампе поток; q_{cap} – пропускная способность участка магистрали в месте примыкания рампы; б – при введении регулирования образуется очередь на рампе, где r – поток, допускаемый с рампы на магистраль

В задаче управления въездными рампами можно включать условие недопущения блокирования развязки очередью, возникающей на рампе, что уже реализовано на развязках восточного обхода Бирмингема – магистрали М42 (рис. 6).

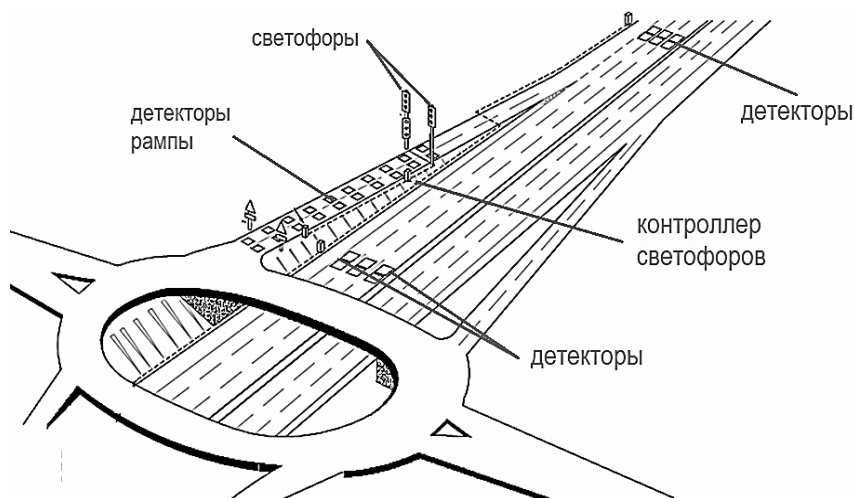


Рис. 6. Схема размещения детекторов на магистрали и рампе развязки J5, позволяющее осуществлять регулирование въезда на магистраль с учетом образующейся длины очереди на рампе

В случае координированного управления рампами, решается задача определения количества транспортных средств, допускаемых на магистраль с каждой из рамп R_i , предшествующих критическому участку магистрали (рис. 7).

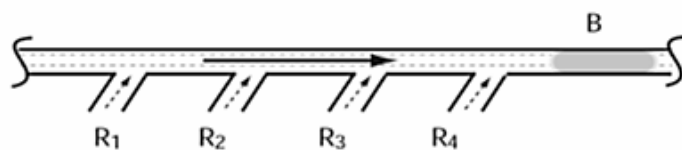


Рис. 7. Схема координированного допуска транспортных средств с каждой из рамп на магистраль: R_i – потоки, допускаемые с рамп; B – по пропускной способности критический участок магистрали

В самой простейшей форме распределение допустимых значений потоков R_n , выпускаемых каждой из регулируемых рамп, можно представить как

$$R_n = M \cdot D_n / D \quad (2)$$

где M – суммарный допустимый поток, поступающий с рамп; D_n – спрос на въезд с рампы n ; D – суммарный спрос на въезд со всех регулируемых рамп.

Соответственно величина суммарного допустимого потока M , поступающего с рамп, определяется с учетом значений потоков покидающих магистраль на рассматриваемом подходе к критическому участку. Это требует определения матрицы корреспонденций (ODmatrix) в режиме реального времени по данным детекторов, при этом в качестве корреспондирующих узлов рассматриваются входные и выходные рампы и сам критический участок. Поэтому матрица корреспонденций лежит в основе всех алгоритмов кодированного управления рампами, разработанных в европейских странах и США (Stratified Zone Metering algorithm, ALINIA, RWS) [2,4,6]. Для самой оптимизации координированного регулирования рампами используются разные критерии [3,5,7]:

1. Суммарное время движения на рассматриваемом участке УДС (Generalized total vehicle travel time – GTVTT), включающем сама магистраль и примыкающие к ней рампы:

$$GTVTT = \sum_{\forall i,j} D_{i,j} \cdot \left(\sum_{k=1}^{N_{i,j}} T_{i,j}^k / N_{i,j} \right) \quad (2)$$

где N_{ij} – количество транспортных средств, передвигающихся из вершины в вершину; $D_{i,j}$ – спрос на передвижение из вершины в вершину в рассматриваемый период времени (т. е. за период моделирования); $T_{i,j}^k$ – время, затрачиваемое транспортным средством из вершины в вершину.

2. Среднее время движения по рассматриваемому участку магистрали (Average-mainlinetraveltime – АМТТ). В рассмотрение принимаются транспортные средства, двигавшиеся от начала до конца рассматриваемого участка УДС только по главному направлению – магистрали.

3. Среднее время ожидания на рампах (Average on-ramp weighting time – АОУТ). Оценивается воздействие регулирования на задержки транспортных потоков, поступающих на магистраль по рампам.

4. Среднее время движения с учетом матрицы корреспонденций OD (Average OD travel time – АОДТТ). Оценивается воздействие регулирования на движение транспортных средств, поступающих на магистраль по рампам и двигающимся по ней до конца рассматриваемого участка УДС.

В целом светофорное регулирование на рампах развязок (Ramp Metering) является достаточно гибким и наиболее эффективным средством предотвращения заторов на магистральных дорогах, сочетающимся применением изменяемых ограничений скорости и динамической ремаршрутизацией транспортных потоков, для которых ограничивается въезд на магистраль. Более того, в настоящее время формулируется новая задача – координированное управления рампами магистрали и прилегающей регулируемой уличной сети.

На протяжении почти десятка лет в прессе, интернете, и специальных изданиях достаточно часто обсуждается проблемы увеличения пропускной способности МКАД. Кроме того появились публикации, в которых высказывается мнение, что недавно запущенная в эксплуатацию КАД в г. Санкт-Петербург уже не имеет запасов пропускной способности. Как альтернативу расширению МКАД и как средство повышения эффективности управления движением Санкт-Петербургской КАД можно рассматривать целый ряд инструментов Active Traffic Management. Представляется, что наибольший интерес представляет координированное регулирование движения на рампах (Ramp Metering). В этой связи необходимы исследования в области адаптации существующих алгоритмов к российским условиям. В частности теоретический и практический интерес представляет определение оптимальной протяженности магистрали, на которой должно вводиться регулирование на рампах в случае возникновения предзаторовой ситуации или уже затора.

Литература

1. ГОСТ Р52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования//М.: Стандарт информ, 2006. –4.
2. Разработка концепции создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения// Отчет по государственному контракту № УД-47/261 от 07.10.2009 г., на выполнение НИР, МАДИ (ГТУ), 2009. – 90 с.
3. Geroliminis Nikolas, Srivastava Anupam, Michalopoulos Panos Development of the Next Generation Stratified Ramp Metering Algorithm Based on Freeway Design Final Report Department of Civil Engineering University of Minnesota Minneapolis March 2011 – 94 p.
4. Papageorgiou Markos, Kosmatopoulos Elias, and Papamichail Ioannis Effects of Variable Speed Limits on Motorway Traffic Flow//Transportation Research Record 2047 D.C., 2008, pp. 37–48..
5. Taale H., Middelham Rijkswaterstaat F. Ten years of ramp-metering in the Netherlands, The Netherlands Paper for the 10th International Conference on Road Transport Information and Control, IEE, London, April 2000 – 5 p.
6. Zackor H., Papageorgiou M. Speed Limitation on Freeways: Traffic-Responsive Strategies. In Concise Encyclopedia of Traffic and Transportation Systems. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom, 1991, pp. 507–511.
7. Zhang Michael, Kim Taewan, Nie Xiaojian, Jin Wenlong, Chu Lianyu, Recker Will Evaluation of On-ramp Control Algorithms //California PATH Research Report UCB-ITS-PRR-2001-36 Institute OF Transportation Studies University OF California, Berkeley, December 2001 – 122 p.

ВЛИЯНИЕ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА РАСПОЛОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОНФЛИКТОВ

Utkin A.V., Ph. D., senior lecturer, Silyanov V.V., professor, MADI (STU), Moscow, Russia

MACROSCOPIC HETEROGENEITY OF TRAFFIC FLOW INFLUENCE ON DISTRIBUTION OF TRAFFIC CONFLICTS

The two-lane unidirectional model is built from two parallel single-lane models. Some additional conditions govern the exchange of vehicles between lanes. Investigation of traffic jams and traffic instability influence on distribution of traffic conflicts (TC) in a traffic flow with the help of numerical experiment is carried out.

The graphic method of the analysis of TC concentration places in a traffic flow is developed. A typical space-time diagram for this model is shown. TC take place, first of all, on border of traffic jams and traffic instability fields. Computing experiment has allowed to reveal presence of chain TC in modelling system. By computing experiment it is shown, that reckless lane changes cause a growth of traffic instability zones. The three maxima of the distance distribution are located at the same densities for the cases considered, only the relative height of the maxima varies. This fact suggests that the cars can be found in three different states.

Некоторые величины уровня безопасности движения и характеристики транспортного потока (ТП) нельзя или трудно измерить в реальном эксперименте, в компьютерном же они могут быть вычислены. В основании компьютерного эксперимента лежит модель ТП, в которой сделаны определённые предположения о способе взаимодействия между отдельными автомобилями. Целью является исследование влияния макроскопической неоднородности ТП на распределение транспортных конфликтов (ТК) на двухполосной дороге с помощью компьютерного моделирования.

Модель двухполосной дороги с однонаправленным движением представляет собой взаимодействие двух однополосных моделей, которые функционируют параллельно [1, 2]. Для описания смены полос автомобилями используются дополнительные условия или правила. Сначала автомобили меняют полосы, а затем применяется алгоритм однополосного движения. Эта модель имеет симметричный и асимметричный варианты. В асимметричной версии обгон справа отсутствует.

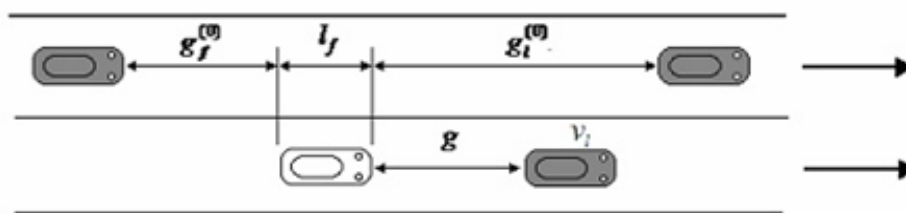


Рис. 1. Модель однонаправленного движения на двухполосной дороге
(g – расстояние, м, L – длина автомобиля, м)

Смена полосы будет считаться безопасной, если после смены каждый автомобиль находится в ситуации, сравнимой с безопасной ситуацией при следовании за лидером для однополосной модели. Если при смене полосы водитель заставляет тормозить следующий за ним автомобиль, то такой стиль управления относится к агрессивному.

Моделируемый отрезок пути (в примере длина 6 км) разделён на зону перестроения (центральная область – от 1500 до 3500 метров) и область отсутствия перестроений (края области). На правой и левой полосах плотность выбрана, равной 23 авт./км. Все автомобили имеют одну и ту же максимальную скорость, равную 110 км/ч. Численный эксперимент дви-

жения ТП на двухполосной дороге (однаправленное движение) показал, что перестроения могут менять состояние ТП. При осторожном поведении водителей и движении автомобилей ($g_f^{(0)}=30$ м) заторы и места концентрации ТК имеют место прежде всего в области отсутствия перестроений между полосами.

На рис. 2 показаны пространственно-временные диаграммы ТП при наличии центральной зоны перестроения при неосторожном поведении водителей во время перестроения ($g_f^{(0)}$ мало). Неосторожное поведение водителей при смене полосы вызывает нестабильность ТП в области наличия перестроений и появление связанных с ней ТК.

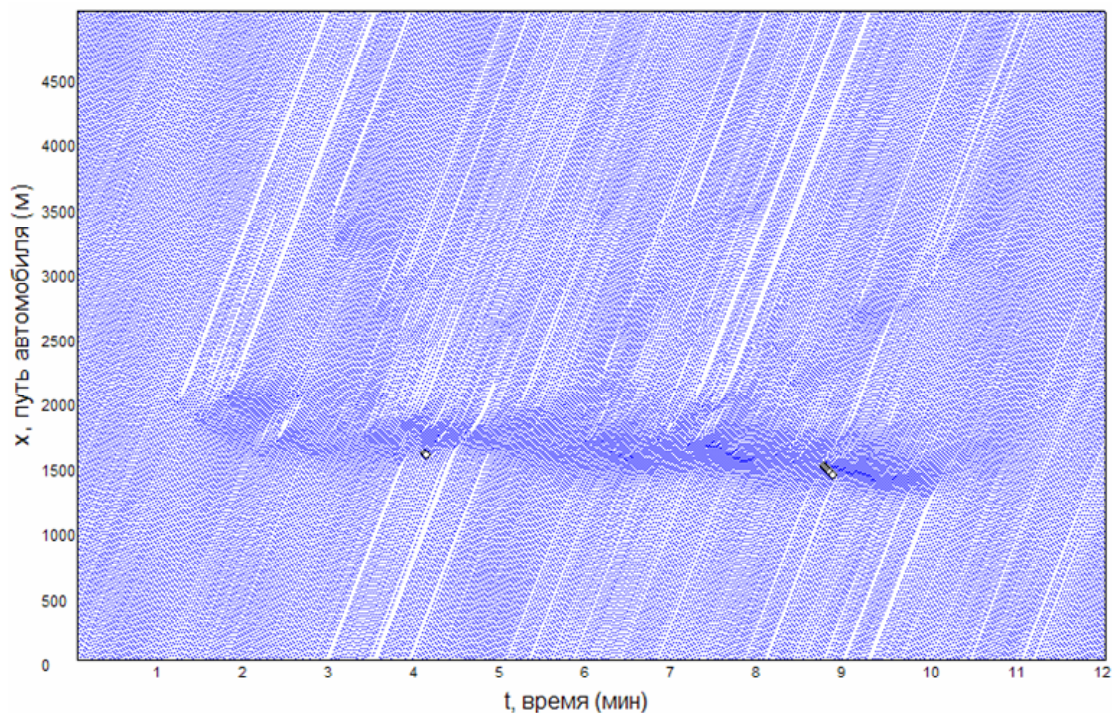


Рис. 2. Пространственно-временная диаграмма правой полосы дороги с областями перестроения и отсутствия перестроения автомобилей. Симметричные правила смены полос, $g_f^{(0)}=7$ м. Средняя плотность потока равняется 21 авт./км

Неосторожное поведение водителей при смене полосы ($g_f^{(0)}=7$ м) вызывает макроскопическую неоднородность, т. е. рост плотности ТП до 30 авт./км в зоне нестабильности (рис. 3) и падение скорости до 67 км/ч. Такую неоднородность нельзя считать затором.

При $g_f^{(0)}=7$ м область нестабильности является более связанной, и более выраженной, чем при $g_f^{(0)}=8$ м. Она приводит к появлению цепного ТК на левой полосе (см. рис. 2). Таким образом, можно сделать вывод, что неосмотрительное поведение водителей при смене полосы способно приводить к возникновению цепных ТК.

Дальнейшее уменьшение расстояния $g_f^{(0)}$ приводит к постепенному росту области нестабильности ТП и увеличению количества ТК (рис. 5). Начинают появляться незначительные заторы в области нестабильности. Скорость потока в области нестабильности падает до 50 км/ч.

Наблюдается увеличение количества цепных ТК, вызванных агрессивным поведением водителей при смене полосы. Можно сделать вывод, что незначительное уменьшение $g_f^{(0)}$ (с 7 до 5 м) приводит к десятикратному увеличению максимально наблюдаемого количества ТК в секунду (показатель Р) [2] и вызывает рост максимальной тяжести ТК более, чем в восемь раз.



Рис. 3. Зависимость усреднённой плотности потока от пространственной координаты.
Симметричные правила смены полос, $g_f^{(0)}=7$ м

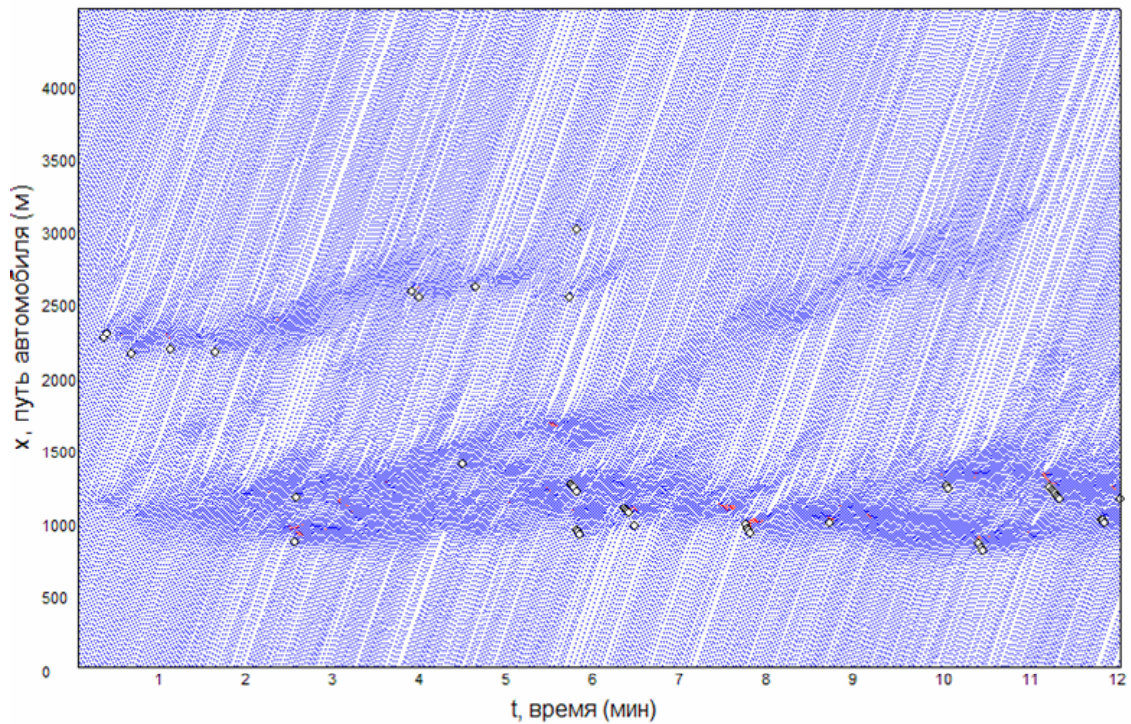


Рис. 5. Пространственно-временная диаграмма правой полосы дороги. Области перестроения и отсутствия перестроения. Симметричные правила смены полос, $g_f^{(0)}=5$ м.
Плотность потока на полосе равняется 21 авт./км

Если водители используют ещё более короткие дистанции при встраивании перед автомобилем на соседней полосе ($g_f^{(0)}=3$ м), то количество заторов в области неустойчивости

растёт (рис. 6). Увеличивается и размер заторов. Большинство ТК концентрируется в области неустойчивости ТП – область неустойчивости притягивает ТК. Большая доля ТК располагается на границах заторов, на границе и внутри области нестабильности.

Дальнейшее уменьшение $g_f^{(0)}$ приводит к постепенному распространению нестабильности потока и заторов на область, где перестроения отсутствуют (рис. 7 и 8). Красным цветом выделены области заторов (пробок).

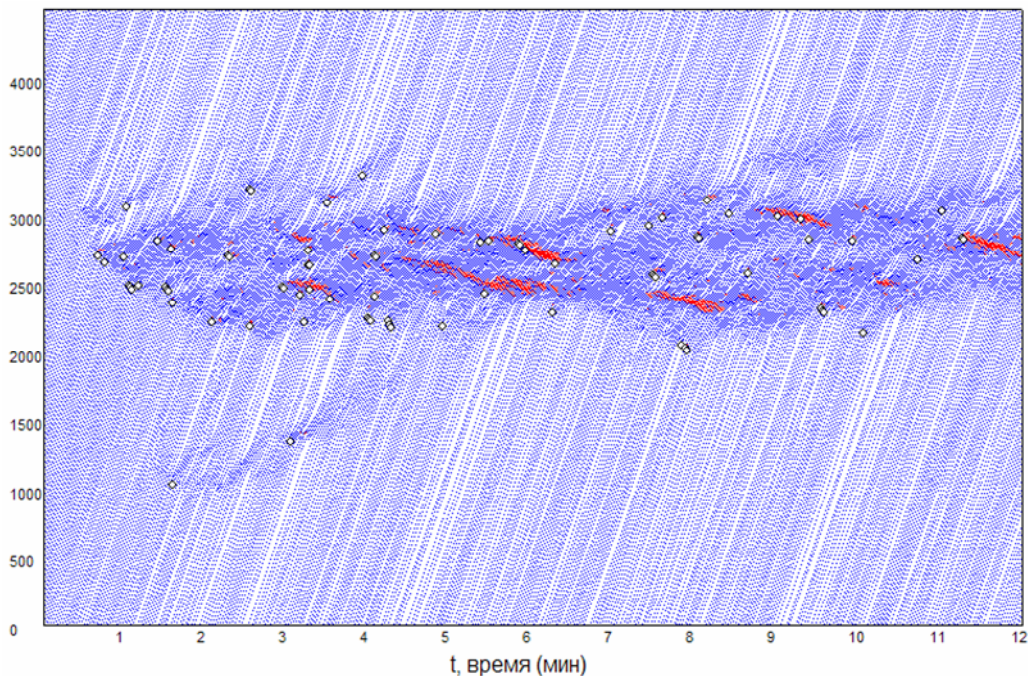


Рис. 6. Пространственно-временная диаграмма правой полосы дороги. Симметричные правила смены полос, $g_f^{(0)}=3$ м. Плотность потока – 21 авт./км

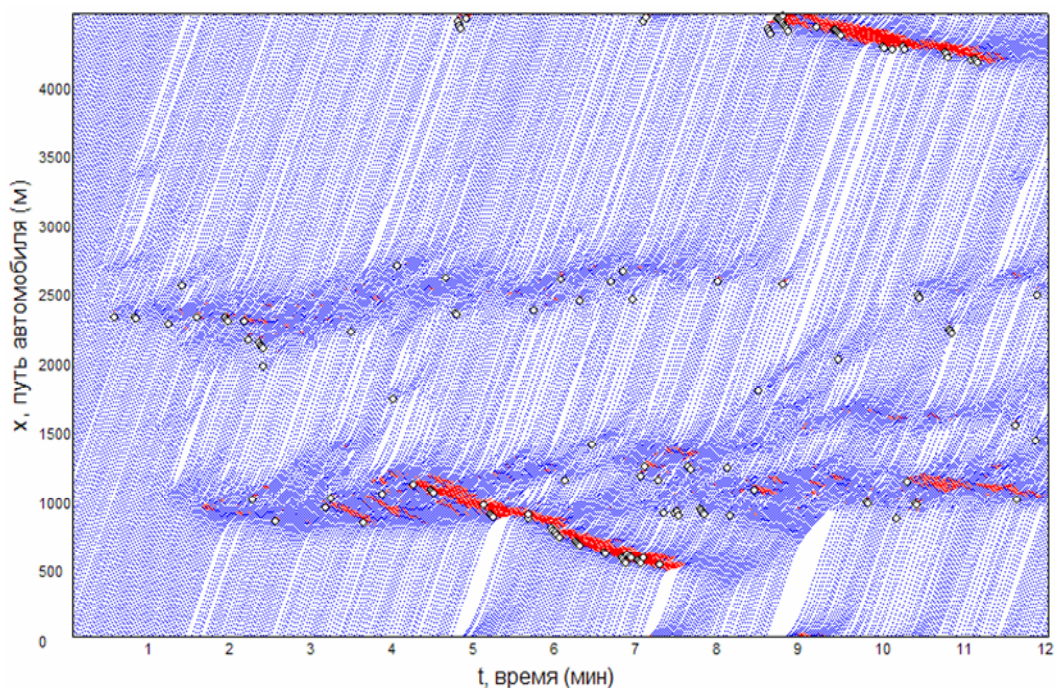


Рис. 7. Пространственно-временная диаграмма правой полосы дороги. Области перестроения и отсутствия перестроения. $g_f^{(0)}=2$ м. Плотность потока – 21 авт./км

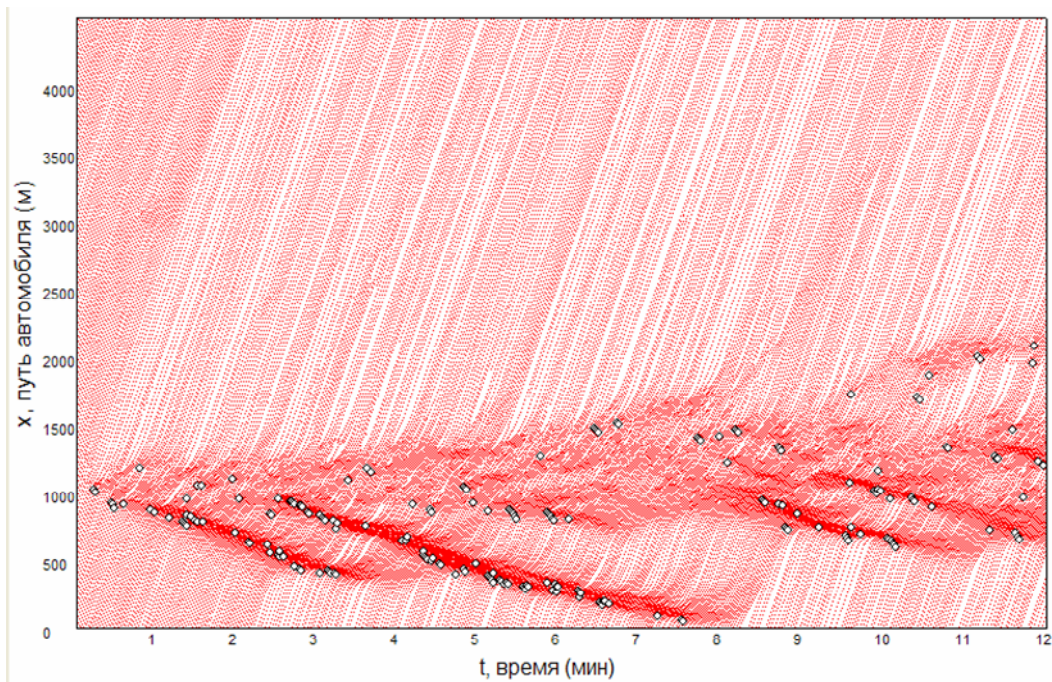


Рис. 8. Пространственно-временная диаграмма правой полосы дороги. Области перестроения и отсутствия перестроения. Симметричные правила смены полос, $g_f^{(0)}=1$ м. Плотность потока равняется 21 авт./км

Скорость потока в области заторов падает, при этом, до 33 км/ч, а плотность потока в этой области возрастает почти до 50 авт./км.

При плотности ТП 22 авт./км и при наличии неосторожного поведения водителей при перестроении ($g_f^{(0)}$ мало) распределение пространственных интервалов между автомобилями в потоке имеет бимодальный характер: один максимум соответствует области свободного движения, а второй – области неустойчивости.

При средней плотности ТП в 15 авт./км на полосе область неустойчивости ТП почти отсутствует. При средней плотности ТП, равной 19 авт./км на полосе область неустойчивости ТП выражена слабо. Распределение дистанций между автомобилями на полосе имеет только один ярко выраженный максимум.

Увеличение загрузки полос до 24 авт./км приводит к постепенному появлению заторов в области, где перестроения отсутствуют (рис. 9).

Следует отметить, что распределение дистанций между автомобилями на полосе имеет три модальности (рис. 10): один из максимумов соответствует свободному движению, второй области неустойчивости в ТП и третий – области заторов.

Изменение плотности автомобилей в моделируемой системе не меняет местоположение максимумов. Максимумы распределения для трёх различных плотностей расположены в одних и тех же местах. Изменяется только величина этих максимумов. Это позволяет сделать вывод, что поток автомобилей на двухполосной дороге может находиться в трёх различных состояниях: свободное движение, затор, неустойчивость.

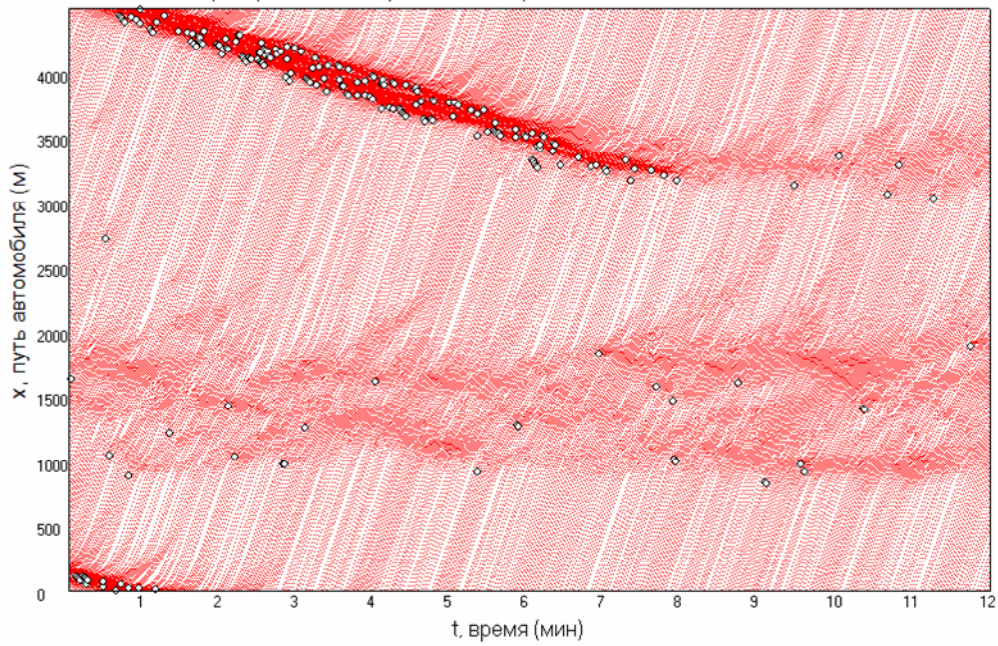


Рис. 9. Пространственно-временная диаграмма правой полосы дороги.
Плотность потока – 24 авт./км

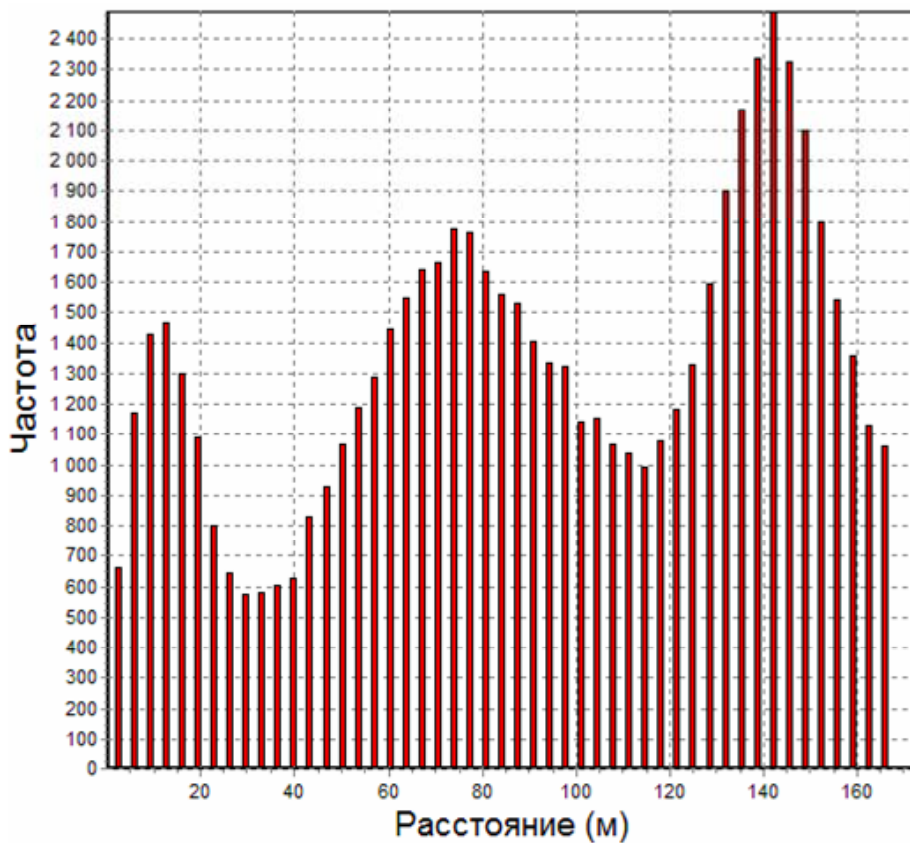


Рис. 10. Гистограмма дистанций между автомобилями на полосе.
Плотность потока – 24 авт./км

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. Проведено численное исследование закономерностей движения ТП на двухполосной дороге и характеристик распределения ТК с помощью анализа пространственно-временных диаграмм ТП.

2. В системе происходит спонтанное разделение на области высокой, средней и низкой плотности. Области высокой плотности соответствуют транспортным пробкам, средней – нестабильному потоку, низкой – свободному потоку.

3. Нестабильность потока вызывается неосторожным или агрессивным поведением водителей при смене полосы. Область нестабильности и область заторов притягивают к себе ТК. Неосмотрительное поведение водителей при смене полосы способно приводить к возникновению цепных ТК.

4. Уменьшение расстояния $g_f^{(0)}$ приводит к постепенному росту области нестабильности ТП и увеличению количества ТК.

5. Увеличение загрузки полос приводит к постепенному росту области нестабильности потока, росту количества заторов и распространению заторов на область, где перестроения отсутствуют.

Литература

1. Krauss S. Microscopic modelling of traffic flow: investigation of collision free vehicle dynamics. 1998, 115 p.
2. Уткин А.В. Определение показателей безопасности движения с учётом оценки водителями взаимодействий в транспортном потоке : дис. канд. техн. наук /Москва, 2008. – 178 с.
3. Уткин А.В. Исследование возникновения критических ситуаций в транспортном потоке при наличии помех движению. Сборник докладов восьмой международной конференции "Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах". СПб., 2008 – с. 336-341.

УДК 711.7

Zedgenizov A.V., канд. техн. наук, доцент; *Mikhailov A.Yu.*, д-р техн. наук, профессор; *Zedgenizova A.N.*, аспирант (Национальный исследовательский Иркутский ГТУ, Иркутск, Россия)

ГОРОДСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: ВЕКТОР РАЗВИТИЯ НАУКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Zedgenizov A.V., Ph. D., senior lecturer, *Mikhailov A.Y.*, Dr. Sc., professor, *Zedgenizova A.N.*, post-graduate student., National Research Irkutsk STU, Irkutsk, Russia

CITY TRANSPORT SYSTEM: VECTOR OF SCIENCE ENGINEERING

The growing level of motorization cities of the Russian Federation and the associated negative effects put forward a fundamentally new professional challenges. The article discusses the approaches and methods for estimating traffic demand. We consider the current study, as accurate as possible and with the least labor-intensive to estimate transport demand in the modern world.

Растущий уровень автомобилизации городов Российской Федерации и связанные с ним негативные эффекты выдвигают принципиально новые профессиональные задачи.

В зарубежной транспортной литературе довольно часто проектирование транспортных систем городов и управление ими рассматриваются как нахождение баланса между транспортным спросом и транспортным предложением. Если под транспортным спросом понимается потребность передвижений по разным целям, то под транспортным предложением – транспортная инфраструктура городов во всем своем многообразии. Таким образом, оценка транспортного спроса является начальной и обязательной стадией проектирования транспортных систем городов. Подходы к осуществлению такой оценки представляют интерес для науки проектирования городских транспортных систем.

В изменившихся за последние два десятилетия социально-экономических условиях оценка транспортного спроса значительно усложнилась по сравнению с советским периодом. В отечественной литературе прошлых лет традиционно оценка объема перевозок осуществ-

лялась на основе перспективных показателей развития общества и экономики. Последовательность такой оценки следующая (см. [5]): на первом этапе проектирования производится сбор данных о перспективных показателях города, пунктах его транспортного тяготения, планировочных решений и др.; информация представляется в разбивке по зонам (транспортным расчетным районам); эти показатели (перспективные) уточняются методом экстраполяции с учетом имеющихся данных по предшествующим периодам, а также с учетом общих прогнозов социального, экономического и технического развития страны. При этом учитывается и применение перспективных видов городского пассажирского транспорта (ГПТ). Расчет перспективных показателей представляет собой цель первого «предсетевого» этапа транспортного планирования. На этом этапе важно выявить реальную потребность в перевозках, в том числе и на перспективу, не ограниченную пропускной способностью линий транспортной сети города.

Последующие этапы в предлагаемой методике направлены на выбор математического аппарата, который наилучшим образом описывает транспортное поведение населения города в сложившихся макроэкономических и природно-климатических условиях. В эти последующие этапы входит этап предварительного проектирования (для новых городов) и оценка существующей улично-дорожной и маршрутной сетей для существующих городов; этап сопоставления основных технико-экономических показателей при обслуживании перспективных пассажиропотоков на этой сети, и соответственно принятие решений о необходимости внесения изменений в транспортную или маршрутную сеть для обеспечения основных нормативов по транспортному обслуживанию населения. На данном этапе решения могут быть весьма разнообразны – от увеличения пропускной способности отдельных дорог и увеличения плотности улично-дорожной или (и) маршрутной сетей до внедрения новых наиболее мощных видов ГПТ, например скоростного трамвая или метрополитена. Одновременно с этим, на основе прогнозов транспортного планирования могут быть выдвинуты обоснованные рекомендации об изменении размещения промышленных предприятий, жилых массивов и других объектов массового тяготения.

Современные отечественные специалисты в области транспортного планирования [4] отмечают, что соответствие возможностей транспортной системы и спроса на ее услуги определяется сбалансированностью спроса и мощностей транспортной системы (предложением).

Для поиска компромисса между спросом на транспортные услуги и предложением автор [4] придерживается необходимости исследований задачи по четырехшаговой процедуре, структура которой представлена на рисунке:

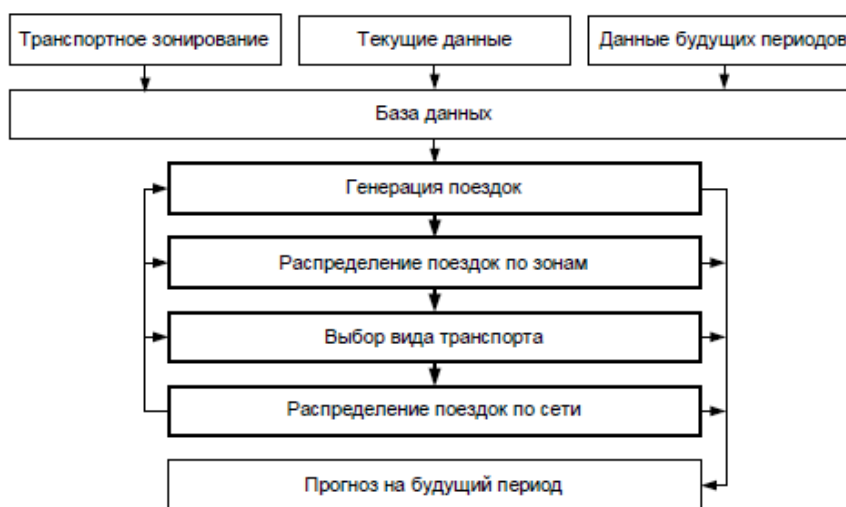
- 1) определение необходимости транспортировки и ее целей (генерация поездок);
- 2) определение места завершения транспортировки (распределение поездок по зонам);
- 3) выбор способа транспортировки (вид транспорта и технология перевозок);
- 4) выбор маршрута движения (распределение поездок по сети).

Принципиальный подход к прогнозированию транспортных потоков, представленный на рисунке, делает акцент на числе корреспонденций, которые возникают между транспортными (расчетными) районами.

Для реализации первой ступени (генерация корреспонденций) необходима математическая модель. Наиболее распространенной моделью является многофакторная модель, в которой поездки распределяются по целям на основе натуральных исследований в виде среднего числа поездок в семье в зависимости от различных факторов [1]. Как правило, в качестве основных факторов, влияющих на число корреспонденций, рассматривается количество человек в семье, уровень дохода, число автомобилей в семье, реже численность городского населения. Другие факторы, как правило, имеют более сложную зависимость.

Фишельсон М.С. [7] отмечает особую роль общегородских центров в формировании тяготения городского населения к ним. Результаты натуральных исследований и опыт проектировщиков на сегодняшний день не позволяют выделить какую-то одну модель, которая бы достаточно хорошо описывала формирование спроса к городским центрам. Однако, как отмечается в [7] на примере г. Санкт-Петербурга удалось установить зависимость распределе-

ния передвижений в городской центр на основе логарифмической функции нормального закона распределения Гауса.



Структура классической «четырёхшаговой» транспортной модели [4]

В рамках транспортного планирования важны прогнозы изменения подвижности населения (емкости общегородского центра по прибытию и отправлению) на перспективу. Считается нормальной тенденция к снижению доли поездок в общегородской центр по трудовым целям и, соответственно преобладание поездок с целью отдыха и в связи с посещением объектов культуры.

В работе [6] задачи транспортного планирования – выявления предельных интенсивностей на дорогах и улицах крупных и крупнейших городов – сводятся к дифференциации городского населения на группы: трудящиеся градообразующих предприятий и учреждений; трудящиеся обслуживающих предприятий и учреждений; учащиеся вузов, техникумов, ПТУ; несамодеятельное население (дети, домохозяйки, пенсионеры, инвалиды).

Одновременно с этим автор [6] предлагает разделять поездки по их цели: трудовые, культурно-бытовые, отдых и прочие. Для получения данных о подвижности населения необходимы натурные исследования, одним из наиболее эффективных методов считаются анкетные опросы населения. Такие обследования рекомендуется проводить не реже чем 1 раз в 10 лет. Однако и методы проведения анкетных опросов различаются в зависимости от решаемой задачи. Специалисты в области транспортного планирования различают следующие методы анкетирования:

Метод «адресов». Анкетный опрос проводится непосредственно на предприятиях, в учебных заведениях, другими словами охватывает выборку из самодеятельного населения, подвижность которого наиболее устойчива и постоянна. Основная цель – выявление транспортной подвижности и затрат времени на передвижения самодеятельного населения по целям. Объем выборки – не менее 5 %. К достоинствам этого метода относят относительную простоту проведения обследования, поскольку на предприятиях доступность респондентов весьма высока. К недостаткам можно отнести отсутствие транспортной подвижности не самодеятельного населения.

Дневниковое анкетное обследование. Анкетный опрос проводится по месту жительства. В опросе участвуют все население, кроме детей дошкольного возраста. Основная цель – выявление транспортной подвижности и затрат времени на передвижения населения по целям. Объем выборки – не менее 1 % от населения города. К достоинствам этого метода относится наиболее полная картина транспортной подвижности населения города, позволяющая делать наиболее полные выводы о качестве транспортного обслуживания населения и предлагать соответствующие корректировки маршрутных схем. К недостаткам стоит отнести высокую

трудоемкость и сложность опроса респондентов. Как правило, такие опросы проводят под патронажем федеральных или местных органов власти с соответствующей агитацией через все доступные СМИ.

Дневниковое обследование бюджета времени. Данный метод опроса проводят непрерывно, в качестве респондентов выбираются семьи разного социального статуса, разной численности. Основная цель – выявление транспортной подвижности и затрат времени на передвижения, а также структуры свободного времени населения [6].

Анкетные обследования подвижности населения позволяют выявить объемы передвижений между транспортными (расчетными) районами города. Регулярное проведение анкетных обследований позволяет выявить весьма солидный багаж транспортных данных, позволяющих производить качественную и количественную оценку транспортной подвижности населения, выявлять пути оптимизации функционирования транспортных систем городов, намечать пути повышения качества транспортного обслуживания населения, закладывать основу при транспортном планировании в рамках разработки генеральных планов, комплексных транспортных схем, комплексных схем организации дорожного движения.

За основу прогнозирования транспортных потоков на общественном городском пассажирском транспорте [8], принимается транспортная подвижность населения. Здесь предлагается разделить поездки по целям на основе статистических данных о составе населения, его поло-возрастной структуре и других статистических показателях. В качестве проверки правильности вычислений могут послужить отчетные данные объема перевозок и структуры населения за предыдущие годы в рассматриваемом городе.

В современных условиях опыта отечественных специалистов может быть не достаточно, в силу изменившейся ментальности и предпочтений, а также появления новых объектов массового тяготения. В этой связи представляется интересным опыт зарубежных специалистов области транспортного планирования. Наибольшую сложность представляют оценки:

- разделения передвижений по различным целям (трудовым, культурно-бытовым, рекреационным и т. д.) по видам используемого транспорта (общественный городской пассажирский транспорт – ГПТ и индивидуальный автомобильный транспорт);
- количества корреспонденций, создаваемых крупными торговыми и торговоразвлекательными центрами (мегамолами, супермаркетами и т. д.).

Наилучшим инструментом оценки распределения корреспонденций между видами транспорта является анкетные обследования подвижности населения. Такие исследования трудоемки и имеют достаточно высокую стоимость, но невосполнимы по таким показателям как полнота и разнообразие получаемой информации. Что особо важно, они позволяют оценивать качество транспортных услуг, выражаемое полными затратами времени на передвижения по различным целям. Следует отметить, что в отличие от нашей страны, в которой нормировались затраты времени на передвижения по трудовым целям, в целом ряде государств (Великобритания, Новая Зеландия и т. д.) оцениваются затраты времени населения на передвижения по всем важнейшим целям (труд, учеба, медицинские учреждения и аптеки, торговые учреждения, банки и т. д.).

В виду непрерывно изменяющегося уровня автомобилизации обследования подвижности должны выполняться с установленной периодичностью. Наши зарубежные коллеги ввели это в практику. Например, во время пребывания в федеральном институте транспорта (BAST) один из авторов был ознакомлен с законами ряда земель Германии, закрепляющими периодичность обследований, равную 5 годам.

Современные технологии, применяемые на транспорте, позволяют дополнять обследования подвижности. В частности, следует практиковать восстановление существующих матриц корреспонденций по данным замеров на сети:

- на маршрутах ГПТ по данным детекторов входа-выхода, устанавливаемых на подвижном составе;
- на улично-дорожной сети (УДС) по данным, поступающим с детекторов транспорта.

Указанные выше матрицы корреспонденций позволяют получить оценку существующего пространственного распределения транспортного спроса (т. е. между расчетными транспортными районами, используемыми в комплексной транспортной схеме города).

В качестве источника данных о подвижности пользователей ГПТ может использоваться информация, получаемая с персональных электронных проездных карт, что уже получило применение в Германии.

В нашей стране определённую сложность представляют обследования подвижности владельцев индивидуального автомобильного транспорта, значительная часть которых относится к ним предубежденно. Поэтому следует обратить особое внимание на возможности использования треков автомобильных навигаторов, предоставляемых водителями-волонтерами. Такая практика получила широкое распространение в США. В частности Институт транспорта университет Остина, специализирующийся на исследования транспортного спроса и генерации поездок, получает треки от 10 % домохозяйств штата Техас. Представляется важной и перспективной организация сбора и обработки таких данных и в Российской Федерации.

Крупные торговые и торгово-развлекательные объекты являются мощными фокусами массового тяготения, создающими значительные нагрузки на УДС. Очевидно, что при этом суточные распределения передвижений к ним и от них носит совершенно иной характер по сравнению с корреспонденциями по трудовым целям. В этой связи в странах с высоким уровнем автомобилизации сложилась практика формирования специальных справочных данных, характеризующих функционирование обслуживающих парковок для следующих объектов тяготения:

- количество генерируемых за сутки поездок в расчете на 100 м² торговых площадей (или на 1 рабочее место в сфере услуг);
- средняя продолжительность
- наличие (т. е. количество) и время пиковых периодов загрузки парковок;
- соотношение «входного» и «выходного» транспортных потоков в пиковые периоды.

Перечисленные выше данные позволяют оценить:

- транспортный спрос, генерируемый объектом и возникающие дополнительные нагрузки на УДС, что необходимо для выполнения КТС и проектов планировки;
- прогнозные значения интенсивностей движения к объекту и от него в пиковые периоды, что необходимо для выполнения проектов планировки территории самих объектов, проектов УДС, проектов организации дорожного движения.

В США справочное руководство по генерации поездок «Trip Generation Handbook» постоянно возобновляется и в настоящее время действует уже 8-е издание документа. Следует особо отметить, что обновление и пополнение статистическими данными этого руководства осуществляется на основе национальной программы исследований транспортной подвижности и генерации поездок, выполняемой под эгидой Комитета транспортных исследований (TRB).

Острая потребность в привлечении науки для создания таких справочных материалов в нашей стране очевидна. Формирование справочной базы по генерации поездок позволит повысить качество и обоснованность как градостроительных, так и транспортных решений. Представляется, что привлечение науки для исследования подвижности и генерации поездок могут стать «вектором» развития научных исследований в вузах, в частности, кафедр Городского строительства и хозяйства.

Литература

1. Martin W. A., McGuskin N. A. Travel Estimation Techniques for Urban Planning / National Cooperative Research Program Report 365. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, DC. 1998.
2. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.
3. Trip Generation, 8th Edition. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers (ITE), 2008.
4. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / А. Э. Горев; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 214 с.

5. Ефремов И. С., Кобозев В.М., Юдин В.А. – Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов. – М.:Высш. Школа, 1980. – 535 с. ил.
6. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
7. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения: Учеб. Пособие для вузов.- 2 изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа 1980.-296 с., ил.
8. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов: учебник для вузов – М.: Стройиздат, 1970. – 303 с.: ил.

УДК 656.057

Пугачёв И. Н., профессор ТОГУ, д-р техн. наук.; *Маркелов Г.Я.*, заместитель директора НИИ КТиТ – директор центра космических технологий Тихоокеанского государственного университета (ТОГУ) (Хабаровск, Россия)

ОБ ИННОВАЦИОННОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ГЛОНАСС-ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОРОЖНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Pugachyov I. N., professor TOGA, d.t.n., *Markelov G.YA.*, deputy director NIT on cosmic technology of the Pacific state university, Khabarovsk, Russia

ABOUT INNOVATION POTENTIAL OF THE USING NAVIGATION GLONASS – TECHNOLOGY IN SYSTEM OF THE ORGANIZATIONS TRAFFIC AND ROAD SAFETY

Is Described conducted on federal and regional level of the action directed on reception qualitative level developments to technologies of management organization and safety of the road motion. The Stated possibilities scientific community on making the complex potential that does carried out some work unique and at most efficient.

Важность развития инфраструктуры для обеспечения внутренних и транзитных транспортных потоков, поддерживаемая решениями Правительства Российской Федерации определила в качестве одного из ее приоритетных направлений на ближайшую перспективу – создание и реализацию механизмов использования ГЛОНАСС на Российских транспортных коридорах «Восток-Запад» и «Север-Юг».

Проект обладает высоким инновационным потенциалом, способным существенно и в кратчайшие сроки повысить эффективность транспортных систем регионов и всей страны в целом. В его задачу входит форсированное развитие наземного использования технологий интеллектуального управления, базирующихся на навигационных сервисах. Это развитие предусматривается сконцентрировано и субсидировано осуществить в 32 транзитных регионах в течение полутора-двух лет с размещением в этих регионах навигационно-связного оборудования содержащее ГЛОНАСС. Первоочередному сопряжению с указанным оборудованием подлежат основные виды транспорта и создаваемые для них подсистемы диспетчеризации и управления пассажирским транспортом, специальной техникой жилищно-коммунального хозяйства, отраслей медицины и образования, а также перевозки опасных грузов.

В целях расширения использования возможностей глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, в первую очередь для задач повышения уровня транспортной безопасности и безопасности дорожного движения, снижения тяжести последствий дорожно-транспортных и иных происшествий на автомобильных дорогах решением Правительства Российской Федерации предусмотрено создать автоматизированную систему экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС», а также разработать многофункциональные устройства для оборудования ими транспортных средств с целью обеспечения автоматической передачи сигналов бедствия.

Такая система позволит сократить время реагирования экстренных оперативных служб при дорожно-транспортных и иных происшествиях на автомобильных дорогах Российской Федерации. Она комплексно совмещена и увязана с группой сервисов, обеспечивающих предоставление абсолютного приоритета экстренным сообщениям и обеспечение максимального покрытия территории комбинированной операторской сетью с элементами взаимной интеграции систем.

Значимыми в системе являются и возможности предоставления дополнительных сервисов и услуг координатно-временного навигационного обеспечения на базе аппаратуры и узлов системы. Это создает возможности расширить технологическое наполнение сопутствующими сервисами – такими, как охрана, диспетчеризация, интеллектуальное управление и т. п.

В субъектах Российской Федерации уже начато внедрение спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС в интересах различных областей экономики и обеспечения безопасности перевозок пассажиров. Вместе с тем при создании аппаратно-программных средств и комплексов используются различные малосовместимые технические решения и протоколы информационного обмена, что значительно затрудняет эффективное внедрение указанных технологий и взаимодействие информационно-навигационных систем на всей территории Российской Федерации. В такой ситуации практически невозможно создание единого навигационно-информационного пространства, одной из основных задач которого является обеспечение качественного сервиса для межтерриториальных и транзитных транспортных потоков. Такие потоки имеют особую значимость так как являются частью национальных систем экспорта и критерием оценки инфраструктурного развития территорий [1].

В целях обеспечения более эффективного внедрения технологий с использованием системы ГЛОНАСС, создания качественной навигационно-информационной инфраструктуры с элементами интеллектуального управления, на территориях ряда субъектов Российской Федерации, определенных как приоритетные, производится развертывание работ по комплексному навигационно-информационному обеспечению автомобильных маршрутов. Предполагается активное участие в проекте Минтранса России, МЧС России, МВД России, Минздравсоцразвития России, Минпромторга России, Минкомсвязи России и заинтересованных организаций. Правительством Российской Федерации отведен срок его исполнения – ближайшие 1,5 года и определены следующие задачи:

а) внедрить средства навигации на всех транспортных средствах "Скорой помощи" и транспортных средствах оперативных дежурных служб МВД России и МЧС России; на всем общественном городском и междугородном автомобильном транспорте установленных категорий, предназначенном для перевозки пассажиров, том числе школьных автобусах; на всех транспортных средствах, предназначенных для перевозки опасных грузов;

б) ввести в эксплуатацию систему экстренного реагирования при авариях "ЭРА-ГЛОНАСС", предусмотрев передачу этой системы эксплуатирующей организации на условиях обязательного долевого финансирования, а также совместимость данной системы с системой вызова экстренных оперативных служб по единому номеру "112";

в) создать на территориях субъектов Российской Федерации системы высокоточной навигации с использованием системы ГЛОНАСС;

г) создать в регионах унифицированные центры космических технологий по предоставлению различной навигационной и иной информации с использованием результатов космической деятельности;

д) обеспечить информационную совместимость унифицированных средств навигации и системы контроля автомобильного транспорта, создаваемой Ространснадзором.

Один из ключевых регионов формирования и следования транспортных потоков «Восток-Запад» является Хабаровский край. В рамках формируемых взаимодействий по внедрению систем навигационно-информационного обеспечения администрацией края подписано трехстороннее соглашение с Министерством регионального развития РФ и Министерством транспорта РФ о развитии в регионе системы ГЛОНАСС, в котором определен механизм применения унифицированных подходов при создании систем мониторинга и управления

автомобильным транспортом на основе технологий ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, обеспечивающих возможность интеграции региональных центров спутникового мониторинга ГЛОНАСС с системой контроля автомобильного транспорта Ространснадзора. Также министерством информационных технологий и связи края в настоящее время проводятся организационные мероприятия по созданию краевого центра по предоставлению сервисов на основе результатов космической деятельности Российской Федерации.

Принята краевая целевая программа «Использование спутниковых навигационных технологий и других результатов космической деятельности в интересах социально-экономического и инновационного развития Хабаровского края на 2012–2014 годы» (Постановление Правительства края от 30-03-2012 года № 76-пр). В 2013-2014 годах планируется значительное развитие региональной системы логистики и мониторинга транспорта.

Тенденции развития рынка космических сервисов в России определяют необходимость демонополизации сегмента регулирования и управления технологическими факторами. 18 мая 2012 года создано Некоммерческое партнерство «Содействие развитию и использованию навигационных технологий» (НП ГЛОНАСС). Состав участников: ОАО «МегаФон», ООО «Яндекс», ОАО «РТКомм.РУ», ООО «Сумма Телеком», ОАО «НИС» и Ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС – Форум». НП ГЛОНАСС переданы права государственного федерального сетевого оператора в сфере навигационной деятельности, фактически отвечающего за технологическое регулирование и совместимость (Постановление Правительства РФ № 522 от 25.05.2012 года).

Сегодня сформировалась необходимость наличия в регионах качественных ресурсных площадок пригодных для разностороннего развития космических направлений. Высокую значимость имеют возможности консолидации научной, образовательной, инновационной и производственной сфер. Именно такой площадкой выступает «Центр космических технологий» созданный в структуре Тихоокеанского государственного университета (ТОГУ). Уникальные компетенции, совмещающие технологическую оснащенность и кадровый потенциал, наличие всей цепочки инноватики от научных исследований до внедрения в бизнес-процессы, единовременная и связанная с передовыми исследованиями и решениями подготовка и переподготовка специалистов – в совокупности способны обеспечить синергетический эффект в реализации прорывных решений.

Работа центра космических технологий призвана развивать использование доступных сегодня космических базисов и содержит целевые кластеры [2]:

а) исследования земли из космоса (фотографирование, радарная съемка и т. п.) с развитием направлений приема и расшифровки телеметрии со спутников, методологии тематического анализа, создание комплексных динамических геоинформационных систем;

б) применение сигналов точного времени, создание прикладных сервисов единого поля времени, систем синхронизации процессов и таймеризации;

в) развитие технологий навигационного мониторинга на базе глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS, COMPASS и будущей GALILEO;

г) формирование собственной сети станций дифференциальной коррекции навигационных сигналов с целью построения сервисов высокоточного позиционирования, таких как контроль опасных объектов, геодезические работы и т. п.

д) направление паспортизации и оценки состояния объектов и систем, например: зданий и сооружений, лесного фонда, улично-дорожной сети. Создание интеллектуальных систем управления;

е) образовательная деятельность в плоскостях популяризации технологий, уровня переподготовки специалистов и топ-менеджеров, формирования базовых образовательных курсов.

Сообщество высоко подготовленных специалистов готово к созданию интеллектуальных систем управления (ИСУ) в различных областях. На сегодня начато проектирование ИСУ дорожно-транспортного комплекса Хабаровского края (ДТК), развивается проект интеллектуального управления водными ресурсами (ИСУ ВР), планируются другие отраслевые комплексы.

Министерством промышленности и транспорта Хабаровского края проводится работа по созданию отдельного диспетчерского ситуационного центра, предназначенного для обеспечения информационной поддержки, анализа проблемных ситуаций, процедур подготовки и принятия решений в областях управления дорожно-транспортным комплексом, безопасности движения. Данный центр является основным, но не единственным пользователем ИСУ ДТК Региона.

Формируемые в ТОГУ средства имеют уровни доступа и представления информации – от диспетчера предприятия, до менеджерского и надзорного и может быть использовано как для комплексного управления отраслью, так и для повышения эффективности управления предприятием. В целом рассматриваемый общий технологический базис имеет гибкую многофункциональную идеологию и может быть ориентирован на различные сегменты потребителя – в их числе органы государственного управления, бизнес-сообщество и физические лица со своими задачами.

Размещение технологической части осуществляется суперкомпьютерным оборудованием, размещенном в собственном центре обработки данных. На сегодня разворачивается мощность 20 ТФ, с перспективным расширением до 500 ТФ в процессе роста загрузки.

Проводимые на федеральном и региональном уровне мероприятия направлены на получение качественного уровня развития технологии управления организацией и безопасностью дорожного движения. Использование возможностей научного сообщества способно создать комплексный потенциал и придать проводимой работе уникальность и высокий уровень эффективности.

Литература

1. Принципы работы и возможности современного программного обеспечения при использовании навигационных спутниковых систем в управлении автомобильными перевозками / И. Н. Пугачёв, Ю. И. Куликов, Г. Я. Маркелов // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса : межвуз. сб. науч. статей / Самар. Гос. Техн. ун-т. – Самара, 2010. – С. 222-237.

2. Использование навигационных спутниковых систем в управлении автомобильными перевозками / И. Н. Пугачёв, Ю. И. Куликов, Г. Я. Маркелов // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2011. – № 4. – С. 64-69.

УДК 656.13.08

Канский Д.В., канд. техн. наук, доцент, *Кот Е.Н.*, канд. техн. наук, доцент, *Ромейко В.Ю.*, *Кузьменко В.Н.*, *Полховская А.С.*, *Мозалевский Д.В.*, *Артюшевская Н.В.* (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь)

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ В РАЙОНЕ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА С МНОГОУРОВНЕВОЙ АВТОСТОЯНКОЙ С СОПУТСТВУЮЩИМ СЕРВИСОМ В РАЙОНЕ СТАНЦИИ МЕТРО

Kapsky D.V., Kot E.N., Romeiko V.U., Kuzmenko B.N., Polhovskaya A.S., Mozalevskij D.V., Artyushevskaya N.V., Belarusian national technical university, Minsk, Byelorussia

METHOD OF RESEARCH AND ANALYSIS OF MOVEMENT IN THE SHOPPING CENTER WITH MULTI-LEVEL PARKING WITH ASSOCIATED SERVICES IN THE METRO STATION

In article of transport parameters of the survey transoprtrnyh and pedestrian flow, traffic conditions and justification for the choice of planning options and organizational solutions for the transportation planning study area...

Основной целью работы является разработка принципиальной схемы транспортного обслуживания на основе натурных замеров интенсивности движения и расчетной интенсивности движения транспорта объекта. Параметры объекта исследования: объект размещается

в Заводском районе г. Минска в районе станции метро «Могилевская» в водоохранной зоне, на свободном от застройки земельном участке площадью 8,5 га. Рядом с объектом расположена конечная станция метро «Могилевская», к которой организован подвоз населения общественным транспортом с сопредельных жилых массивов города и пригорода. Основная зона загрузки в продовольственный гипермаркет организована с западной стороны. На первом этаже располагаются: продовольственный гипермаркет «ГИППО» (торговый зал 6115 м²). В торговом зале продовольственного гипермаркета предусматривается торговля продуктами питания и сопутствующих товаров методом обслуживания и самообслуживания с расчетом через расчетно-кассовый узел (кассовый терминал). На первом этаже расположены: крупный торговый якорный арендатор по продаже бытовой техники (торговый зал 1580 м²), два небольших якорных арендатора и галереи разнообразных магазинов, бутиков и предприятий общественного питания. Второй этаж формируют основные точки притяжения: галереи модных брендовых бутиков, фуд-корт на 500 посадочных мест на четыре основных оператора и большой детский комплекс, включающий товары для детей и развлекательный комплекс. Кроме этого, в здании запроектированы технические помещения, необходимые для обеспечения жизнедеятельности здания (венткамеры, водомерный узел, насосная пожаротушения, тепловой пункт, холодильная станция, электрощитовая). Проектом предусмотрено размещение открытых плоскостных автостоянок на 800 машиномест и подземная автостоянка на 550 машиномест. Вблизи проектируемого торгового объекта расположен перекресток пр-т Партизанский – ул. Ангарская – ул. Машиностроителей и несколько проездов к МЗКТ и автостанции «Автозаводская». Партизанский пр-т является магистральной улицей общегородского значения (категория А6 по ТКП 45-3.03-227-2010).



Рис. 1. Исследуемый участок улично-дорожной сети

Ул. Машиностроителей и ул. Ангарская являются магистральными улицами районного значения (категория Б4 по ТКП 45-3.03-227-2010). **Партизанский проспект** обеспечивает транспортную связь между центральной частью города, Вторым городским транспортным кольцом (ул. Ванеева, ул. Ваупшасова) с Минской кольцевой автодорогой М9 и загородными автодорогами М4 и М5. На рис. 2 показана улично-дорожная сеть с объектами тяготения транспорта. Пр-т Партизанский является важным участком улично-дорожной сети общегородского значения и выполняет главную соединяющую транспортную функцию. В зоне исследования расположены следующие объекты тяготения транспортных потоков: районы жилой застройки; промышленные предприятия (Минский завод колесных тягачей); учебные за-

ведения; в перспективе – торговый центр; объекты транспортного обслуживания (автозаправочная станция, СТО, мойки для автомобилей); социально-бытовые объекты.



Рис. 2. Основные объекты тяготения транспортного движения

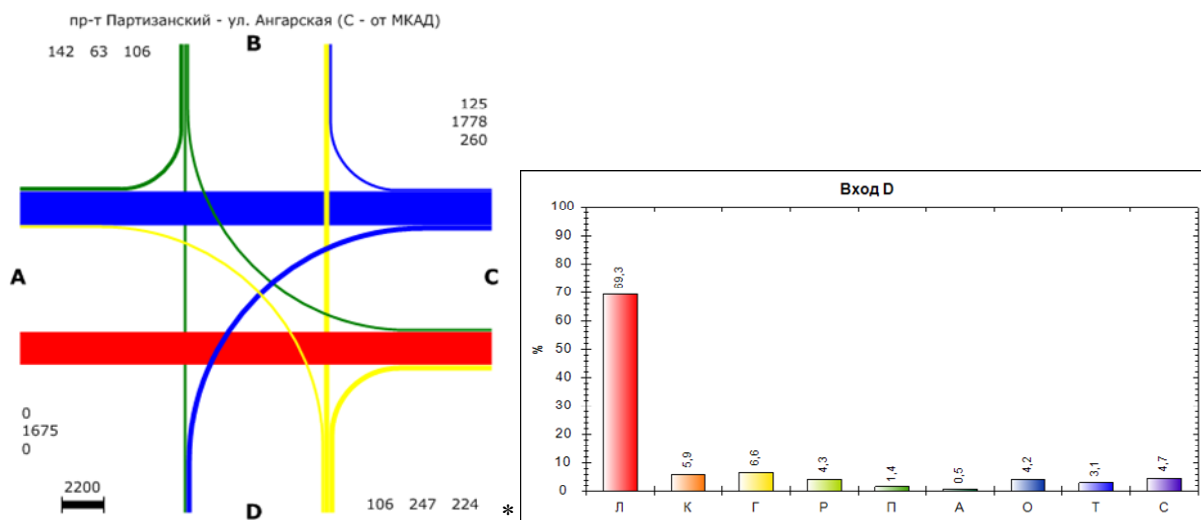


Рис. 3. Картограмма средней суммарной интенсивности движения и диаграмма состава транспортного потока на входе D пр-т Партизанский – ул. Ангарская (Вход С – от МКАД)

Пешеходные потоки формируются близлежащей жилой застройкой, промышленным предприятием Минский завод колесных тягачей, автостанцией «Автозаводская», остановочными пунктами «ст.м. Могилевская» и «Автостанция Автозаводская», социально-бытовыми объектами.

Выполнены исследования интенсивности движения и состава транспортных потоков по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели [1, 2]. Объектами исследования являлись регулируемый перекрёсток на пересечении проспекта Партизанского – ул. Ангарская и ул. Машиностроителей – выезд с автостанции «Автозаводская».

В программном комплексе «RTF-Road traffic flows» [3] затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности

движения, диаграммы состава потока и таблицы параметров. Результаты выходной информации в виде рисунков фрагментарно приведены ниже.

На основе проведенных исследований транспортных и пешеходных потоков можно сделать следующие выводы:

- средняя интенсивность движения в транзитном направлении по проспекту Партизанскому составляет 1800–2000 авт/ч, а пиковая – 2200 авт/ч; средняя интенсивность движения в левоповоротном направлении с проспекта Партизанского составляет 200–300 авт/ч, а пиковая – 400 авт/ч; средняя интенсивность движения в правоповоротном направлении с проспекта Партизанского составляет 150 авт/ч, а пиковая – 200 авт/ч; средняя интенсивность движения в транзитном направлении по ул. Аранская и ул. Машиностроителей составляет 100 авт/ч, в правоповоротном направлении – 200 авт/ч (в пик – 300 авт/ч), в левоповоротном направлении – 100–150 авт/ч;

- большую долю левоповоротного транспорта по Партизанскому проспекту со стороны МКАД и правоповоротного транспорта в обратном направлении составляет маршрутный пассажирский транспорт (городские и пригородные автобусы и маршрутные такси), следующие с/на конечную автостанцию «Автозаводская»; доля разворотного транспорта по Партизанскому проспекту со стороны МКАД составляет 30–50 % в зависимости от времени суток. Большое количество разворотного транспорта связано с посадкой (вечером) и высадкой (утром) пассажиров с пригорода и микрорайона Шабаны у конечной ст. м. «Могилевская»;

- наибольшую сложность при проезде пересечений представляет большая интенсивность переплетающихся потоков (особенно в час пик) с большим количеством сочлененного маршрутного пассажирского транспорта со стороны ул. Машиностроителей и отнесенного левоповоротного съезда с проспекта Партизанского. В нагруженные периоды суток возникают периодические заторовые ситуации, из-за которых возникают очереди по ул. Машиностроителей и со стороны левоповоротного съезда с Партизанского проспекта, а также на выезде с перекрестка в направлении ул. Машиностроителей;

- интенсивность движения по наземному пешеходному переходу через ул. Машиностроителей составляет 400 пеш/ч. Средняя интенсивность движения пешеходов по существующим дорожкам на месте проектируемого объекта составляет 400 пеш/ч, а пиковая – 3000 пеш/ч. Пиковая пешеходная нагрузка наблюдается утром перед началом работы смен МЗКТ (в направлении ст. м. «Могилевская» – МЗКТ) и вечером ориентировочно в 15–17 часов после окончания работы смен МЗКТ (в направлении МЗКТ – ст. м. «Могилевская»);

- средняя интенсивность движения транспорта по ул. Машиностроителей в районе автостанции «Автозаводская» составляет 400–500 а/ч., а пиковая – 750 а/ч.

- пешеходами в большей степени используется нерегулируемый пешеходный переход, расположенный возле остановочного пункта (со стороны МЗКТ) справа от центра перекрестка (вход С); Движение основного пешеходного потока осуществляется в направлении автостанции. Наблюдается большая интенсивность движения пешеходов со стороны ст.м.«Могилевская» в направлении автостанции, которая увеличивается в вечернее время суток и выходные дни.

На основании данных экспериментальных исследований торговых объектов г. Минска получены зависимости посещаемости объектов, длительности парковки транспорта и процента посетителей на индивидуальном транспорте от торговой площади (рис. 4–6). Наполняемость автомобилей также выше у транспортных средств, прибывающих в объекты с большей торговой площадью. При этом в выходные дни наполняемость автомобилей выше, чем в будние. На основании анализа параметров функционирования существующих торговых объектов, технико-экономических показателей и расположения проектируемого объекта можно принять следующие параметры для расчета вместимости автостоянки для транспорта посетителей торговых помещений: пиковая часовая посещаемость на 100 м.кв. торговой площади – 15 человек; максимальное кол-во покупателей в час – $15 \times 14000/100 = 2100$ чел; продолжительность парковки транспорта посетителей – 1,0–1,2 часа; процент посетителей на индивидуальном транспорте – 45–55 %; наполняемость автомобилей составляет 1,6 человека.

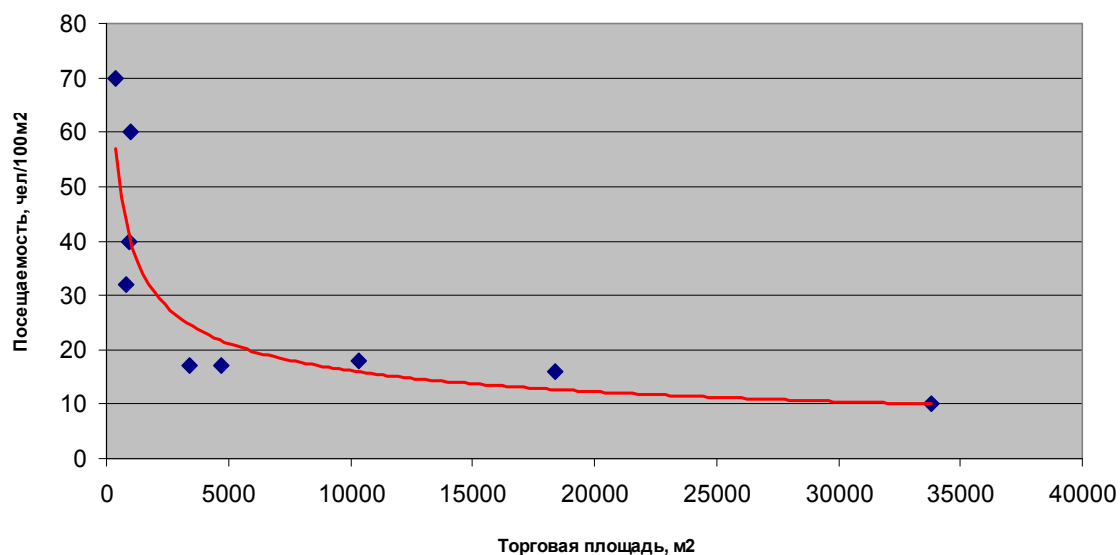


Рис. 4. Зависимость посещаемости объекта от торговой площади

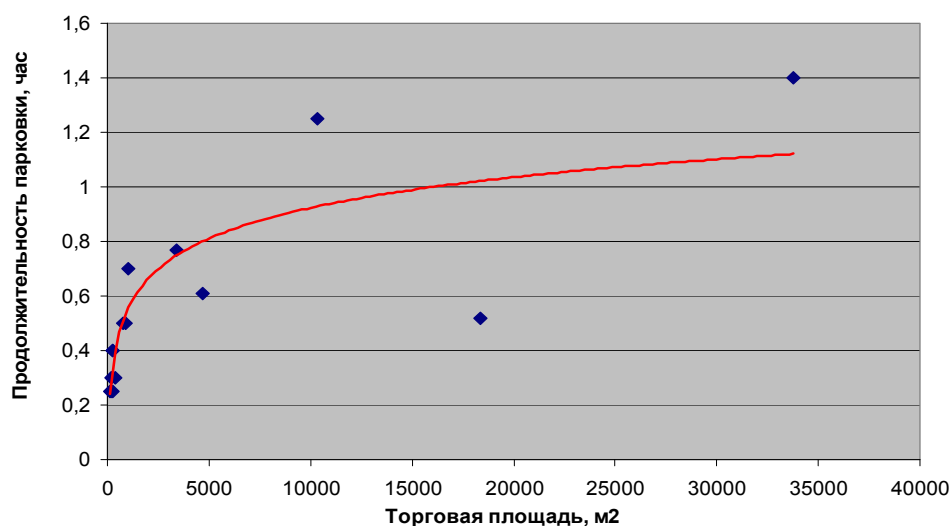


Рис. 5. Зависимость продолжительности парковки транспорта от торговой площади объекта

Для расчета интенсивности въезда и выезда транспорта проектируемого объекта построены графики функционирования автостоянок (фрагмент, рис. 7).

Расчетные данные интенсивности въезда и выезда транспорта проектируемого объекта представлены ниже (фрагмент, рис. 8).

Сравнительный анализ условий дорожного движения выполнен для трех вариантов планировочного решения участка дорожной сети, включающего перекрестки Партизанский пр-т – ул. Ангарская; ул. Машиностроителей – ул. Ангарская; Партизанский пр-т – ул. Машиностроителей; ул. Машиностроителей – проезд от автостанции «Автозаводская». Для каждого из узлов выполнен анализ трех вариантов планировочного решения, расчет потерь в дорожном движении. В результате исследований установлено, что пересечение ул. Ангарской с Партизанским пр-том и ул. Машиностроителей работает в целом удовлетворительно, в «пиковые» периоды периодически отмечается перегрузка отдельных направлений до 10–15 %. В усредненный «нагруженный» период суток уровень загрузки находится в диапазоне 0,66–0,80, что свидетельствует о небольшом резерве пропускной способности (около 15–20 % без учета «пиковых» периодов). Появление нового объекта тяготения – проектируемого торгового центра – приведет к росту транспортной нагрузки на перекрестки более чем на 30 % (в отдельных направлениях – более чем на 100 %). Соответственно, имеющийся «резерв» пропускной способности будет исчерпан,

существенно увеличится длительность периода суток, в который транспортный узел будет работать с перегрузкой.

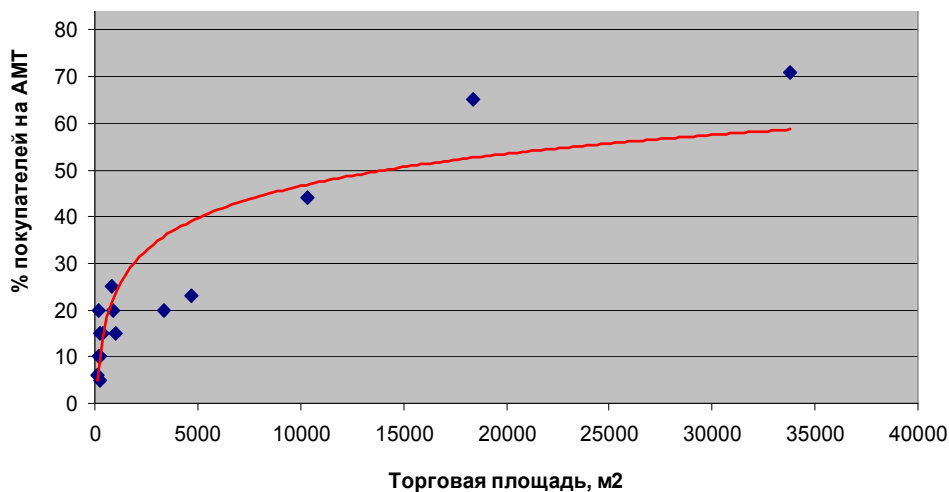


Рис. 6. Зависимость количества покупателей на АМТ от торговой площади объекта

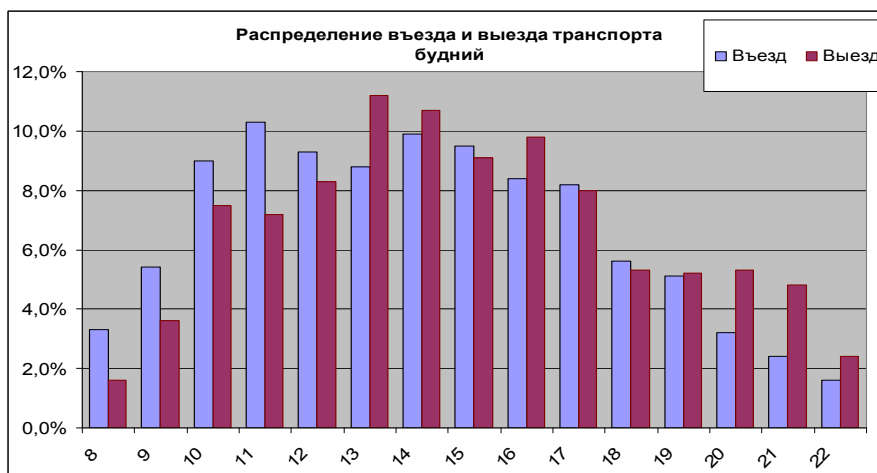


Рис. 7. Распределение въезда и выезда транспорта, будний день

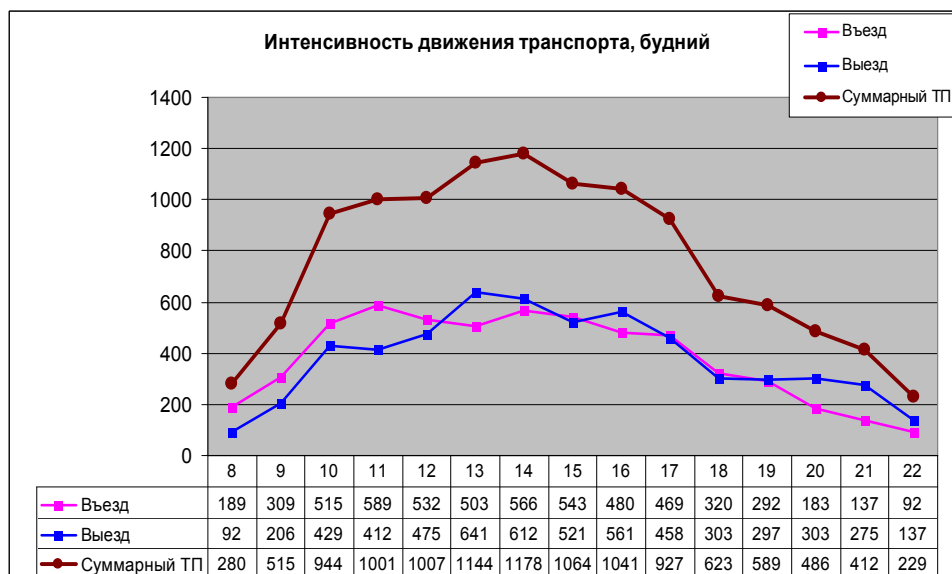


Рис. 8. Расчетная интенсивность движения транспорта, будний день

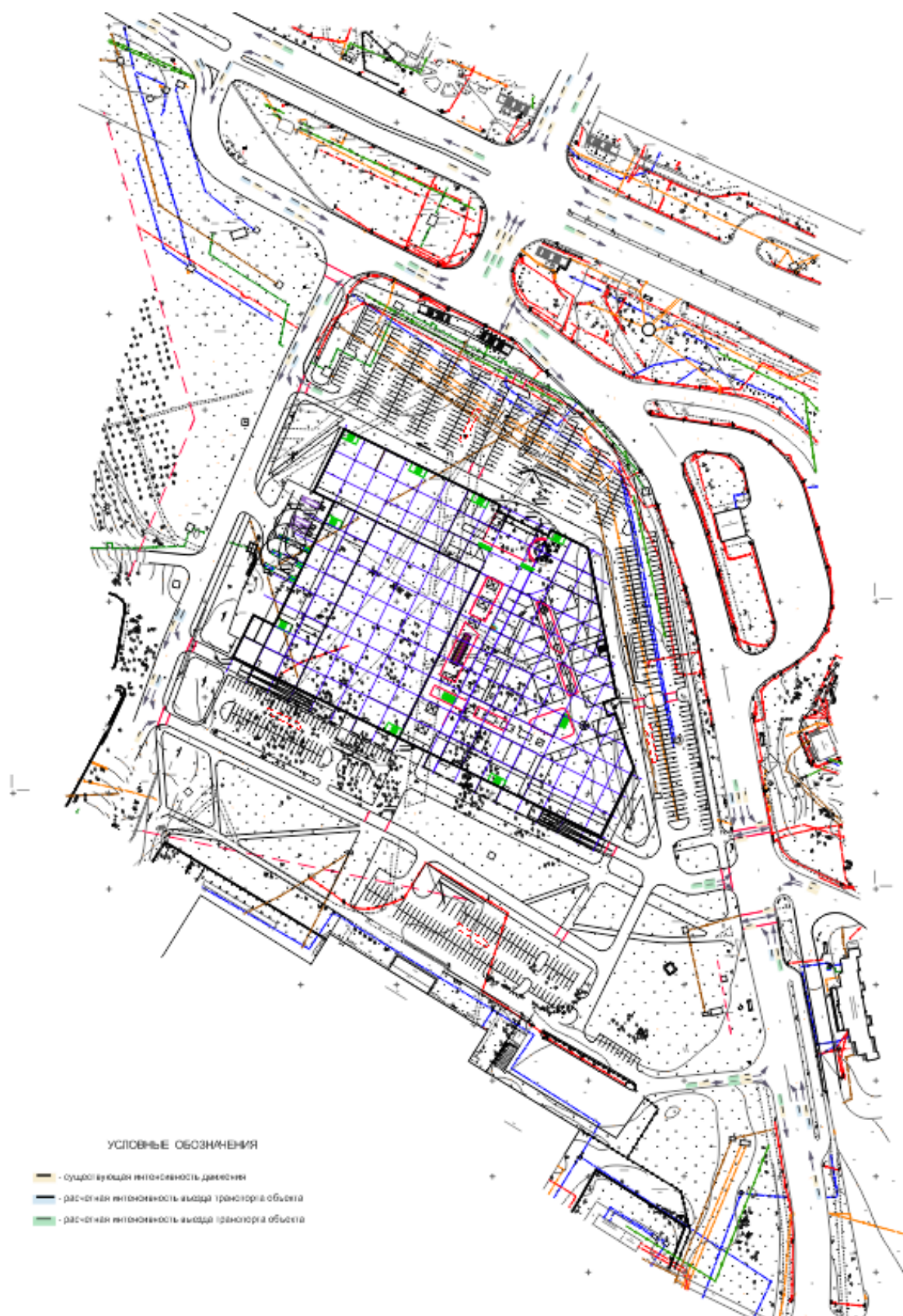


Рис. 9. Вариант транспортной планировки исследуемого района

Изменение планировки перекрестка Машиностроителей – Ангарская с Т-образной на четырехстороннюю (с примыканием выезда со стояночной площадки ТЦ) недопустима, так как приведет к появлению новых конфликтных точек пересечения транспортных потоков. В результате потребуются изменение схемы светофорного регулирования, которое приведет к резкому снижению пропускной способности узла в целом и существенному усложнению условий въезда-выезда к ТЦ. По пропускной способности, условиям движения транспортных потоков, а также характеристикам транспортного обслуживания проектируемого ТЦ целесообразной является реализация варианта 2, который имеет резерв пропускной способности даже в условиях увеличившейся транспортной нагрузки за счет распределения транспортных потоков разных левоповоротных направлений на два перекрестка Партизанского просп. (с ул. Ангарской и Машиностроителей). При этом схемы светофорного регулирования на каждом из перекрестков могут быть реализованы с числом фаз не более 3, что обеспечит необходимый уровень пропускной способности.

Литература

1. Врубель, Ю.А. Характеристики дорожного движения / Ю.А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2007. – 268 с.
2. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006. – 252 с.
3. Компьютерная программа «RTF-Road traffic flows» // Свидетельство № 222 от 17.09.10г. Национального центра интеллектуальной собственности// Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский, М.К.Мирошник, А.В. Коржова; В.Н. Кузьменко; А.С. Полховская; Е.Н Костюкович.

УДК 656.051

Кравченко П.А., научный руководитель ИБДД СПбГАСУ, д-р техн. наук, профессор, *Плотников А.М.*, генеральный директор ООО «СПбГАСУ-ТУДД», канд. техн. наук, доцент (Санкт-Петербург)

КОМБИНИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ НА МНОГОПОЛОСНЫХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ, МИНИМИЗИРУЮЩЕЕ УРОВЕНЬ ОПАСНОСТИ

Kravchenko P.A., Dr. Sc., Prof., supervisor of Traffic Safety Institute, *Plotnikov A.M.*, Ph.D., ass. Prof., general director «SPbGASU-TUDD»

COMBINED TRAFFIC CONTROL ON MULTI-LANE CONTROLLED JUNCTIONS, MINIMIZING ROAD SAFETY

The paper presents combined traffic control on multi-lane controlled junctions, minimizing road safety

Статистика дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в России со смертельным исходом многие годы выходит за рамки разумного – более 26,5 тыс. чел. в 2010 г. и около 28 тыс. чел. в 2011 г. Основную долю (до 50 %) таких ДТП составляют наезды на пешеходов на регулируемых перекрестках (РП). Однако в общем числе факторов, вызывающих тяжкие ДТП, фактор особо опасных конфликтов, генерируемых регулируемыми перекрестками, системно не учитывается. Причина – скрытность этого фактора за разрешением Правилами дорожного движения «просачивания» левоповоротных транспортных средств (ТС) через встречный транспортный поток (ТП) и через пешеходные потоки (ПП) с правоповоротными ТС. ДТП на регулируемых перекрестках, как правило, происходят в так называемых конфликтных точках – в местах с пересечением (в одном уровне) траекторий движения транспортных средств или транспортных средств и пешеходов, а также – в меньшей степени – в местах отклонения и слияния ТП. Число конфликтных точек определяет соответствующую

вероятность возникновения ДТП и уровень опасности дорожного движения на РП. Этот фактор обстоятельно исследован проф. Е. М. Лобановым, но он не касался вопроса системного учета и минимизации уровня опасности регулируемых пересечений.

Существенно снизить число ДТП на регулируемом перекрестке можно, если на этапе его проектирования полностью устранить конфликтные точки и реализовать такую схему организации дорожного движения (СОД), которая – вместе с реконструкцией отдельных элементов перекрестка, установкой оптимального комплекса технических средств организации дорожного движения (ОДД) и использованием автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУ ДД), применением различных ограничений на режимы движения и т. п., – способна обеспечить максимум уровня дорожной безопасности. Методика, решающая такую задачу (разработана в институте БДД СПбГАСУ [1,2]), предусматривает обязательную реализацию типового многовариантного проектирования СОД с количественной оценкой уровня опасности каждого из вариантов и обеспечением возможности оптимизации пропускной способности РП на множестве частных решений. Методика позволяет решать задачи технического аудита дорожной безопасности любых видов одноуровневых пересечений, а также планировать текущие и перспективные мероприятия по быстрореализуемой и малозатратной модернизации РП.

«Автомобильное» факторное пространство проблемы организации безопасности дорожного движения (ОБДД) огромно. К примеру, в Израиле их более 1000, из которых 18 выделены как особо опасные и способные быть причинами тяжких ДТП. В практике Израиля они запрещены к развитию непосредственно в дорожном движении (ДД). В Финляндии выделено 10 таких особо опасных факторов. В ряде отечественных смежных видов транспорта – воздушном, железнодорожном – объем этого пространства известен и очевидно соизмерим с автомобильным и тогда порядок этого пространства для последнего может быть угадан. Например, в воздушном транспорте [3] в графе опасных – их больше 1800! Сегодня многие государства Европы делают упор на стандартизацию опасных сегментов факторного пространства – как это давно делают в воздушном транспорте, учитывают наблюдаемое их увеличение, например в связи с ростом в ДД слабо защищенных участников, использующих мото-, вело- и др. средства транспорта. Для России, с отставанием повторяющей путь развития ДД развитых стран, значимым является и то, что СОД на РП по потенциалу безопасности дорожного движения как фактор влияния на нее – не используется.

Порядок решения указанной задачи целесообразно проиллюстрировать на примере модернизации РП – при заданных его планировочных характеристиках, структуре и параметрах средств ОДД, интенсивностях движения ТП и ПП, а также параметрах существующих СОД и режимах светофорного регулирования. Задача имеет градации – от требования обязательного максимально возможного повышения уровня безопасности, до повышения на заданный более высокий уровень и сохранения (фиксации) полученного уровня при завершении процесса проектирования СОД выбором желаемой транспортной эффективности. Все варианты решаемой задачи предусматривают: оценку уровней дорожной опасности перекрестка (балльным (условным) показателем, уровнем его конфликтной загрузки, запаса пропускной способности полосы движения и показателей аварийности); определение типа управления в СОД – пофазного, по отдельным направлениям и комбинированного с заданным уровнем дорожной безопасности соответствующих – «допустимому», «повышенному» и «промежуточному». Целесообразная СОД, наилучшая по пропускной способности выбирается из пакета типовых СОД.

Разработанная методика обеспечивает решение как прямой задачи – по заданному уровню дорожной безопасности определяет возможный максимум пропускной способности, так и решение задачи обратной.

Эффективность реализации вариантов выбранных решений по модернизации многополосных РП может быть дополнительно повышена если применить принципиально новый тип светофорного блока. Его возможный вариант смотри в Патенте на полезную модель «Система управления движением на многополосных перекрестках» (№111330. Российская Феде-

рация. Зарегистрирован и опубликован 10.12.2011г. Бюл. №34). По патенту светофорные блоки в комплексе с интеллектуальным дорожным контроллером, детекторами транспорта и управляемыми дорожными знаками способны адаптивно, в зависимости от интенсивности лево- и правоповоротных транспортных потоков, обеспечивать изменение типа управления в СОД, например, с пофазного управления на управление по отдельным направлениям или на комбинированное управление и наоборот, что поддерживает заданный уровень дорожной безопасности и оптимальную пропускную способность перекрестка. Светофорные блоки нового типа оснащены одним-двумя дополнительными секциями с механизмами их открывания и закрывания.

Пофазный тип системы управления в схемах организации движения организуется только в тех ситуациях, когда повороты транспортных потоков (ТП) налево, направо и далее через пешеходные потоки (ПП) находятся в пределах нормируемых [1,4] в допустимых границах: – интенсивность левоповоротного ТП через встречный ТП не превышает 120 авт/ч.; – интенсивность ПП на одном переходе не превышает 900 чел/ч., а интенсивность транспортных лево- и правоповоротных потоков – не превышает 120 авт/ч. Наиболее распространенная в практике двухфазная система управления движением разделяет во времени конфликтные пересечения в транспортно-пешеходных потоках (ТПП) («транспорт – транспорт» и «транспорт-пешеход») на две группы и обеспечивает эффективную пропускную способность на перекрестке, но не всегда обеспечивает даже допустимый уровень безопасности движения, что и дает высокую статистику тяжелых ДТП.

Изложенное выше позволяет заключить, что разработанный «инструмент» существенного повышения безопасности дорожного движения на одноуровневых многополосных регулируемых перекрестках позволяет обеспечить целенаправленное количественное управление ее уровнем, осуществить обоснованный выбор целесообразной пропорции между уровнями дорожной безопасности и транспортной эффективности перекрестков, обеспечить системно согласованный и эффективный аудит дорожной безопасности вплоть до онлайн-режимов и, что не менее важно – демонстрацию методического подхода к решению задачи возможного перевода систем ОБДД на идеологию «нулевой смертности» на дорогах России – идеологии, интенсивно внедряемой в развитых странах мира [5]. Чтобы осуществить такой перевод необходимо – не просто согласиться с полезностью применения описанного методического подхода, его малозатратностью и быстрой реализуемостью, а стандартизировать его в практике проектирования, модернизации и технического аудита РП.

Литература

1. Плотников А.М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках: учебное пособие для вузов. – С-Пб. Нестор-История, 2010-110 с., 58 ил.
2. Плотников А.М. Алгоритмы и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках. Транспорт Российской Федерации. – №5(36). – 2011. – с. 28-30.
3. Сакач Р.В. и др. Безопасность полетов.– М.: Транспорт, 1989.–239 с.
4. Организация дорожного движения в городах: Методическое пособие; Под общ. ред. Ю. Д. Шелкова. Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России. – М.:1995.-143с.
5. Европейский доклад о состоянии безопасности дорожного движения.– ВОЗ, пер. с англ., 2009.–161 с.

УПРАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫМИ РЕГУЛИРУЕМЫМИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯМИ

Golovnich I.M., Lagerev R.Y., Zedgenizov A.V., Levashev A.G., Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia

TRAFFIC SIGNAL OPERATION OF SATURATED INTERSECTIONS

This paper present a concept of control model in which timing plane (cycle length, green phases) of oversaturated signalized intersection has to be conducted dynamically depend of incoming traffic flows. The principle of the signals timing control is based on the idea of control traffic queues length using green phases. Control algorithm allows the assigned of green duration proportionally to the predicted queue size and some waited coefficients.

Прошедшая девятая международная конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» в Санкт-Петербурге 23–24 сентября 2010 еще раз подтвердила актуальность и значимость проблемы транспортного обслуживания населения во многих российских городах. Современный уровень автомобилизации, который только в г. Иркутске, уже сегодня достиг значения 240–250 автомобилей на 1000 жителей, что превышает показатели, предусматриваемые действующими нормативными документами, обязывает вынести задачи оптимизации городских транспортных сетей на первый уровень.

Отмечается, что технические средства управления дорожным движением во многих российских городах практически остаются неизменными и не соответствуют возросшей в несколько раз нагрузке на элементы улично-дорожной сети, что сопровождается рекуррентными транспортными заторами и увеличением затрат времени на передвижения городского населения. В такой ситуации, как один из вариантов борьбы с заторами, может рассматриваться стратегия более эффективного использования существующей транспортной инфраструктуры, управления доступом к сети, распределения спроса на поездки, развитие новых современных управляющих алгоритмов.

Одним из методов эффективного управления транспортными потоками принято считать адаптивное управление с автоматическим мониторингом характеристик транспортных потоков с последующим расчетом управляющих параметров светофорной сигнализации. Используемые в нашей стране подходы к проектированию адаптивного регулирования предназначены, главным образом, для свободного транспортного потока. Как отмечается в специальной технической литературе [1, 2], эффективность «классического» адаптивного регулирования резко снижается в случае функционирования связанных регулируемых пересечений в условиях насыщения (*saturated*) и перенасыщения (*oversaturated*).

Именно поэтому в последнее время зарубежными специалистами, особое внимание уделяется алгоритмам оптимизации работы светофорных объектов функционирующих в условиях повышенной загрузки, когда использование классических подходов [4], основанных на минимизации суммарных задержек оказывается малоэффективным. Именно поэтому, авторы статьи задались целью разработать критерий управления регулируемой сетью, основанный на загруженности перегонов.

В нашей стране исследования в области насыщенных регулируемых пересечений ограничиваются лишь несколькими диссертационными исследованиями. Так первой работой по рассматриваемому направлению можно считать [2], в которой дано достаточно полное понятие транспортного затора. *Транспортный затор – ситуация на дорожной сети, при которой среднее время задержки транспортного средства превышает длительность цикла.* Таким образом, транспортный затор сопровождается, как минимум, вторичными задержками и ростом очередей транспортных средств, длина которых может помешать работе соседних пересечений и перейти в состояние сетевого затора [3]. Предложенная авторами [2] формулиров-

ка транспортного затора позволяет выполнить поставку управляющего алгоритма, направленного на недопущения заторового состояния сети.

В 16 главе американского руководства по оценке пропускной способности дорог HCM 2000 подробно изложена процедура оценки пропускной способности и оценки величин задержек и длин транспортных средств. На основании алгоритмов, изложенных в американском руководстве, авторами в среде Excel написана программа для оценки эффективности функционирования регулируемых пересечений по таким параметрам как средняя величина транспортной задержки, длина очереди транспортных средств, уровень загрузки перегона (рис. 1), установлена корреляционная зависимость между указанными параметрами (рис. 2, 3).

Оценка эффективности функционирования регулируемого перекрестка										
Расположение перекрестка Уткина Дек. Событий					Город Иркутск					
Учетчик Лагеров Р.Ю.					Альтернатива есть					
Дата и время 08.08.2008					Проект основной					
Направления движений транспортного потока	↶		→		↷		↶		↷	
	3-С	3-В	3-С	3-В	3-С	3-В	3-С	3-В	3-С	3-В
I. Расчет значений интенсивности групп полос (ГП)										
1 Количество полос	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2
2 Пиковый фактор (PHF)	0,50	0,50	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
3 Интенсивность движения, ед/ч	10	189	4	30	700	20	30	370		
4 Совмещена с потоком "прямо"	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА
5 Конфликт с движением	<input type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА
6 Доля поворачивающих без конфликта	0		0	0		0	0		0	0
7 Конфликт с пешеходами	<input type="checkbox"/>	ДА	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА	<input type="checkbox"/>	ДА	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА
8 Тип прибытия потока	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3
9 Инт-сть направ. с PHF, ед/ч	20	378	4	33	778	22	33	411		
10 Инт-сть ГП с PHF, ед/ч		383	4	33	778	22	33	411		
11 Доля поворотных потоков, (Pfl, Prt)	0,052		1,000	1,000		1,000	1,000		1,000	1,000
12 К-т прибытия потока, (Rp)		1,333	1,000	1,000	0,667	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4 Фазовый к-т, (v/s)		● 0,128	○ 0,002	○ 0,036	● 0,259	○ 0,022	○ 0,018	● 0,13		
5 Критический ФК, (v)										
6 Сумма критических ФК, (Yc)									0,397	
7 Потерянное время в цикле, (L)									8	
8 К-т загрузки перекрестка, (Xc)									0,448	
IV. Расчет транспортных задержек и уровня транспортного обслуживания										
1 Анализируемый период, (T), ч	0,25									
2 К-т контроллера, (k)	0,5									
3 К-т влияния пред. пересеч., (l)	1									
4 Длина очереди в начале периода T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Равномерная задержка, (d1)		29,5	25,8	14,3	18,7	14,1	8,4	9,6		
6 Вероятностная задержка, (d2)		26,1	6,8	5,6	5,2	5,0	2,0	1,6		
7 Вторичная задержка, (d3)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
8 Общая задержка ГП, с/ед		58,2	32,5	20,0	26,0	19,1	10,4	11,2		
9 LOS ГП		E	C	B	C	B	B	B		

Рис. 1. Общий вид программы «Перекресток»

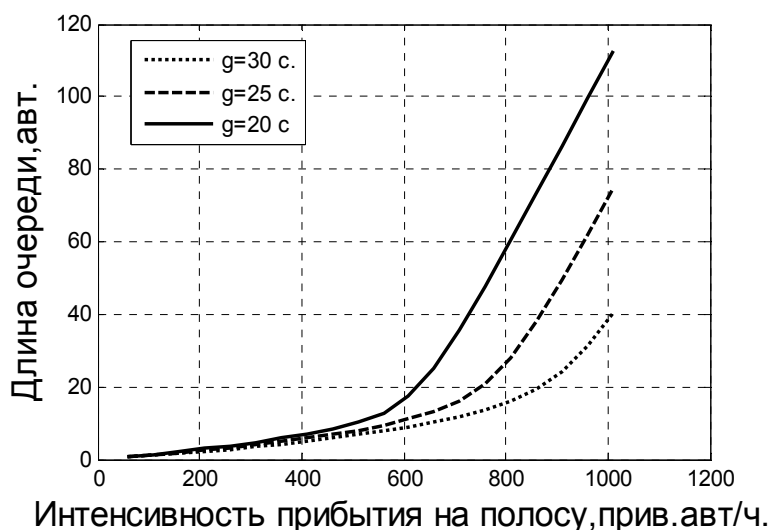


Рис. 2. Зависимость длины очереди от мощности потока¹

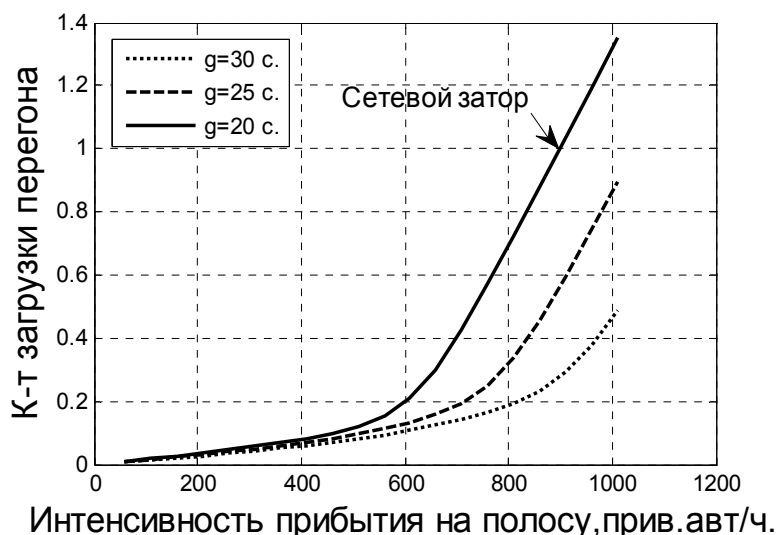


Рис. 3. Зависимость коэффициента загрузки перегона от мощности потока¹

Примечание к рисункам 2, 3

количество полос движения	1;
коэффициент использования полос	1;
время цикла	60 с;
величина потока насыщения	1900 пр.ед./ч;
коэффициент прогрессии	1;
продолжительность анализируемого периода	0,5 ч;
к-т светофорного регулирования	1;
к-т наличия предыдущего перекрестка	1;
длина перегона	500 м.
динамический габарит автомобиля	5 м.

Принималась попытка оптимизации значений длительности фаз по критерию минимума суммарных транспортных задержек, суммарных длин очередей на перекрестке с использованием встроенных в Excel средств оптимизации (надстройка «Поиск решения»). Учитывая особенности целевой функции задачи, установлено, что градиентные методы оптимизации являются малопригодными для решения поставленных задач:

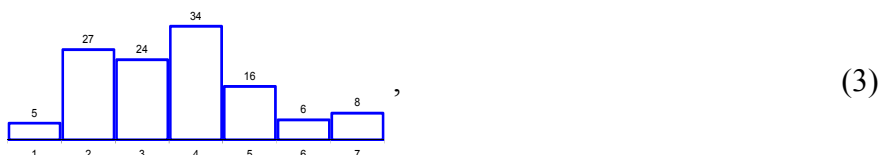
целевая функция задачи:

$$\min \sum (L - Q \cdot l), \quad (1)$$

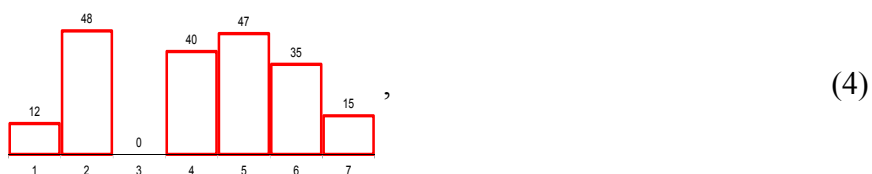
где L – длина перегона, м; Q – длина очереди транспортных средств на перегоне, авт.; l – средний динамический габарит транспортного средства на рассматриваемом подходе (полосе);

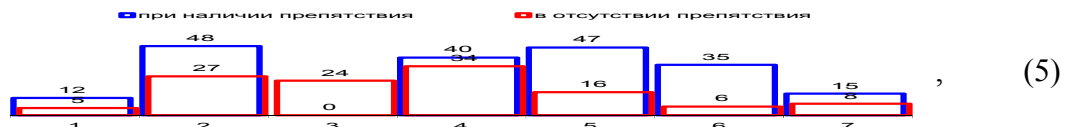
$$, \quad (2)$$

где Q_1 – первая составляющая очереди, авт; Q_2 – вторая составляющая очереди, авт.:



при расчетном коэффициенте прогрессии:





при адаптивном регулировании:

$$k_B = 0,10I \left(\frac{s_L g}{3600} \right)^{0,6}, \quad (6)$$

где C – продолжительность цикла регулирования, с; g – длительность зеленого сигнала, с; X_L – уровень загрузки полосы движения, рассматриваемой группы (x_L/c_L), s – поток насыщения группы полос, авт./ч; s_L – поток насыщения на полосу, авт./ч; c – пропускная способность группы полос, авт./ч; c_L – пропускная способность на полосу, авт./ч; Q_{bL} – остаточная очередь на полосе движения, авт.

Надо отметить, что аналогичные математические зависимости (2-6) положены в основу программных продуктов «Светофор», «Перекрёсток», «Synchro», «Trafficware» достаточно точно соответствуют экспериментальным значениям длин очередей на перекрёстках города Иркутска и могут использоваться для прогнозирования длин очередей транспортных средств на регулируемых пересечениях.

Как показал анализ специальной технической литературы, большое количество задач, связанных с оптимизацией плана работы светофорных объектов представляют собой вид комбинаторных задач, решение которых основано на полном переборе допустимых значений. В последнее годы в задачах оптимизации технических систем широкое распространение получили алгоритмы генетической оптимизации (ГА), представляющие собой итеративный процесс нахождения оптимального значения функции приспособленности (целевой функции) критерием остановки которого могут послужить, например, максимальное число итераций.

Основные отличительные признаки классических алгоритмов оптимизации от генетических, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение алгоритмов оптимизации	
Классические алгоритмы	Генетические алгоритмы (ГА)
Генерируют единственную точку на каждой итерации.	Генерирует популяцию точек на каждой итерации. Лучшая точка в последовательности точек популяции достигает оптимального решения.
Выбирают следующую точку в последовательности детерминированных вычислений	Выбирают следующую популяцию путем на основе вычислений генератора случайных чисел

Для проверки работоспособности ГА к рассматриваемому виду оптимизационных задачи, была принята целевая функция Растригина (рис. 4)

$$y = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10 \cdot (\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$$

Функция Растринга имеет множество положительных локальных минимумов и глобальный минимум в точке с координатами (0, 0). Надо отметить, что функция Растринга часто используется для оценки работы различных алгоритмов оптимизации, поскольку множество локальных минимумов усложняют задачу поиска решения для классических градиентных алгоритмов оптимизации.

На первом этапе определялся минимум оптимизационной задачи с рассматриваемой целевой функцией без ограничений на оцениваемые параметры x_1 и x_2 . Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

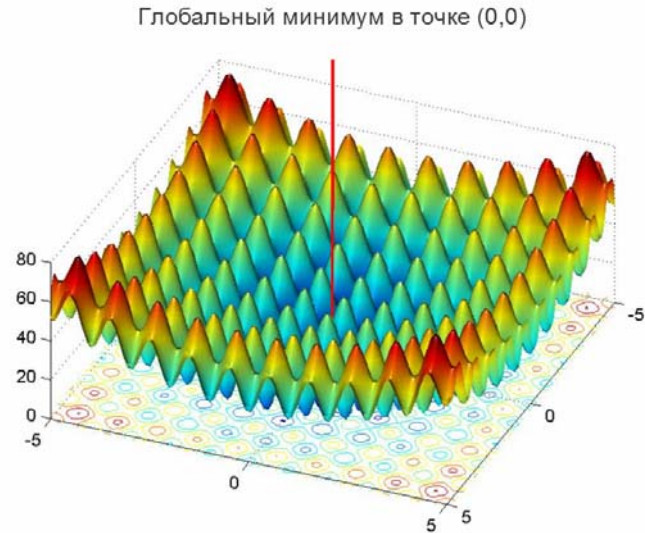


Рис. 4. Плоскость функции Растригина (применяется для проверки работоспособности алгоритмов оптимизации)

Таблица 2

Тестирование ГА без ограничений на оцениваемые переменные

Номер эксперимента	Значение ФП	Значение x_1	Значение x_2	Число итераций
1	0,05531	0,001	-0,017	53
2	0,0272	-0,01	0,005	60
3	1,0034	0,002	-1,001	51
4	0,05531	0,001	-0,017	53
5	0,0272	-0,01	0,005	60
6	0,0063	0,005	-0,003	50
7	0,0694	0,003	-0,018	51
8	0,2944	0,025	0,03	51
9	2,9689	0	-0,001	59
10	0,0166	0,005	-0,008	59

Значения оцениваемых переменных x_1 и x_2 , как и функция приспособленности, фактически достигли глобального минимума функции и соответствуют нулевым значениям (рис. 5).

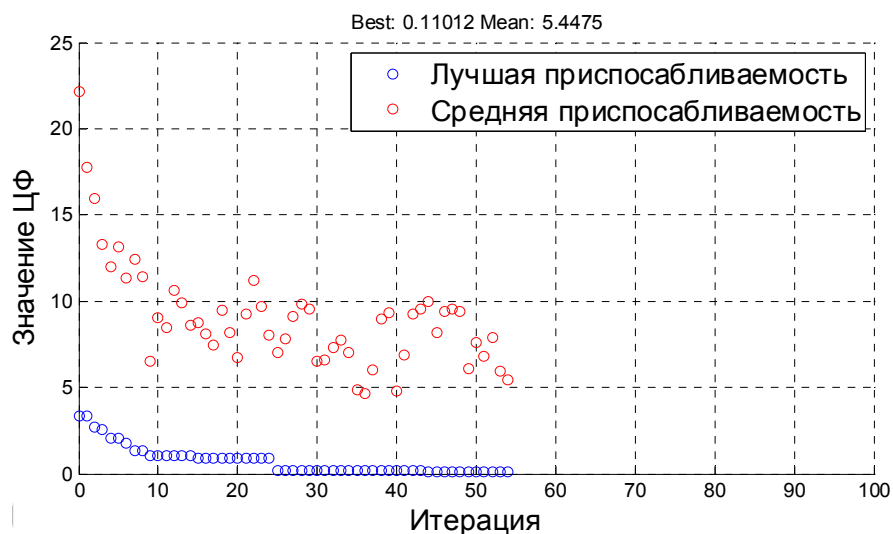


Рис. 5. График сходимости функции приспособленности

В нижней части рис. 5 отображена наилучшая сходимость функции приспособляемости, значения параметров выше отображают среднюю ее сходимость для каждого поколения (итерации). Для того чтобы более точно проанализировать сходимость целевой функции, масштаб оси Y логарифмирован (рис. 6).

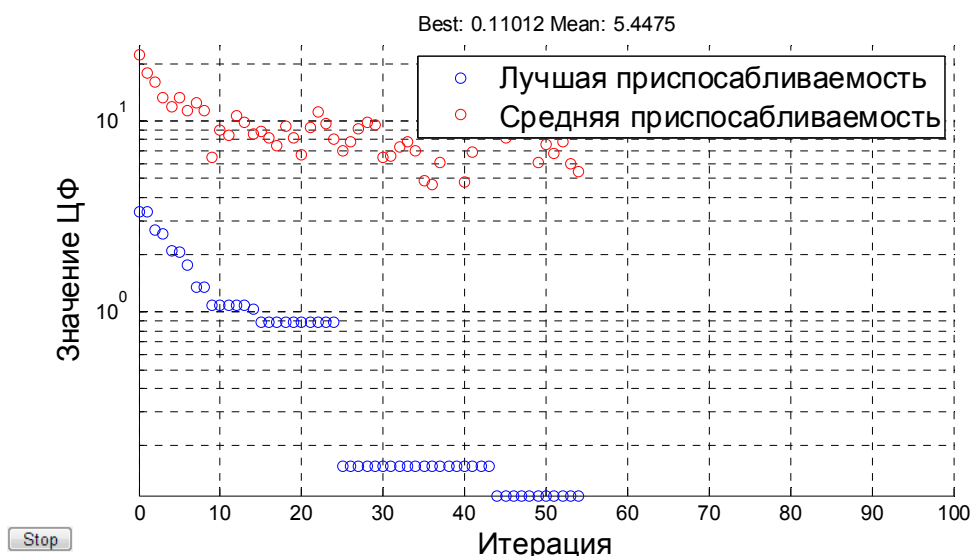


Рис. 6. График сходимости функции приспособленности

Анализируя рис. 6, авторы убедились, что в генетическом алгоритме скорость сходимости тем выше, чем ниже уровень поколения и, наоборот, сходимость значительно замедляется при достижении оптимума функции приспособленности.

Результаты проведенного эксперимента подтвердили наличие значительных преимуществ ГА перед градиентными и его возможность дальнейшего использования в задачах оптимизации функционирования различных транспортных систем и дорожного движения, в оптимизации работы светофорных объектов, (Hadi и Wallace, 1993; Memon и Bullen, 1996; Lo и др., 2000), а также для оценки матриц корреспонденций транспортных потоков на городских транспортных сетях (Reddy и Chakroborty, 1999).

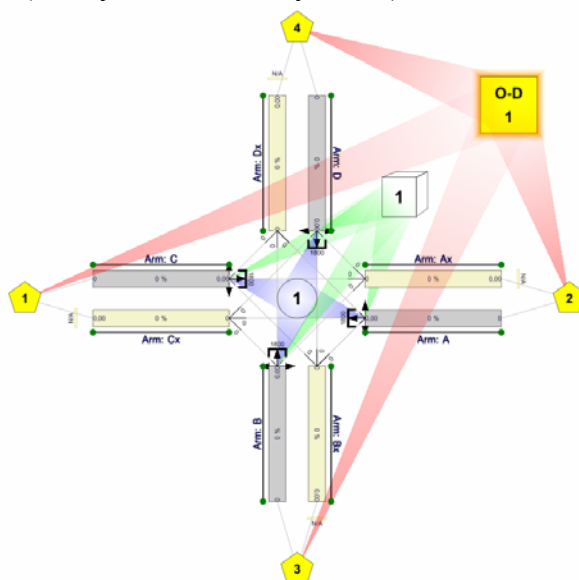


Рис. 7. Ввод O-D матрицы в программу Transyt (TRL)

В дальнейшем авторы задались целью разработать и апробировать алгоритм управления насыщенным перекрестком, основанный на генетической оптимизации и сравнить его эффективность на примере известного программного продукта Transyt фирмы TRL (Англия)

(рис. 7). Поскольку в качестве исходных данных Transyt используется O-D матрица, авторами разработана программа «Матрица», позволяющая по замерам входящего и выходящего транспортного потока получать данные для построения картограмм интенсивности движения.

Литература

1. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками в городах. – М.: Транспорт, 1985. – 94 с.
2. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей. – Новосибирск: Наука, 2004.-266 с.
3. Traffic control in oversaturated street networks / NCRHP report N194, 1978. – 152p.
4. Webster, F.V., "Traffic Signal Settings, Road Research", Technical Paper No. 39, London, Her Majesty's Stationery.

УДК 656.021.2, 351.815, 681.518.5

Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Шубенкова К.А., Мелькова В.А. (ГОУ ВПО «Камская государственная инженерно-экономическая академия», г. Набережные Челны, Россия)

О СТРУКТУРЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ КАК ИННОВАЦИОННОМ СРЕДСТВЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

В статье рассматриваются вопросы обеспечения надежного и безопасного функционирования транспортной системы города средствами специального программного комплекса управления дорожным движением. Показано, что комплексное решение задачи управления транспортной системой города способно обеспечить реализацию концепции устойчивого развития региона.

I.V. Makarova, R.G. Khabibullin, K.A. Shubenkova, V.A. Mel'kova, SEI HPE «Kama State Academy of Engineering and Economics», Naberezhnye Chelny city, Russia

STRUCTURE OF THE SOFTWARE TRAFFIC MANAGEMENT COMPLEX AS INNOVATION MEANS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGION

The article deals with the issues of ensuring the reliable and safe city transport system operation through the designing of the software traffic management complex. It is shown that a comprehensive solution of the city transport system management contributes to the sustainable development of the region.

Понятие «устойчивое развитие» – прежде всего в экономике – в развитых странах прочно вошло в современный лексикон. Это связано в первую очередь с тем, что ведущие страны мира, а также передовая часть стран с переходной экономикой взяли на себя значительные международные обязательства в соответствии с «Повесткой дня на XXI век», принятой конференцией ООН – по окружающей среде и развитию – в Рио-де-Жанейро в 1992 году, и «Йоханнесбургской декларацией по устойчивому развитию», одобренной на мировом саммите 2002 года [1]. Глобальная задача концепции устойчивого развития предполагает инициализацию условий и выработку интегрированной стратегии решения глобальных проблем устойчивого развития (экономические, экологические, социальные и организационные), на этапе разработки, которой и определяются средства и методы достижения цели – работы социальных, экономических, экологических и организационных систем как единого целого [1].

Транспорт является той областью, в которой должны реализовываться эффективные проекты и решения, способные обеспечить устойчивое развитие инфраструктуры городов, сохраняя баланс между комфортными условиями жизни и бережным отношением к природе. Необходимо создавать и эффективно объединять различные транспортные системы, обеспе-

чивая более быструю, безопасную и экономически выгодную доставку пассажиров и грузов к месту назначения при наименьшем воздействии на окружающую среду.

Значительный рост интенсивности движения на городских улицах влечет за собой ухудшение условий движения, приводит к росту числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и пострадавших в них людей, а также резкому ухудшению уровня транспортного обслуживания города в целом. Кроме того, при очень большом числе автомобилей в потоке движение приобретает прерывистый характер (так называемый режим «stop-and-go»), что еще более усугубляет ситуацию, так как при работе двигателя в данном режиме значительно возрастает количество выбросов загрязняющих веществ (в частности, оксида углерода CO, твердых частиц, таких как сажа, C, и др.).

Существующие на сегодняшний день проблемы в области транспорта имеют системный характер, а значит, требуют комплексного подхода к их решению как на федеральном, так и на уровне субъектов РФ.

1 декабря 2011 года Кабинетом министров республики Татарстан была утверждена долгосрочная целевая программа «Развитие транспортного комплекса республики Татарстан на 2011–2015 годы», в соответствии с которой к 2015 году должны быть достигнуты такие цели, как:

- сокращение времени, затрачиваемого на поездку из жилых районов до мест приложения труда, а также снижение уровня наполнения салонов подвижного состава;
- повышение уровня комфортности транспортной системы и ее доступности, особенно для маломобильных слоев населения;
- повышение экологических параметров транспортной системы [2].

В соответствии с Подпрограммой развития городского транспорта республики Татарстан [3], одним из основных инновационных проектов на период до 2015 года является «Разработка и внедрение системы контроля и управления движением на автодорогах республики». Данный проект подразумевает автоматизированный сбор информации о параметрах дорожного движения, автоматическое формирование и вывод сообщений о ДТП, заторах и других явлениях, оперативное управление дорожной обстановкой с целью повышения пропускной способности на улично-дорожной сети (УДС) и уровня дорожной и экологической безопасности.

В рамках реализации концепции устойчивого развития планируется создать интеллектуальную систему поддержки принятия решений (СППР), которая представляет собой программный комплекс, имеющий в составе средства для оперативного сбора информации (системы мониторинга текущего состояния системы, в том числе по показаниям датчиков, камер видеонаблюдения и GPS-навигаторов и др.), имитационную модель транспортной системы, позволяющую выбрать лучший из возможных вариантов организации движения при заданных параметрах текущего состояния, а также базы данных и знаний, содержащие информацию, необходимую для принятия адекватных и обоснованных управленческих решений. Разрабатываемая СППР схематично представлена на рис. 1.

СППР создается для того, чтобы на основе научного анализа статистической информации о существующих на сегодняшний день транспортных потоках (ТП), пассажиропотоках и ДТП обеспечить возможность лицам, принимающим решения (ЛПР), вырабатывать рекомендации по рациональному управлению развитием города:

- выявлению наиболее загруженных участков УДС и мест концентрации ДТП;
- выбору рациональных типов транспортных средств (ТС) на маршрутах;
- оптимизации маршрутной сети города;
- выбору оптимального варианта управления транспортными потоками;
- улучшению экологической обстановки вблизи магистралей города;
- повышению эффективности транспортного процесса путем снижения количества ДТП и времени, затрачиваемого на простои в пробках.

На сегодняшний день исходная информация о ДТП фиксируется в базах данных, которые разработаны исключительно с ориентацией на статистический учет и использования органами ГИБДД. Однако, поскольку существует проблема несоответствия содержания бу-

мажной формы полям базы данных, необходимо, в первую очередь, разработать специальные формы сбора информации, в которых систематизируются группы факторов, оказывающих влияние на дорожную ситуацию, а также указаны общие данные, необходимые для последующего статистического анализа, которые соответствуют «Правилам учета ДТП». Ввод информации в базу данных, разработанную в приложении Access, может быть оптимизирован посредством внедрения программного модуля автоматического ввода данных. Информационно-логическая модель созданной базы данных представлена на рис. 2.

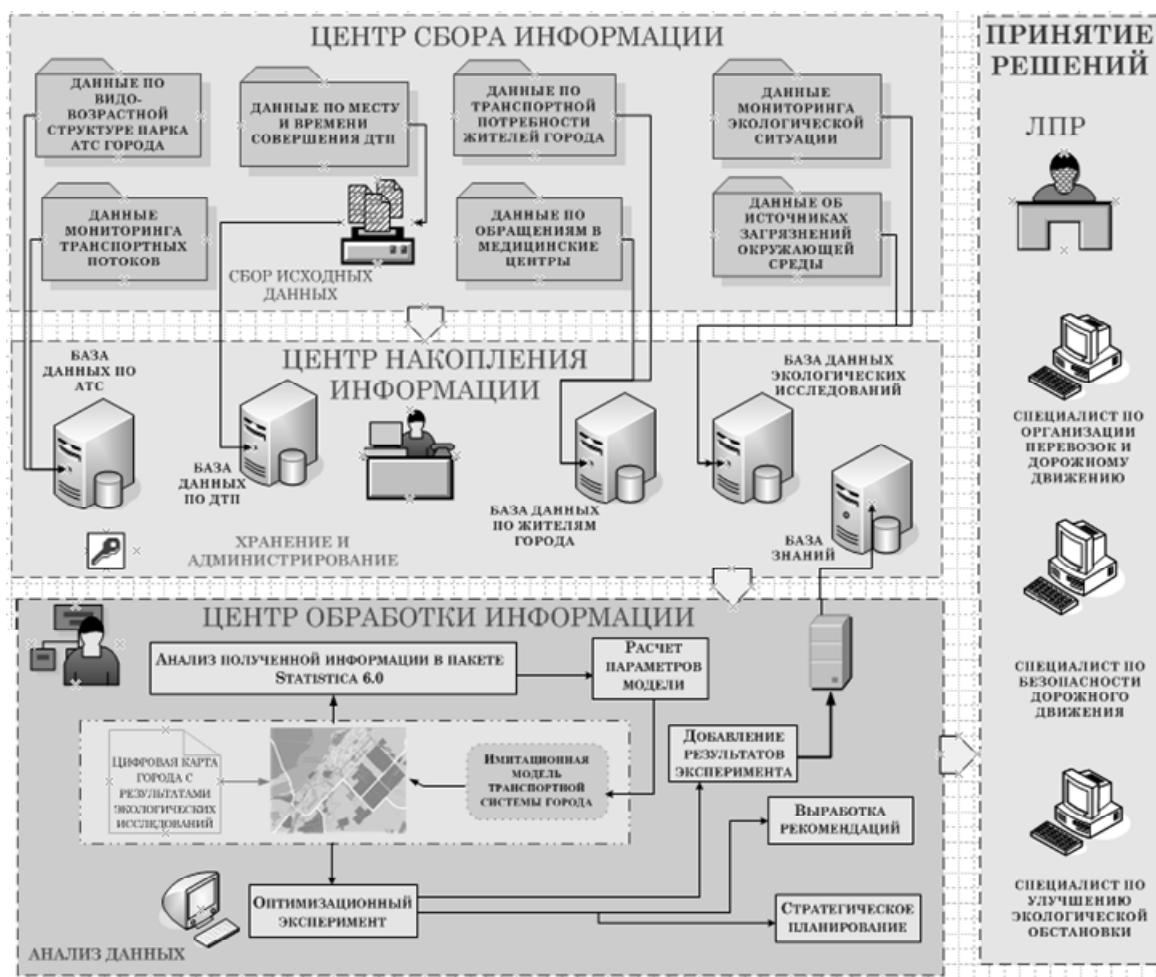


Рис. 1. Функциональная схема системы поддержки принятия решений в задачах контроля и управлением дорожным движением

Поскольку базы данных предназначены, в основном, для хранения больших объемов информации, и в них не реализована возможность глубокого анализа данных, то решением этой задачи станет разработка соответствующего интерфейса для организации передачи данных из базы в специализированный пакет STATISTICA. Полученные закономерности в дальнейшем могут использоваться для задания параметров имитационной модели при проведении оптимизационного эксперимента на ней.

Для реализации имитационной модели маршрутной сети города использовалось сочетание дискретно-событийного и агентного моделирования, а в качестве среды разработки была выбрана система имитационного моделирования Any Logic. Разработка имитационной модели транспортной системы города включает в себя следующие этапы:

- нанесение на карту города имеющихся маршрутов городского пассажирского транспорта (ГПТ);
- проведение натурных исследований транспортных и пассажиропотоков, а также интенсивности движения ТС;

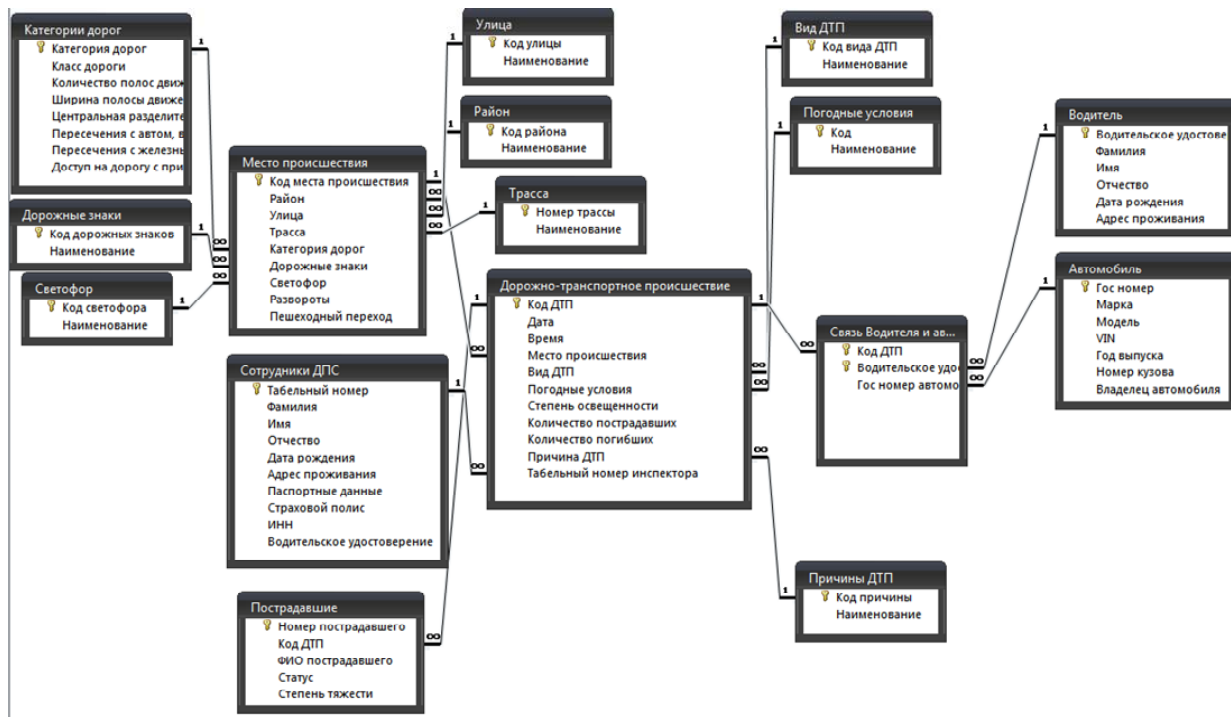


Рис. 2. Структура базы данных по ДТП

- анализ информации о параметрах функционирования транспортно-дорожного комплекса на основе статистического анализа информации из баз данных;
- выявление закономерностей формирования транспортных потоков и пассажиропотоков для задания параметров модели;
- ввод в модель информации о местах концентрации ДТП из базы данных о ДТП;
- верификация модели для проверки ее соответствия реальной системе;
- проведение симуляционного эксперимента на модели с целью выявления участков УДС, где превышена пропускная способность, и влияние транспорта на придорожные экосистемы максимально;
- проведение многошагового оптимизационного эксперимента.

Процесс моделирования начинается с нанесения существующих маршрутов на карту города и задания исходных параметров, таких как количество единиц подвижного состава каждого типа на каждом из маршрутов, основные технические характеристики ТС (емкость, скорость движения), интенсивность появления пассажиров на остановочных пунктах и т. д. Оптимизационный эксперимент проводится для критических значений параметров с целью выбора наилучшего из возможных сценариев развития данной ситуации. Задание параметров осуществляется с учетом положений теории планирования эксперимента. Для выбранного оптимального сценария осуществляется выбор наилучшего варианта использования подвижного состава (ПС) на каждом из маршрутов и количества ТС, задействованных на каждом маршруте. Модель позволяет фиксировать количество транспортных средств на каждом участке дороги в каждый момент времени и визуально определять наиболее загруженные участки транспортной сети. Помимо этого, модель позволяет исследовать последствия ДТП с точки зрения затруднения движения на участке УДС (возникновение заторов и пробок). Кроме того, комплексный анализ ДТП позволит выявить их причины, разработать мероприятия по их устранению и прогнозировать последствия данных мероприятий на модели.

Модель УДС является гибкой как с точки зрения задания параметров, так и относительно расширения в соответствии с развитием инфраструктуры города. Поскольку группировка факторов осуществляется на начальном этапе проектирования базы данных, то для каждой группы указываются возможные способы снижения негативного влияния, следова-

тельно, процесс выработки рекомендаций также в некоторой степени формализован и способствует оперативному принятию оптимальных решений.

Результаты эксперимента на имитационной модели дают основания для выработки рекомендаций по оптимизации маршрутной сети города, по изменению некоторых маршрутов следования городского пассажирского транспорта с целью объезда наиболее загруженных участков. Кроме того, такой анализ направлен на повышение качества функционирования транспортной системы города путем снижения вероятности ДТП и исключения простоя маршрутных транспортных средств вследствие заторов и пробок, а также способствует своевременной доставке пассажиров.

Применение разработанной модели для проведения оптимизационного эксперимента и анализ полученных в результате данных, создает возможность повысить качество транспортного обслуживания населения, способствовать снижению напряженности на дорогах города, и, вследствие этого, снижению числа ДТП, а также повлечет за собой улучшение экологической обстановки вблизи маршрутной сети города.

Комплексный подход к решению задачи управления транспортными потоками на основе выделения его составляющих (общественного и индивидуального транспорта), предполагает, помимо указанных, возможность анализа экологической ситуации по результатам оперативного мониторинга состояния окружающей среды, а также разработки системы оперативного реагирования на изменения в транспортно-дорожной сети путем расчета на модели резервных маршрутов, подбора оптимального количества и типов ТС для каждого из маршрутов. Немаловажным преимуществом является то, что система мониторинга и ведения базы данных позволяет оценивать экологические последствия изменений дорожной ситуации и вырабатывать систему мероприятий по снижению вредных воздействий на окружающую среду.

В целом создание СППР будет способствовать реализации принципов концепции устойчивого развития территорий и улучшению качества жизни в крупном промышленном центре.

Литература

1. Костин, А.Е. Корпоративная социальная ответственность и устойчивое развитие: мировой опыт и концепция для РФ // Менеджмент в России и за рубежом. – 2005. – №3. – с. 56-64.
2. Шевченко, И.В., Литвинский, К.О. Устойчивое развитие: мировой опыт и проблемы России // Региональная экономика: теория и практика. – 2007. – №13. – с. 3-8.
3. Долгосрочная целевая программа «Развитие транспортного комплекса республики Татарстан на 2011–2015 годы». URL: www.ivft.ru/download.php?file_id=229. Дата обращения: 10.06.2012

УДК 656.13.08.05

Поздняков М.Н., канд. техн. наук, *Мирончук А.А.*, ассистент (РГСУ, Ростов-на-Дону, Россия)

ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ ФАКТОР В ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Pozdnyakov M., Ph.D., RSCEU, Rostov-on-Don, Russia

Mironchuk A., assistant, RSCEU, Rostov-on-Don, Russia

INFRASTRUCTURE FACTOR IN TRAFFIC ENGINEERING OF PEDESTRIANS IN THE LARGE CITIES

Article contains researches of functional and spatial features of foot spaces, the nomenclature of the most widespread obstacles in sidewalks of Rostov, the assessment of their influence on traffic conditions of pedestrians, groups of actions for improvement of a condition, arrangement and functioning of foot spaces are stated.

В последнее время всё чаще звучат идеи о «гуманизации» и «очеловечивании» городов. Их авторы и сторонники считают, что современным, в первую очередь крупным и крупней-

шим городам, необходимо вернуть их прежнюю, первоначальную парадигму, в соответствии с которой город – это место, где живёт и работает человек, пешеход и велосипедист важнее автомобиля, хождение пешком – естественная и основная форма передвижения человека. Она изменилась с появлением автомобиля и популяризацией автомобильного транспорта, который несомненно является одной из основ современной экономики и которому подчинены большинство транспортных концепций [4, 5].

Автомобили всё больше и больше заполняют города, вытесняют пешеходов и препятствуют их движению. Функциональная классификация территорий и разделение движения в пространстве служат компромиссом при разрешениях появившихся противоречий. Для пешеходов создаётся обособленная инфраструктура – пешеходные пространства (тротуары, пешеходные дорожки, пешеходные переходы, пешеходные мосты, жилые зоны, пешеходные зоны, пешеходные улицы, бестранспортные зоны, пешеходные площади, аллеи, колоннады, аркады и др.). Уровень их удобства определяется условиями движения по ним. Неудобства в движении пешеходов могут быть обусловлены значительным количеством препятствий на их пути, недостаточной шириной тротуара, его эксплуатационным состоянием, высокими объёмами движения и иное. Некоторые пешеходные пространства существуют лишь физически, не выполняя своего прямого предназначения. Подобные обстоятельства возникают из-за отсутствия контроля за функциональным состоянием и развитием пешеходных пространств. Это снижает интерес человека к их использованию и заставляют применять другой способ передвижения или выходить за пределы пешеходного пространства, что повышает риск возникновения ДТП.

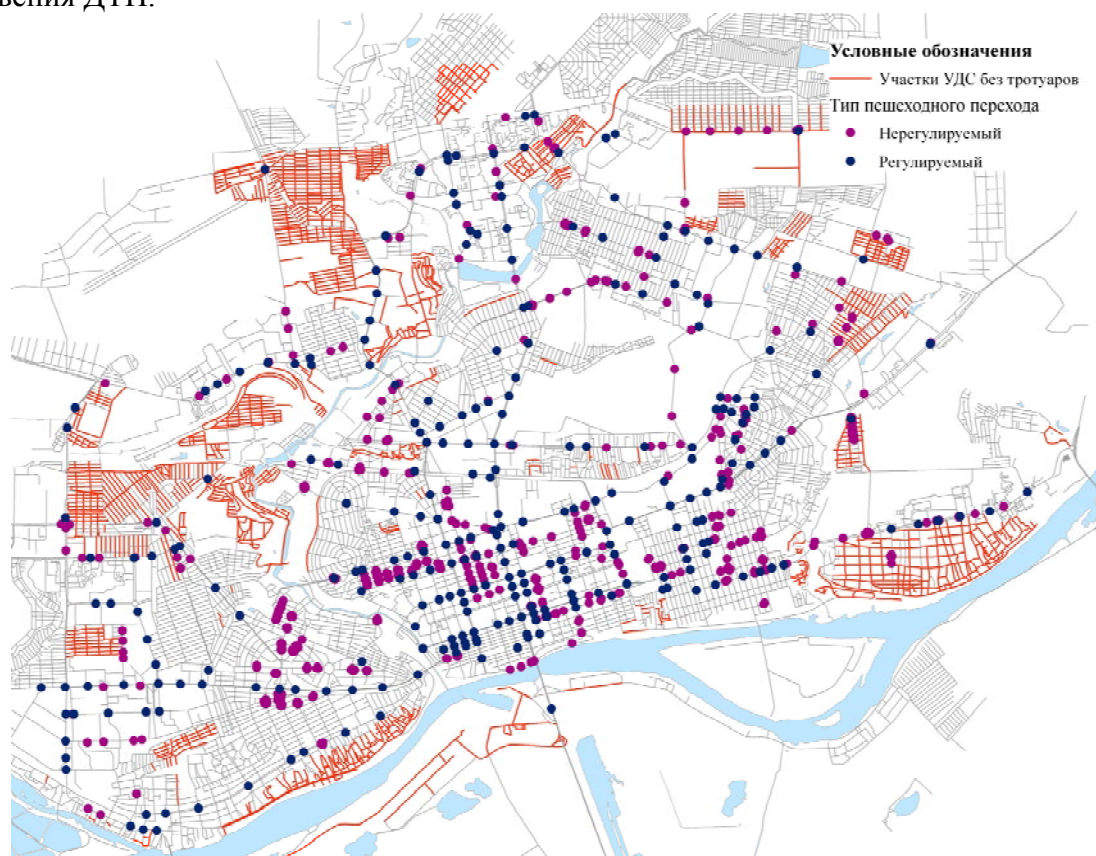


Рис. 1. Дислокация наземных пешеходных переходов и участков УДС без тротуаров

К самой необходимой и распространённой пешеходной инфраструктуре относятся тротуары и пешеходные переходы. Ниже приведены результаты количественной характеристики пешеходных пространств и особенности пешеходной инфраструктуры Ростова-на-Дону.

Обследование 108 км тротуаров в центральной части г. Ростова-на-Дону выявило ряд особенностей и недостатков:

- тротуары перестают выполнять свои исключительные функции и становятся местами осуществления хозяйственной деятельности и местом реализации интересов хозяйствующих субъектов;
- отсутствие контроля за эксплуатационным состоянием тротуаров приводит к появлению широкой номенклатуры препятствий, которые мешают движению пешеходов и снижают их эффективную ширину;
- ширина тротуаров уменьшается парковочными карманами;
- покрытие тротуаров подвержено разрушениям и деформациям.

Комплекс этих и иных недостатков делает пешеходные пространства непривлекательными небезопасными.

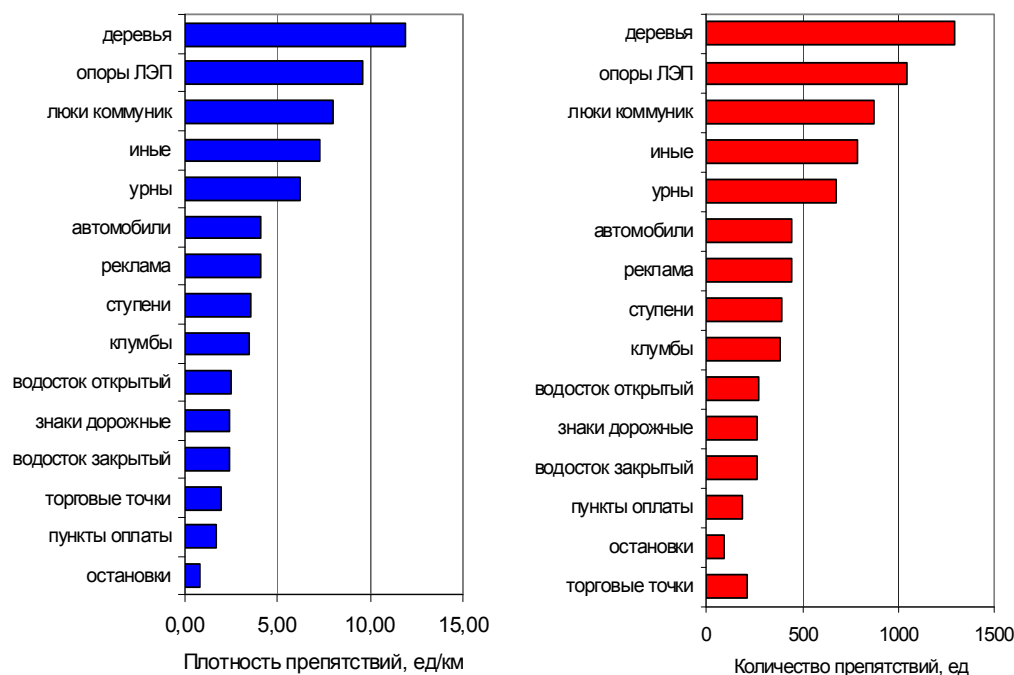


Рис. 2. Количественная характеристика и номенклатура препятствий

Основными препятствиями в пространстве тротуаров являются зеленые насаждения, люки, опоры ЛЭП и городского освещения.

Препятствия в основном располагаются в крайних зонах. В зоне расположенной рядом с линией застройки чаще всего встречаются ступени и урны. В зоне расположенной непосредственно рядом с дорогой чаще остальных встречаются зеленые насаждения, дорожные знаки, опоры ЛЭП и городского освещения. На территории пешеходного пространства располагаются такие препятствия, которые просто необходимо переместить в специально отведенные зоны. К ним относятся: торговые точки, пункты приема платежей, автомобили, стоящие на тротуарах и иные. Реализация этих мер увеличит полезную ширину тротуара на 21 %. При этом необходимо помнить, что большие пешеходные пространства требуют размещения рекламы, витрин, пунктов обслуживания, павильонов, магазинов. Это связано с необходимостью обеспечения их привлекательности и более эффективного использования. Доказано, что отсутствие привлекательных и безопасных пешеходных пространств заставляет человека использовать транспорт при передвижении по рабочим целям, даже при незначительной длине маршрута. Развитие пешеходных пространств Копенгагена, например, привело к тому, что за последующие после реализации проекта 2 года, горожане стали регулярно покидать свои дома в течение 10 месяцев вместо прежних двух [5].

Охарактеризовать влияние препятствий на уровень удобства движения пешеходов по тротуарам можно с использованием критериев оценки условий движения (удельная интенсивность движения, скорость и плотность пешеходного потока), которые взаимосвязаны между собой.

а) Автомобили



б) Лестницы



в) Открытые водостоки



г) Торговые павильоны



д) Рекламные щиты



е) Деревья



ж) Дорожные работы



з) Разрытия



Рис. 3. Варианты дислокации препятствий на тротуарах города

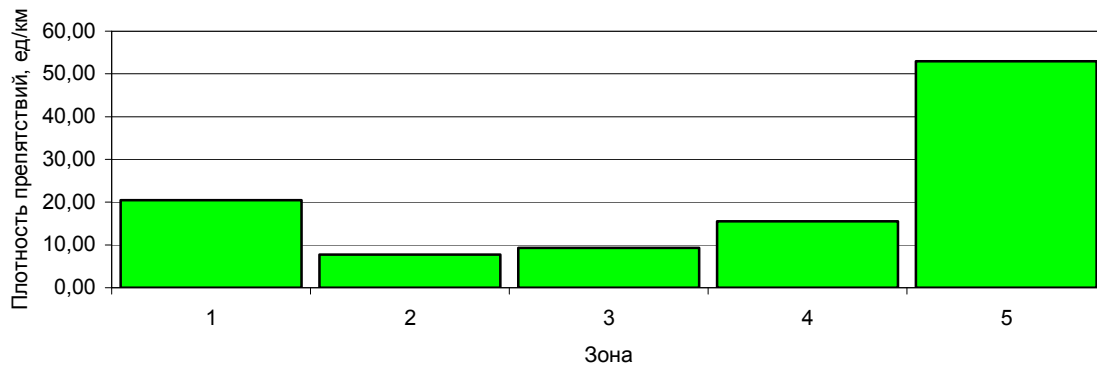


Рис. 4. Распределение препятствий по ширине тротуаров в Ростове-на-Дону

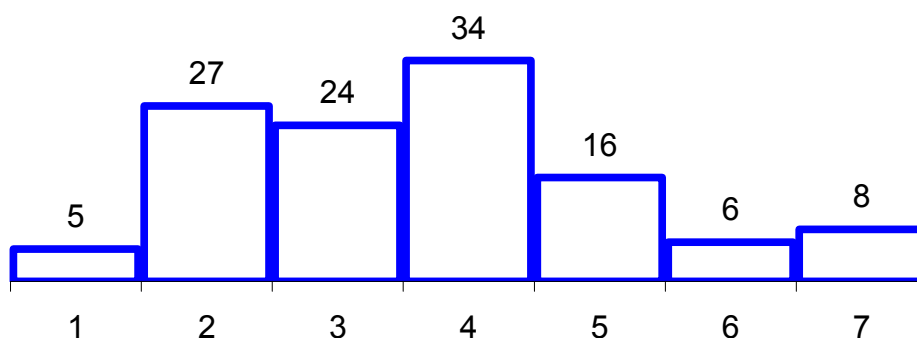


Рис. 5. Распределение объёмов движения пешеходов по ширине тротуара при отсутствии препятствия (ул. Пушкинская)

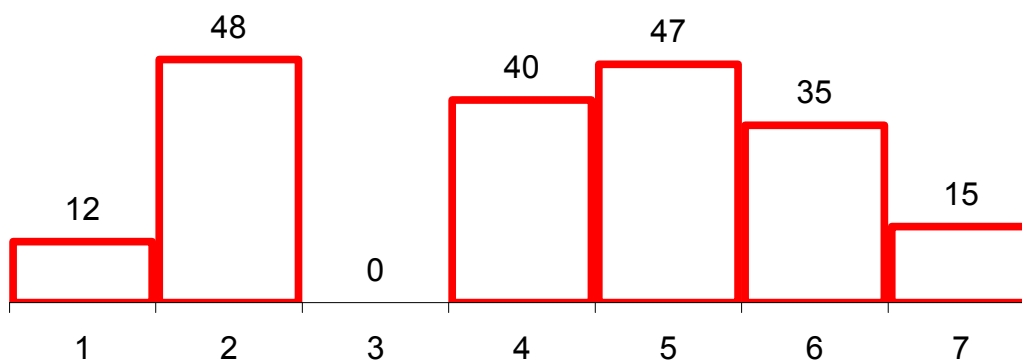


Рис. 6. Распределение объёмов движения пешеходов по ширине тротуара при наличии препятствия (ул. Пушкинская)

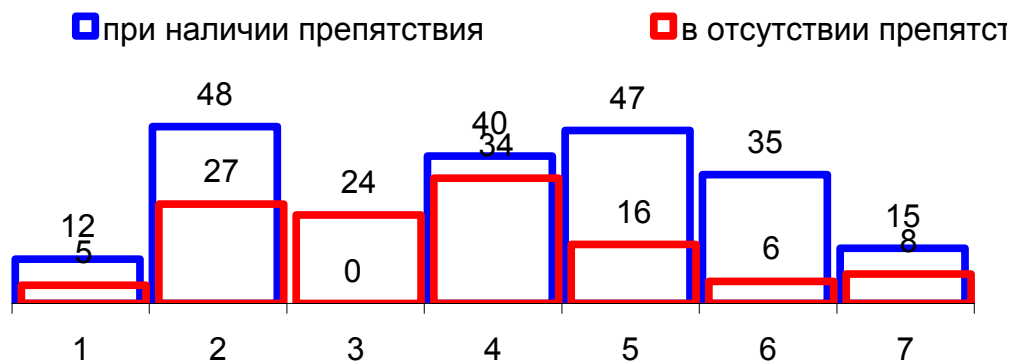


Рис. 7. Изменение распределения объёмов движения пешеходов по ширине тротуара при наличии препятствия (ул. Пушкинская)

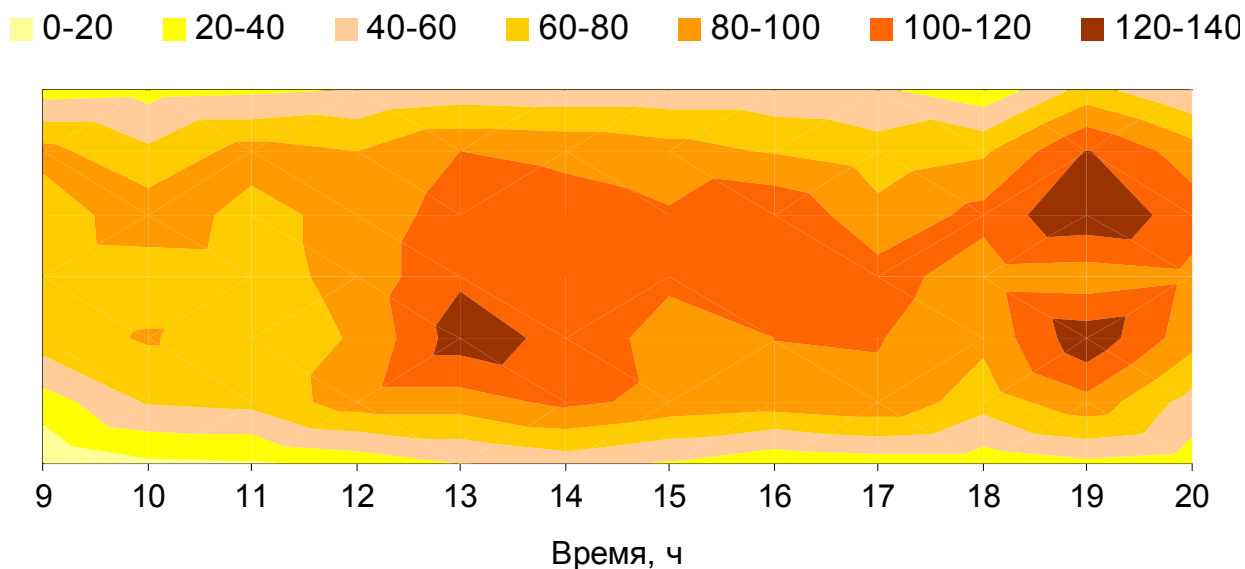


Рис. 8. Диаграмма изменения условий движения пешеходов по всей ширине тротуара при отсутствии препятствия (ул. Пушкинская).

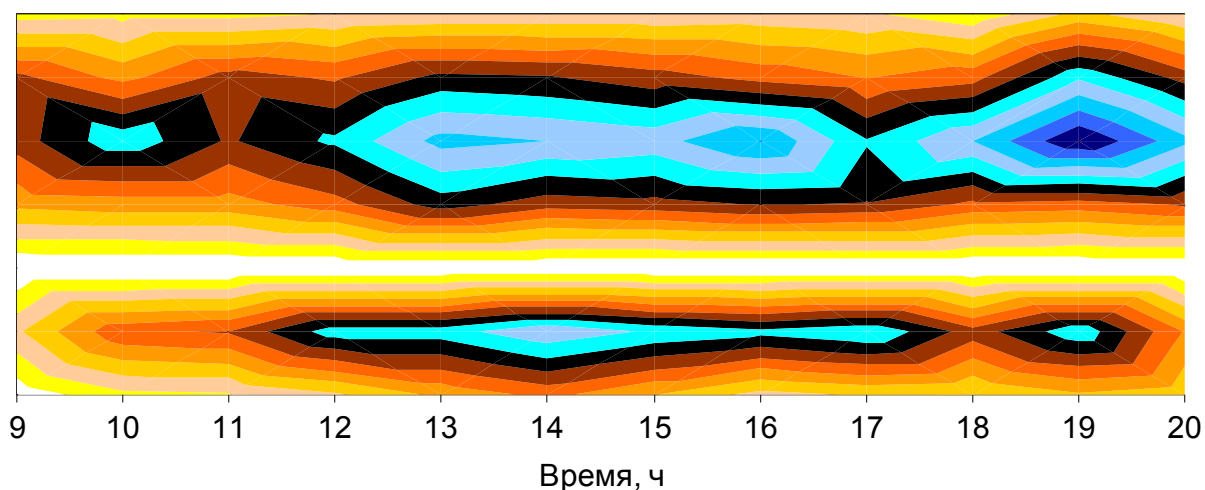


Рис. 9. Диаграмма изменения условий движения пешеходов по всей ширине тротуара при наличии препятствия (ул. Пушкинская)

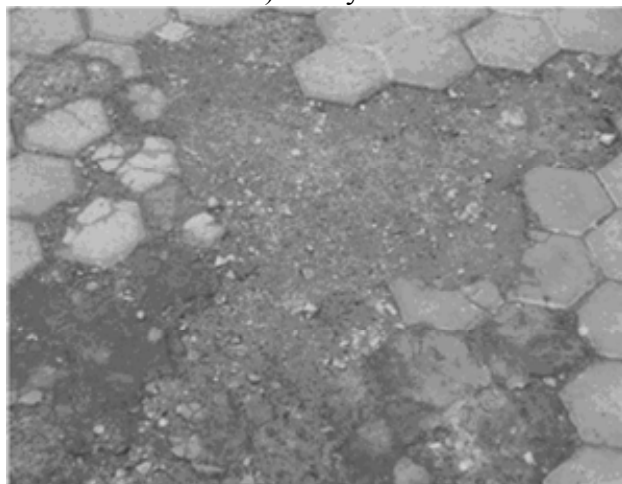
Изменения распределения объёмов движения по ширине тротуара (см. рис. 6,7), при сужении его эффективной ширины на 0,75 м, свидетельствуют о существенном ухудшении условий движения при незначительном изменении ширины тротуара (см. рис. 8, 9). Об этом свидетельствуют более тёмные зоны диаграммы – участки с резким увеличением удельных объёмов движения.

Наблюдения показывают, что покрытия пешеходных пространств подвержены разрушениям и деформациям. Встречаются следующие виды деформаций и разрушений: износ, обламывание кромок, просадки, проломы, шелушение, трещины и др.

а) Просадка



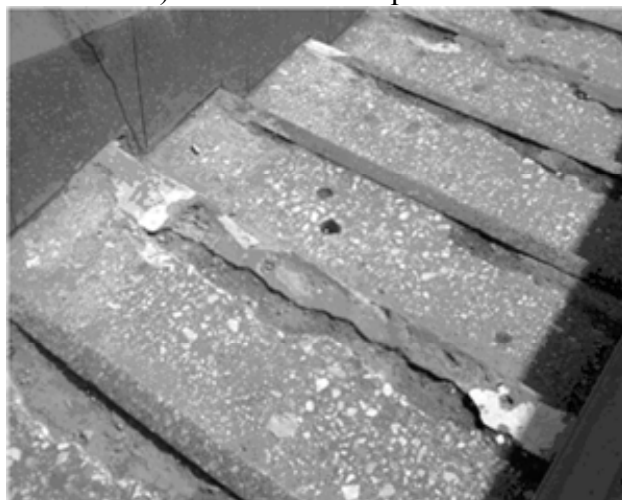
б) Шелушение



в) Пролом



г) Обламывание кромок



д) Трещины



е) Износ



Рис. 10. Виды деформаций и разрушений покрытия на тротуарах города

Для сохранения пешеходных пространств и их привлекательности, для обеспечения безопасных и комфортных условий движения по ним следует реализовать комплекс мероприятий:

1. Тротуары должны иметь достаточную ширину и содержаться в надлежащем состоянии.
2. Упорядочить дислокацию объектов, необходимых для эффективного функционирования пешеходных пространств.
3. Все помехи для движения пешеходов должны быть устранены.
4. Для предотвращения случайного и намеренного проникновения автомобилей в пешеходное пространство необходимо управлять доступом к их территориям.
5. Адаптировать пешеходные пространства к движению людей с ограниченными физическими возможностями.
6. Обеспечить эстетическую привлекательность и аттрактивность пешеходных пространств.

Представленный фактический материал является результатом собственных наблюдений авторов. Оценка условий движения пешеходов выполнена натурным методом с использованием наблюдателей.

Литература

1. Буга П.Г., Шелков Ю.Д. Организация пешеходного движения в городах. М. 1980. 232 с.
2. Велев П. Пешеходные пространства городских центров. М. 1983. 192 с.
3. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. М. 2001. 247 с.
4. Блинкин М. Город для жизни // Твоя дорога. 2011. №4. С. 79.
5. Гейл Я. Очеловечивание городов // Твоя дорога. 2012. №3. С. 22..

УДК 621.81

Шаров М.И., канд. техн. наук, доцент, *Михайлов А.Ю.*, д-р техн. наук, профессор, *Головных И.М.*, д-р техн. наук, профессор (Национальный исследовательский Иркутский ГТУ, г. Иркутск)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ (ИРКУТСК)

Sharov M., PhD, *Mikhailov A.*, Dr.Sc. professor, *Glovnich I.*, Dr.Sc. professor, Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia

METHOD OF ESTIMATION OF THE RELIABILITY URBAN PASSENGER TRANSPORT WITH THE APPLICATION SATELLITE DATA (IRKUTSK)

The article deals with modern methods of approach to assessing the quality of urban passenger transport

Практически любой город Российской Федерации сталкивается с транспортными проблемами, такими как, транспортные заторы, ДТП и другими. Все это неуклонно ведёт к снижению уровня качества жизни населения, загрязнению окружающей среды и многому другому. Учеными и Властями предлагаются решения направленные на реконструкцию улично-дорожной сети, управление транспортным спросом, то есть созданию условий, при которых пассажиры пересекаются с индивидуального на общественный транспорт.

Транспортные заторы это общая проблема для большинства крупных городов. В таких городах водители и пассажиры уже привыкли к ним и планируют свои поездки с определённой задержкой, особенно в часы пик. Поэтому водители и пассажиры регулируют свое расписание с учетом транспортных задержек. Но что происходит, когда транспортные задержки становятся больше чем они ожидали. Большинство участников движения относятся к этому весьма отрицательно, потому что возникает достаточно серьезные риски опоздания на рабо-

ту, важную встречу. Грузоотправители рискуют потерями скоропортящихся грузов, денежных средств и другими.

В прошлом, о транспортных задержках и заторах сообщалась как о средних величинах в единицу времени (рис. 1, а). Хотя большинство опытных пользователей транспортной сети, как водители, так и пассажиры имеют и понимание того, что их задержки могут значительно варьироваться от дня ко дню (рис.1, б).

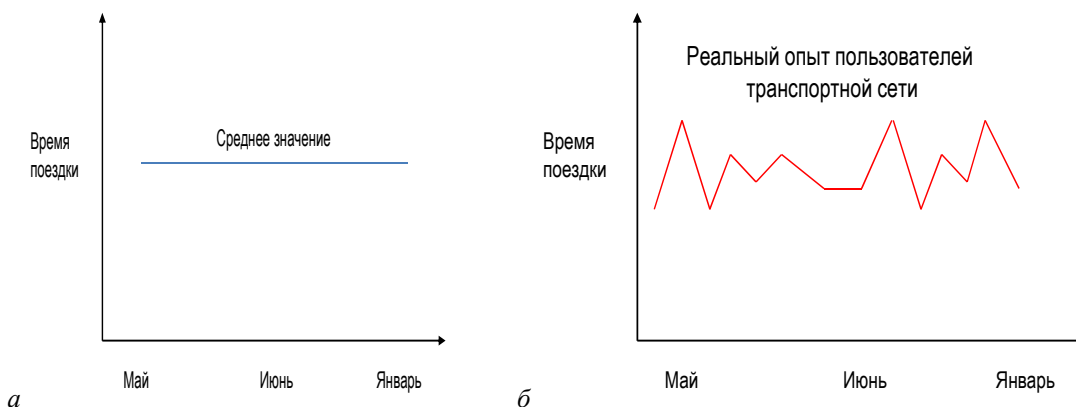


Рис. 1. Средние величины и реальные величины транспортных задержек в единицу времени

Для повышения качества работы транспортной сети в целом в европейских странах и США регулярно проводят анализ времени затраченного на поездку, как на индивидуальном транспорте, так и на общественном транспорте. Одним из основных, но трудоемким и дорогостоящим способом анализа времени является анкетирование населения, например в Германии анкеты рассылаются по почте на домашние адреса пользователей транспортной сети. В наше время современные технологии, основанные на спутниковых навигационных системах, позволили сделать анализ времени поездок пользователей более доступным и постоянным.

Одним из важнейших показателей качества обслуживания городским пассажирским транспортом является показатель степени надежности маршрута. В Российской практике надежность оценивается исходя из соблюдения расписания движения и обеспечения регулярности перевозок, причем основными причинами снижения величины данного показателя являются такие факторы как, техническое состояние автомобилей, тип дорожного покрытия, погодные условия и т. д. Для обеспечения надежности автотранспортными предприятиями проводятся нормирования скоростей движения при открытии автобусного маршрута. Как показывает практика, такой подход является недостаточным и при увеличении уровня автомобилизации не обеспечивает должного уровня надежности работы городских маршрутов.

Зарубежный подход основывается на регулярной оценке степени надежности городских маршрутов движения как общественного, так и индивидуального транспорта. Степень надежности базируется на различных показателях, основным из которых является временной индекс (Time Index). Он рассчитывается как,

$$T_{\text{индекс}} = \frac{t_{\text{загр}}}{t_{\text{св}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{загр}}$ – время движения в «час-пик», $t_{\text{св}}$ – время движения в свободных условиях.

Данный критерий может решать две крупные задачи:

- автотранспортным предприятиям и городским властям анализировать и оперативно выявлять степень функциональной надежности городских маршрутов в случае снижения надежности того или иного маршрута, в результате возникновения устойчивых транспортных заторов на пути следования маршрута городскими властями может быть пересмотрена схема движения автобусов по маршруту или реконструкция УДС в местах возникновения заторов. Данные мероприятия позволят оперативно регулировать качество обслуживания городским транспортом;

- знание временного индекса надежности городского маршрута позволит пассажирам планировать их передвижение с учетом возможных задержек при поездке на общественном транспорте. Данный факт позволит избежать возможных опозданий, возникающих в результате транспортных заторов.

В связи с этим в рамках работы «Транспортной лаборатории ИрГТУ» и Студенческого бюро «Транспортный менеджер» сделана оценка временного индекса надежности городских муниципальных маршрутов на основе данных СНС ГЛОНАСС/ GPS.

Для оценки надежности работы городских маршрутов в рамках работы была разработана специальная методика анализа GPS-треков, получаемых в результате работы муниципальных автобусов.

Для реализации данной методики использовались данные из базы данных предприятия «Иркутскавтотранс», представленных на сайте автоника.рф. Общий вид базы данных треков представлены на рис. 2.

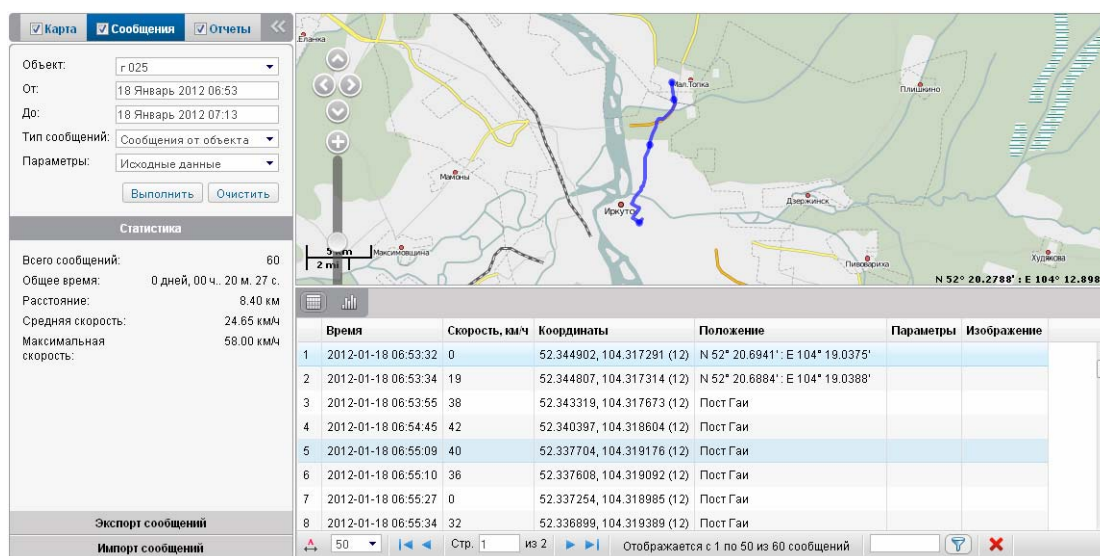


Рис. 2. База данных треков предприятия «Иркутскавтотранс»

Пример получаемых результатов в данной статье будет сделан на основе оценки надежности маршрута № 67 «Первомайский микрорайон – Топкинский микрорайон», который обслуживается МУП «Иркутскавтотранс». В момент обследования на маршруте работал автобус ЛИАЗ – 5256л. Протяженность маршрута – 37 км. Тип маршрута – диаметральный. На рис. 3. представлен спутниковый снимок маршрута.

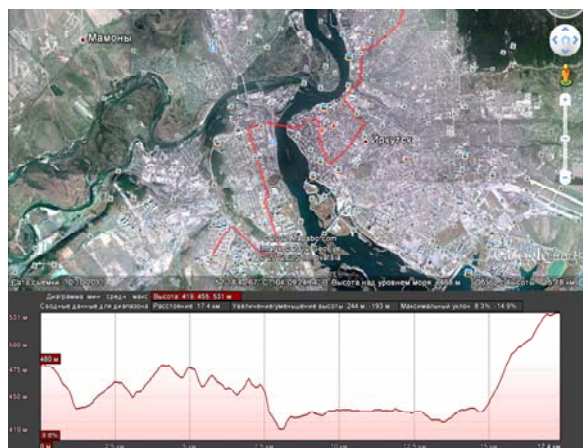


Рис. 3. Маршрут №67 «Первомайский м.н. – Топкинский м.н»

Приведенные на рис. 4 графики изменения скорости треков позволяют оценить места падения скорости в результате возникновения ДТП и транспортных заторов.

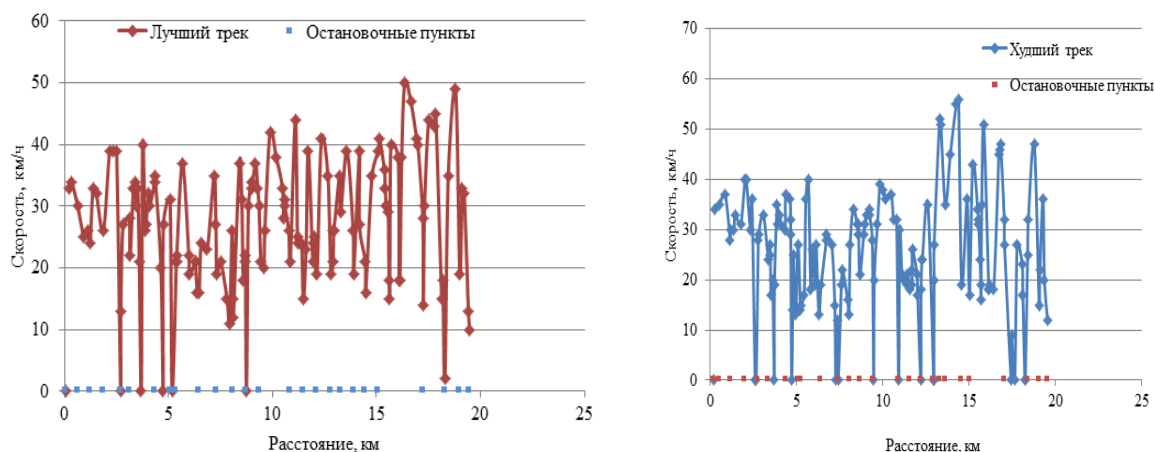


Рис. 4. Скорость движения автобусов на маршруте № 67

По графику зависимости времени от расстояния можно увидеть места, в которых треки отличаются друг от друга (рис. 5).

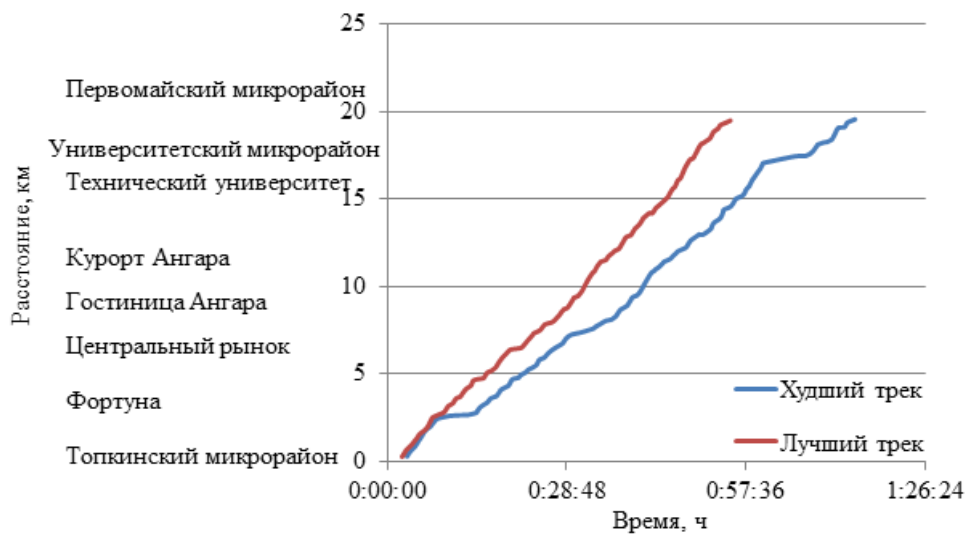


Рис.5. Сравнение времени и расстояния по лучшему и худшему треку (будний день – обратное направление)

Результаты расчетов временного индекса для каждого часа и направления представлены в таблице и на рис. 6.

В ходе оценки качества работы муниципального транспорта на основе оценки надежности работы муниципальных автобусов были выявлены основные показатели, характеризующие надежность маршрута. На основе этих данных можно сделать следующие выводы:

- проведенный анализ подходов к оценке качества обслуживания городским пассажирским транспортом, как в России, так и за рубежом выявил, что существуют общие показатели оценки качества. Такими показателями являются:
 - а) надежность работы пассажирского транспорта;
 - б) доступность транспортных услуг для населения;
 - в) безопасность перевозки пассажиров;
 - г) время передвижения пассажиров к месту назначения.

Значение временного индекса

№	Часы суток	Будний день		Выходной день	
		Прямое направление	Обратное направление	Прямое направление	Обратное направление
1	6 -7	1,02	1,02	1,02	1,02
2	7 - 8	1,11	1,26	1,06	1,07
3	8 -9	1,17	1,22	1,13	1,11
4	9-10	1,00	1,00	1,00	1,04
5	10-11	1,02	1,04	1,04	1,02
6	11-12	1,07	1,02	1,09	1,00
7	12-13	1,09	1,06	1,06	1,16
8	13-14	1,11	1,02	1,32	1,13
9	14-15	1,22	1,07	1,36	1,11
10	15-16	1,20	1,11	1,19	1,09
11	16-17	1,24	1,28	1,45	1,02
12	17-18	1,22	1,31	1,06	1,04
13	18-19	1,20	1,37	1,02	1,02

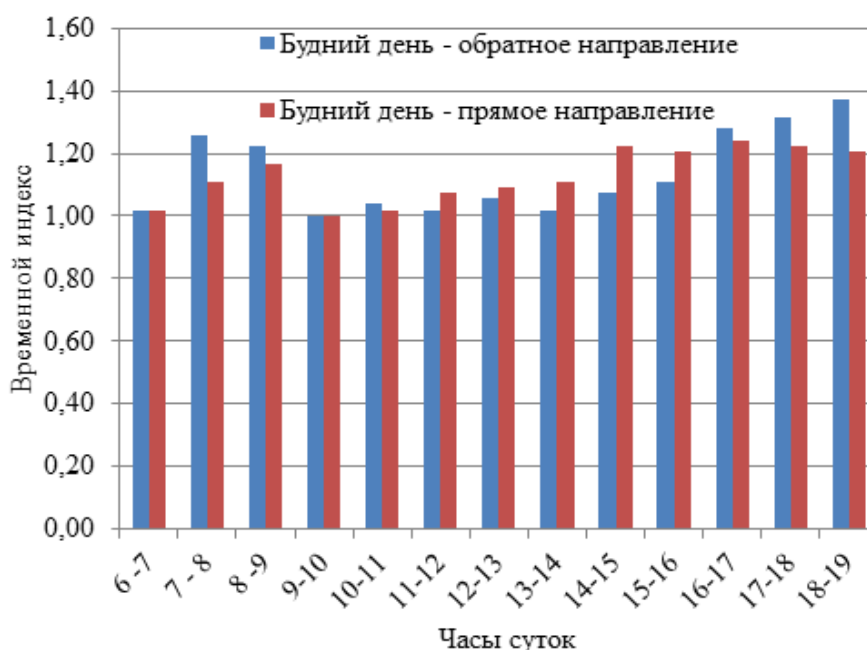


Рис. 6. Сравнение временного индекса по часам суток и по направлениям

К сожалению, основные подходы, к оценке качества, применяемые в Российской Федерации, были разработаны еще в советское время и не отражают реальной картины перевозки пассажиров в городах. Основные отличия заключаются в самих подходах к оценке этих показателей. Так за рубежом данные показатели оцениваются на основе СНС, что позволяет оперативно выявлять уровень обслуживания для того или иного показателя. Европейская и американская практика в оценке качества обслуживания заключается в выявлении степени конкурентоспособности общественного пассажирского транспорта перед индивидуальным. Советский же подход основывается лишь на достижении требования ГОСТом времени пере-

движения, причем установленное время уже не отражает реальных потребностей пользователей транспортной сети;

- в результате оценки возможности применения спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/ GPS для выявления надежности работы муниципальных городских маршрутов можно сделать вывод:

- а) использование СНС позволяет решать большой спектр задач гражданского назначения;

- б) использование СНС позволит более точно и оперативно оценивать качество работы пассажирского транспорта;

- в) использование СНС позволит выявить степень надежности городских общественных маршрутов.

- в результате проведенного анализа зарубежных подходов к оценке надежности городских маршрутов было выявлено основное отличие, которое базируется на том, что среднее время передвижения не может быть одинаково от дня ко дню. За рубежом на основании данных СНС технологий регулярно оценивается степень надежности маршрута на базе временного индекса.

В российской практике планирование работы городского пассажирского транспорта данный критерий оценки надежности работы городских маршрутов никогда не применялся. Поэтому отсутствует какая-либо информация о нормировании данного показателя. В связи с этим существует теоретическая необходимость оценки надежности городских маршрутов подобным путем;

- разработанная методика позволяет оценивать надежность городских маршрутов с использованием баз данных записи треков предприятий;

- выявленные временные индексы позволяют сделать их классификацию согласно уровню надежности обслуживания:

- а) от 1 до 1,15 – высокий уровень надежности;

- б) от 1,16 до 1,3 – средний уровень надежности;

- в) от 1,31 до 1,5 – низкий уровень надежности;

- г) выше 1,5 – плохой уровень надежности.

На основании сделанных выводов предлагаются следующие рекомендации по повышению качества работы пассажирского транспорта:

- в местах устойчивого снижения скоростей на маршруте производить – оптимизацию организации дорожного движения путем:

- а) создания выделенных полос движения;

- б) предоставление активного приоритета на перекрестках с применением GPS-технологий;

- в) создание отдельных карманов на остановочных пунктах и т. д.

- создание единого диспетчерского центра, регулирующего работу пассажирского транспорта в городе Иркутске на базе GPS/ ГЛОНАСС.

Литература

1. Гудков В.А. Пассажирские автомобильные перевозки. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004.- 448 с.
2. Карлачук В.И. Спутниковая навигации. Методы и средства. – М.: Солон-Пресс, 2005.-279 с.
3. www.avtonika.ru
4. Md. Kamrul Islam, Upali Vandebona «Reliability Analysis of Public Systems»: Australasian Transport Research Forum 2010 Proceedings.
5. Alan Nicholson, Andre Dantas «Travel Time Reliability»: 2nd International Symposium on Transport Network Reliability.
6. Kate Lyman «Using Travel Time Reliability Measures to Regional Transportation Planning and Operations»: 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

УДК 625.712

Иванченко Е. С., аспирант, Маркова Ю.А., магистрант, Левашев А.Г., доцент (Национальный исследовательский Иркутский ГТУ, г. Иркутск, Россия)

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ
ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ В ЗОНЕ КРУПНЫХ ЦЕНТРОВ
ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

*Ivanchenko E.S., post-graduate student, Markova Y.A., post-graduate student, Levashev A.G.,
Assoc. Prof. Ph.D., Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia*

**METHOD OF TRAFFIC DEMAND ESTIMATION FOR PEDESTRIAN SYSTEMS OF
FLOWS ORGANIZATION IN THE AREA OF BIG PUBLIC CENTERS**

The article is devoted to the problem of pedestrian flows estimation and the development of the traffic organization solution with taking into account pedestrian flow distribution.

В задачах организации дорожного движения и транспортного планирования часто не учитывается качество обслуживания пешеходных потоков. Это проявляется, например, когда на светофорном объекте для пешеходных потоков закладывается переходный интервал недостаточной длительности или когда вдоль улиц разрешена стоянка автомобилей при недостаточной ширине пешеходных коммуникаций.

Наиболее существенное значение имеет качество обслуживания пешеходных потоков посетителей крупных центров обслуживания, к которым в том числе относятся центры городов. Например, в Иркутске в центральной части на некоторых участках наблюдается недостаточная площадь пешеходных коммуникаций, таких, как площадь накопления на углах регулируемых пересечений улиц, а также расположение въездов на автомобильные стоянки совпадает с траекторией движения интенсивных пешеходных потоков.

При выборе оптимального варианта развития улично-дорожной сети и наиболее эффективно организовать движения транспорта, в градостроительной практике применяется моделирование транспортного спроса и повариантное оценивание результатов моделей, содержащих разные варианты развития транспортной инфраструктуры.

Для того, чтобы иметь возможность качественно оценивать эффективность мероприятий по организации движения и развитию улично-дорожной сети в крупных центрах массового обслуживания, необходимо иметь инструмент, учитывающий особенности формирования пешеходных потоков в таких центрах. В связи с этим была сформулирована цель настоящего исследования: разработать методику моделирования пешеходных потоков в крупных центрах обслуживания населения.

К задачам, которые необходимо решить были отнесены следующие:

- исследовать параметры пешеходных потоков в зоне крупного центра обслуживания населения на примере центральной части Иркутска;
- разработать модель пешеходных коммуникаций для рассматриваемого центра города с учетом расчетных транспортных районов;
- оценить качество результатов оценки распределения пешеходных потоков на примере центральной части города Иркутска.

В настоящей работе предлагается методика моделирования пешеходных потоков, полученная на основе технологии разработки моделей транспортных потоков, которая предполагает наличие расчетных транспортных районов, имеющих такие характеристики, как емкость по отправлению и прибытию. В качестве таких расчетных районов предлагается использовать объекты обслуживания и торговли, остановочные пункты, стоянки и границы рассматриваемой территории (рис. 1) [4].



Рис. 1. Модель пешеходных коммуникаций в центре Иркутска в программе макро моделирования VISUM (PTV AG, Германия)

Для того, чтобы собрать необходимые исходные данные были выполнены измерения интенсивностей движения пешеходов и часовой генерации посетителей объектов тяготения (рис. 2), измерен пассажирообмен остановочных пунктов в течение рассматриваемого часа-пик (рис. 3).

Также проанализированы данные по количеству автомобилей на стоянках, продолжительности парковки и наполнения салона паркующихся автомобилей, на основе чего определялась часовая генерация пешеходных потоков от стоянок (рис. 4).

По результатам обследований была получена картограмма измеренных интенсивностей движения пешеходных потоков.

На основе перечисленных исходных данных с помощью гравитационной модели была получена матрица пешеходных корреспонденций.

На следующем шаге создания модели пешеходной сети было необходимо определить влияние эффективной ширины пешеходных коммуникаций на скорость движения пешеходов, подобно тому, как пропускная способность улично-дорожной сети влияет на скорость транспортных потоков. При этом в качестве пропускной способности были использованы значения эффективной ширины пешеходных коммуникаций.

Для этого в программе микро моделирования пешеходных потоков были рассмотрены случаи с различной шириной участка движения и сочетаниями прямого и встречного пешеходных потоков (рис. 6).

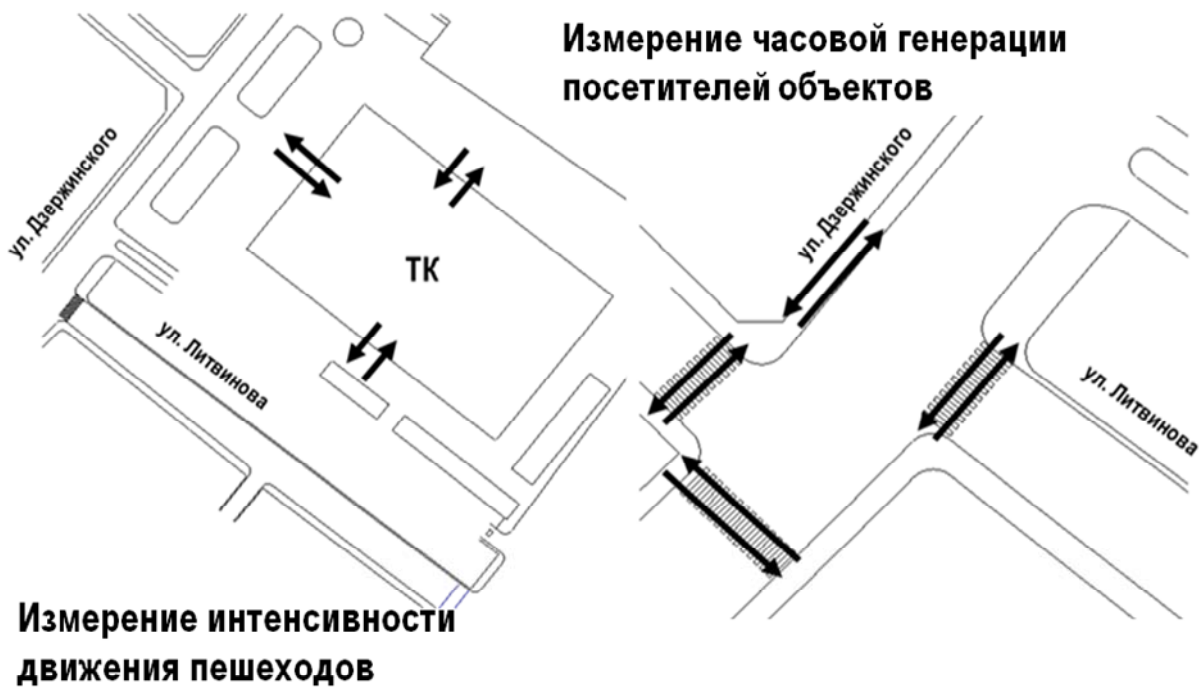


Рис. 2. Измерение интенсивности движения пешеходных потоков в зоне объектов тяготения и на пешеходных коммуникациях



Рис. 3. Результаты измерения пассажирообмена остановочных пунктов

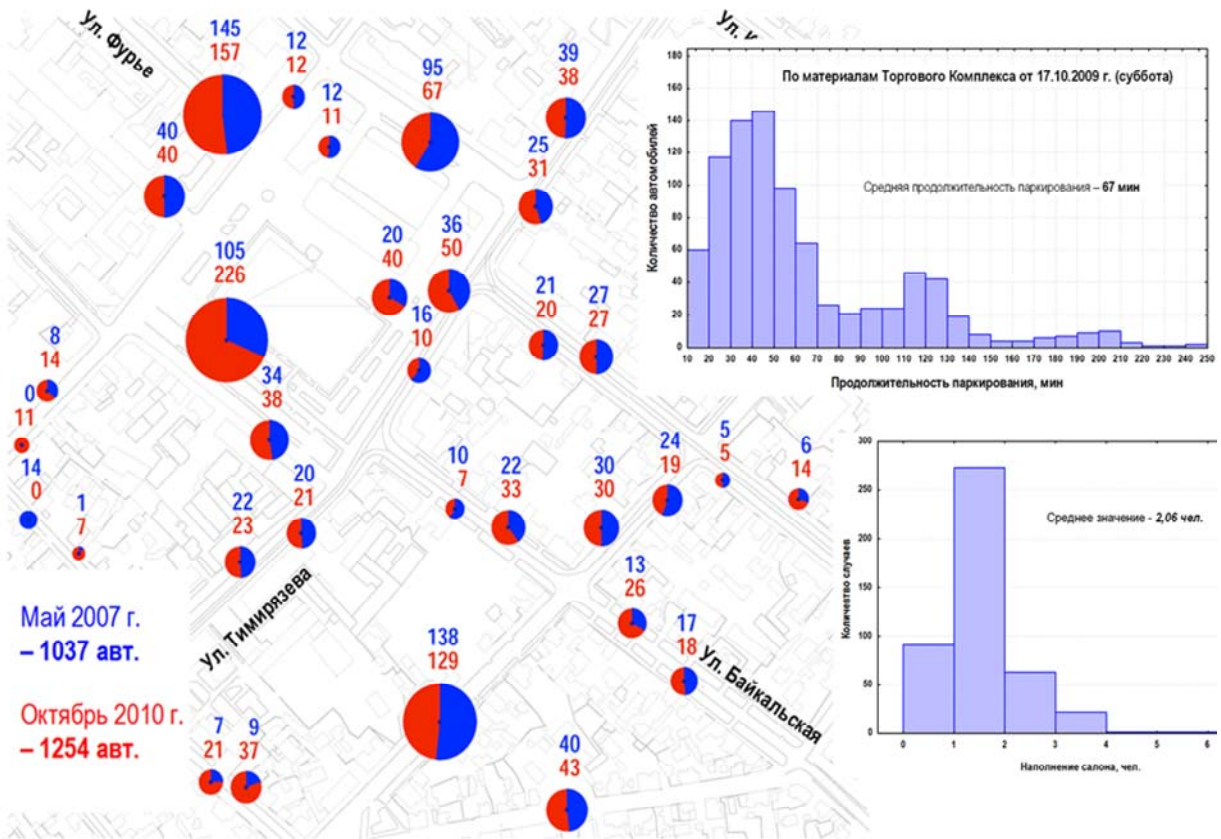


Рис. 4. Результаты измерения характеристик паркования на стоянках в центре Иркутска



Рис. 5. Результаты измерения интенсивности движения пешеходов в центре Иркутска



Рис. 6. Фрагмент моделирования пешеходных потоков для определения скорости движения пешеходов

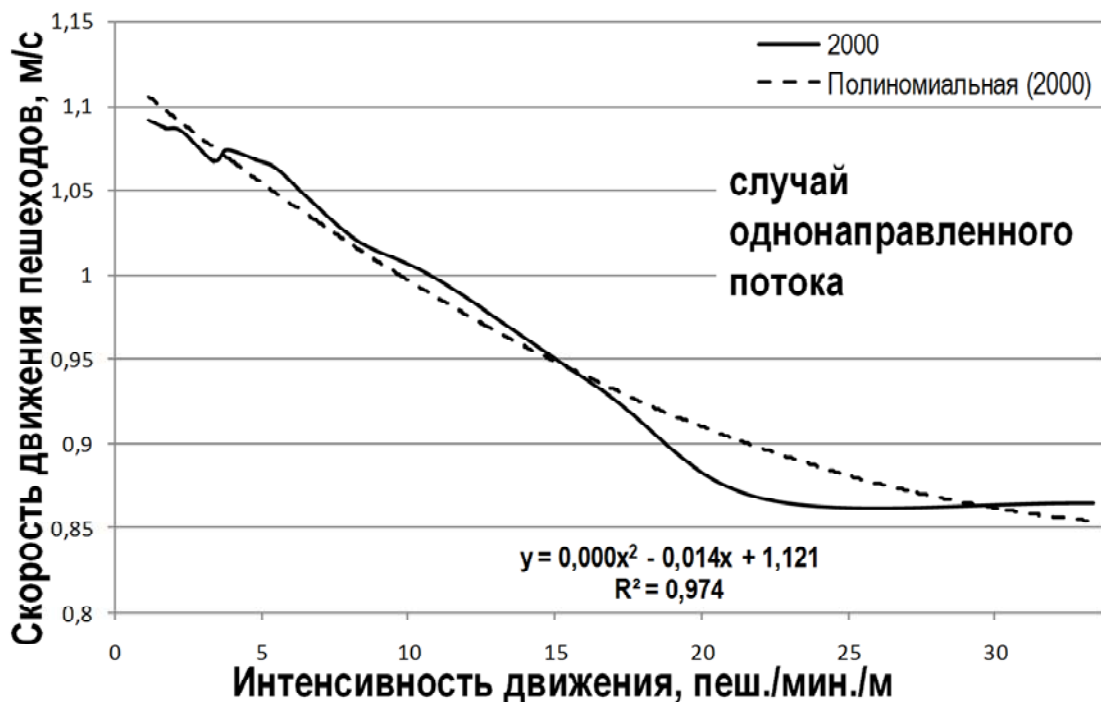


Рис. 7. Результаты исследования скорости движения пешеходов в различных условиях

В результате для каждого из возможных вариантов сочетания прямого и обратного пешеходных потоков была установлена зависимость скорости движения от интенсивности, приходящейся на метр эффективной ширины участка движения

На основе полученных зависимостей и модели сети была получена оценка распределения пешеходных потоков (рис. 8).



Рис. 8. Результаты оценки распределения пешеходных потоков по предложенной методике моделирования

Сравнительный анализ результатов моделирования и измеренных значений интенсивностей движения показал, что точность моделирования выше для более высоких значений интенсивностей движения пешеходов (рис. 9).

Имея такую модель в дальнейшем можно оценить уровень обслуживания пешеходных потоков посетителей для различных вариантов развития транспортной инфраструктуры.

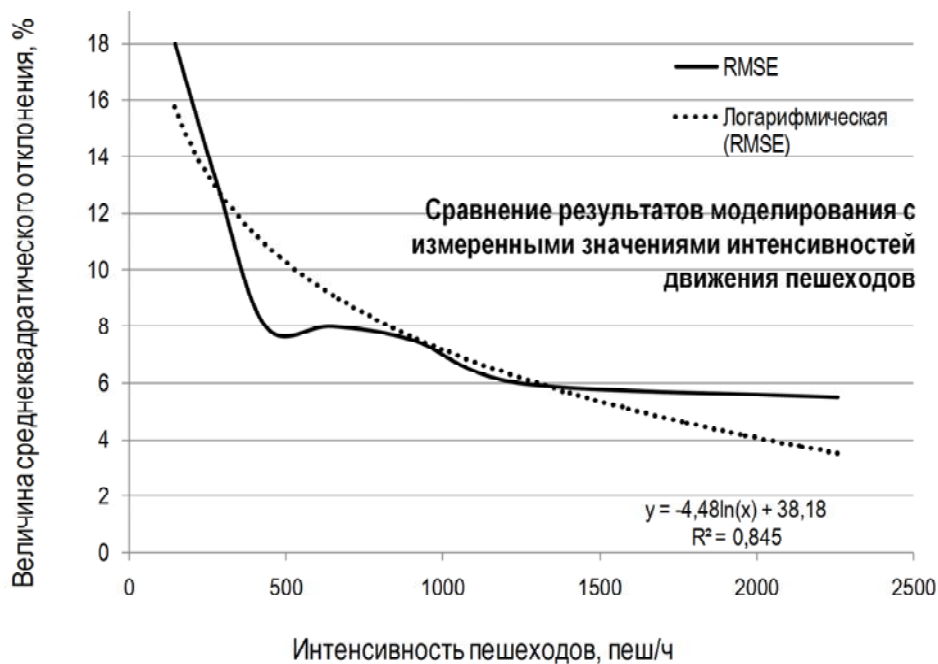


Рис. 9. Оценка качества результатов моделирования

Предложенная методика моделирования пешеходных потоков позволяет разрабатывать мероприятия по организации движения в крупных центрах массового обслуживания населения с учетом качества обслуживания посетителей таких центров и может быть использована для принятия решений по развитию улично-дорожной сети.

Литература

1. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа. 1980. – 535 с.
2. Генеральный план Иркутска – <http://www1.irkutsk.ru/?doc=205>
3. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
4. Левашев А.Г., Зедгенизов А.В., Иванченко Е.С., Маркова Ю.А. К вопросу об оценке транспортного спроса в зоне крупных центров тяготения // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: Мат-лы XVIII междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2012. – С. 89-96
5. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
6. Проект планировки территории г. Иркутска – <http://www1.irkutsk.ru/?rubr=666>
7. Highway Capacity Manual. / TRB Special Report N 87. – TRB, Washington, D.C., 1965 – 398 p.

УДК 656.13.08

Рябоконе Ю.А., канд. техн. наук, зав. кафедрой «Организация и безопасность движения»,
Бутакова Н.И., инженер (Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Омск)

О ФАКТОРАХ ВЛИЯНИЯ НА «ПЕШЕХОДНУЮ» АВАРИЙНОСТЬ И ПРОЦЕДУРЕ ЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Rabokon J.A., Ph. D., Faculty chair «Organization and traffic safety», *Butakova N.I.* (Siberian State Automobile and Road Building Academy, Omsk, Russia)

ABOUT FACTORS OF INFLUENCE ON «PEDESTRIAN» ACCIDENT AND PROCEDURES FOR ITS PREVENTION

The paper presents about factors of influence on «pedestrian» accident and procedures for its prevention

Около 70 % всех дорожно-транспортных происшествий (ДТП) происходит в населенных пунктах, где, в основном, сосредотачивается предпринимательская деятельность и транспорт. Особую тревогу уже много лет вызывает рост дорожных происшествий с участием пешеходов. В тоже время, при осмыслении крупномасштабных мер по совершенствованию организации дорожного движения часто приходится отмечать отсутствие должного внимания общей проработке концепции организации движения пешеходов. Такая проблема в действительности существует. В качестве примера можно привести опубликованную концепцию чрезвычайно нужного законопроекта “ Об организации дорожного движения и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации “ [1].

По проблеме дорожной аварийности с участием пешеходов председатель Межрегионального общественного движения “Союз пешеходов” В.С. Соколов приводит следующие данные: “В России каждое четвертое ДТП (с пострадавшими) – это наезд на пешехода. В 2011 году в РФ совершено 66 тысяч наездов на пешеходов. В крупных городах до половины всех ДТП – наезды на пешеходов, из них на пешеходных переходах в городах происходит каждый ТРЕТИЙ наезд на пешехода. В последние несколько лет в результате ДТП в Российской Федерации погибало от 8,7 до 10 тысяч пешеходов ежегодно. Особую озабоченность в последние годы вызывает

рост числа наездов на пешехода на пешеходных же переходах, которые, как правило, происходят по вине водителей и имеют тяжкие последствия. Вступая на «зебру» пешеходного перехода, пешеход считает себя защищенным Законом, однако на практике, «зебра» пешехода не защищает!»[2].

Причины наездов на пешеходов характеризуются большим числом и разнородностью. Данная статья обращает внимание на две причины: одна содержится в действующих Правилах дорожного движения, другая заключается в опасности дорожных условий, существующих в зоне уличных пешеходных переходов городских магистралей. Обе способствуют опасному поведению пешеходов. Особое внимание, по нашему мнению, следует обратить на причину нормативного характера, которая в тысячах случаев при наездах на пешеходов представляется как «Переход проезжей части в неустановленном месте». Действующие Правила дорожного движения РФ (пункт 4.2, часть вторая) разрешают переходить дорогу в любом месте, если дорога «... хорошо просматривается в обе стороны...», а также «... при отсутствии в зоне видимости перехода или перекрестка». Статистика дорожной аварийности свидетельствует о том, что тысячи пешеходов, попавших в ДТП, плохо просматривали дорогу в обе стороны, а «зона видимости» для них представлялась совсем неопределенным образом. Эта норма разрешает пешеходам переходить проезжую часть городской магистрали в любом месте при указанных условиях, что наблюдается в массовом порядке и как следствие – увеличивает вероятность наездов.

Очевидно, что в сформировавшихся городских условиях движения следует жестко запретить переход проезжей части вне обозначенных пешеходных переходов, а также пересмотреть целесообразность безусловного приоритета пешеходов относительно транспортных средств на пешеходных переходах как условие, снижающее осторожность пешеходов и повышающее вероятность наездов.

Если вернуть к исполнению нормы Правил движения по улицам и дорогам Союза ССР [3], введенные в действие в 1960 году (раздел «Переход улицы и дороги»), можно ожидать повышения осторожности пешеходов и повышения пропускной способности основных городских магистралей. Например, пункт 12 Правил [3] гласит: «В местах перехода, где движение не регулируется или установлены светофоры с мигающим желтым сигналом, пешеходы должны во всех случаях пропускать приближающиеся транспортные средства».

В связи с осложняющимися условиями дорожного движения в городской среде в настоящее время целесообразно произвести инвентаризацию пешеходных переходов – разобраться с каждым переходом в его назначении, опасности и состоянии. Как показывает анализ, переходы на городских магистралях вводились на разных основаниях: а) по формальным нормам СНиПов при проектировании улиц, б) по жалобам участников дорожного движения, в) по распоряжениям представителей властных структур. Функционирование каждого пешеходного перехода на основных городских магистралях необходимо исследовать и при необходимости внести соответствующие коррективы.

Кафедрой «Организация и безопасность движения» Сибирской автомобильно-дорожной академии выполнена работа, направленная на снижение аварийности с участием пешеходов на городских магистралях на примере города Омска (общая протяженность улиц и дорог более 1500 км с числом улиц свыше 1200). При этом использованы данные по дорожной аварийности по г. Омску за длительный период времени: 2003–2011 годы. Первичным источником информации для исследования послужили данные, которые накапливались и обрабатывались службой ГИБДД УМВД по Омской области в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 29.06. 1995 г. № 647 «Об утверждении Правил учета дорожно-транспортных происшествий».

При обработке статистических учетов дорожной аварийности получены следующие результаты: – на основной улично-дорожной сети города (более 650 улиц и дорог общего пользования) за период 2003–2011 гг. произошло 21414 происшествий с пострадавшими, в том числе 13126 ДТП с участием пешеходов. Распределение данных по годам приведено в табл. 1.

Таблица 1

Динамика абсолютных показателей аварийности по г. Омску за период 2003–2011 годы

Год	ДТП с пострадавшими		Наезды на пешеходов	
	Общее число ДТП	% к предыдущему году	Общее число ДТП	% к предыдущему году
2003	2200		1364	
2004	2373	7,8	2158	58,2
2005	2735	15,2	1667	- 22,7
2006	2540	- 8,2	1879	12,7
2007	2305	- 9,3	1259	- 33,0
2008	2274	- 1,4	1186	- 5,8
2009	2084	- 8,4	1032	- 12,9
2010	1930	- 7,4	963	- 6,7
2011	2973	54	1612	67,3
Всего	21414		13126	

Таблица 2

Распределение соотношений ДТП по годам: происшествий с пострадавшими к общему числу ДТП за год и отношение числа наездов относительно всех ДТП и относительно происшествий с пострадавшими по г. Омску

Год	ДТП с пострадавшими		Число наездов на пешеходов		
	Всего	% от всех ДТП	Всего	% от всех ДТП	% от ДТП с пострадавшими
2003	2200	14,4	1363	8,9	62,0
2004	2373	11,3	1462	6,9	63,5
2005	2735	11,5	1667	7,0	60,4
2006	2540	9,3	1453	5,3	57,2
2007	2305	7,1	1182	3,6	51,3
2008	2274	6,5	1185	3,4	52,1
2009	2084	5,9	1032	2,9	49,5
2010	1930	5,3	963	2,6	49,8
2011	2083	5,2	1612	4,04	77,4

За весь анализируемый период на улично-дорожной сети города наезды на пешеходов совершались на 313 улицах (менее половины улиц и дорог общего пользования). Так как годовое количество наездов на разных магистралях колеблется в границах от 1 до 100 и более, имеет смысл всю совокупность улиц разбить на группы по уровню опасности для пешеходов (табл. 3). Такая разбивка по уровню опасности для пешеходов дает основание выделить магистрали, требующие первоочередных мер в отношении обеспечения безопасности пешеходов. Для г. Омска это 29 улиц (12 % от общего списка аварийных улиц для пешеходов), на которых ежегодно происходит около 70 % наездов, что составляет около 43 % ДТП с пострадавшими по городу.

Группировка улиц по годовому числу наездов на пешеходов

Число наездов за год	Количество улиц и дорог по г. Омску								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
51 и более	2	7	4	3	2	1	1	1	3
50 – 31	8	8	9	11	3	5	2	2	5
30 – 21	7	8	9	9	11	5	6	4	8
20 – 11	20	22	19	25	17	16	16	16	22
10 – 5	39	47	30	32	28	40	33	27	32
4 – 1	218	221	202	233	193	183	180	178	223
Всего улиц	294	313	273	313	254	250	238	229	294
Всего наездов	1538	2152	1668	2043	1259	1186	1033	965	1612

Удаление полного перечня факторов опасности на каждой магистрали задача сложная. Поэтому, на основании выше представленного материала по перечню магистралей выявляются места концентрации ДТП с участием пешеходов из многолетней статистической отчетности. Каждый такой участок должен обследоваться специально подготовленным специалистом на предмет выявления конкретных факторов опасности и условий, способствующих опасному поведению пешеходов и водителей на данном отрезке магистрали. По результатам такого обследования должны быть подготовлены предложения по соответствующим мероприятиям для городских хозяйствующих структур.

В качестве первоочередных мероприятий, позволяющих получить наибольший эффект по снижению числа наездов, предлагается произвести реконструкцию пешеходных переходов на наиболее аварийных магистралях. В число таких улиц включено 29 магистралей с годовым числом наездов на пешеходов от 11 и более (в таблице 3 выделено курсивом).

Обследование данных магистралей и составление предложений по результатам обследования выполнено по следующему алгоритму.

1. Составление линейной схемы магистрали, на которой указаны и пронумерованы все обозначенные пешеходные переходы с привязкой их к ближайшим не смещаемым объектам: перекрестку, остановочному пункту городского пассажирского транспорта (ГПТ) и домам с указанием их номера. (К этим объектам привязываются ДТП в статистических учетах ГИБДД).

2. Составление схемы размещения каждого уличного пешеходного перехода относительно ближайших домов с каждой стороны магистрали: до перехода и после перехода.

3. Выборка ДТП вида “наезд на пешеходов”, зарегистрированных в статистическом учете ГИБДД, и привязанных к ближайшему объекту: дому с номером, перекрестку или остановочному пункту ГПТ. (Период выборки 2003–2011 гг)

4. На основе информации по пункту 3 составляется реестр пешеходных переходов, которые должны быть отнесены к категории “место концентрации ДТП“. Все пешеходные переходы, включенные в данный реестр должны быть обследованы специально подготовленными специалистами в сфере организации дорожного движения. В результате обследования для каждого перехода должна быть составлена таблица с указанием: а) факторов опасности, способствующих аварийности; б) предложений по устранению факторов опасности; а также в) предложений по отнесению данного перехода к одной из следующих категорий: 1 – реконструировать обустройство перехода, 2 – перенести переход в ближайшее более безопасное место, 3 – закрыть переход.

5. Составление прогноза, содержащего обоснованное предположение – на какое среднегодовое число ДТП может уменьшиться аварийность в зоне данного пешеходного перехода при условии реализации предложенных мероприятий.

Как вариант реализации предложенных мер по приведенной технологии, может быть разработана целевая программа «Снижение аварийности с участием пешеходов на магистралях города».

Литература

1. Концепция проекта Федерального закона «Об организации дорожного движения и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации //
2. Соколов В.С., «Проблемы пешеходов и пути их решения», [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru>peshehod>, свободный. – Заглавие с экрана (20.07.12 г)
3. Правила движения по улицам и дорогам Союза ССР// Научно-техническое издательство Министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР. – М., 1962. – 124 с.

УДК 625.712

Сорокина Л.В. студент, *Яворская В.В.*, магистрант, *Левашев А.Г.*, доцент (Национальный исследовательский Иркутский ГТУ, г. Иркутск, Россия)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СПРОСА НА ПАРКИРОВАНИЕ НА СТОЯНКАХ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Sorokina L.V., student, *Yavorskaya V.V.*, post-graduate student, *Levashev A.G.*, Assoc. Prof. Ph.D., Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia

EFFECTIVENESS METHODS OF THE MEASURING PROCEDURES OF PARKING GENERATION

The article is devoted to the problem of parking generation measurement using mathematical algorithm that allows decreasing the duration of the estimation procedures.

Одной из наиболее актуальных проблем, связанных с постоянным ростом уровня автомобилизации является вопрос хранения транспортных средств на уличных и внеуличных стоянках при различных объектах тяготения.

Ярким примером является центральная часть Иркутска, где за последние десять лет количество одновременно стоящих автомобилей возросло в три раза.

На загрузку улично-дорожной сети начинают оказывать серьезное влияние объекты массового обслуживания населения, например торговые центры, которые по величине совершаемых к ним поездок уже могут конкурировать с целыми районами города.

Для того, чтобы можно было учитывать такие объекты в задачах транспортного планирования и организации дорожного движения возникает необходимость, изучения генерации посещений к таким объектам и режимов работы стоянок при них.

Вместе с тем, проведение таких исследований требует непрерывного наблюдения за объектами в течение всего дня, включая утренний и вечерний пиковые периоды, с фиксированием государственных номеров въезжающих и выезжающих автомобилей. При этом часто в результате неточного фиксирования номеров автомобилей результаты измерений содержат ошибки, которые достигают 50 % от всего объема наблюдений.

В связи с этим была сформулирована цель исследования – разработать методику оценки продолжительности парковки, используя только измеренные значения количества прибывающих и убывающих автомобилей в течение рассматриваемых временных интервалов, без фиксирования государственных номеров автомобилей.

Для достижения поставленной цели необходимо было необходимо:

- используя существующие методы оценки матриц корреспонденций транспортных потоков по замерам на сети [1–4] разработать методику оценки продолжительности парковки;

- апробировать предложенную методику на примере результатов исследования продолжительности парковки одного из торговых центров Иркутска (в работе рассмотрен рынок Южный в г. Иркутске).

Информацию о том, сколько автомобилей приезжает и когда они уезжают, можно представить в виде матрицы (рис. 1), у которой диагональ и значения выше диагонали – это количество прибывающих (строка) и убывающих (столбец) посетителей. Все, что ниже диагонали, равно нулю, поскольку течение времени имеет одну направленность (т. е. те, кто прибыли в 10:00, не могут уехать в 9:00).

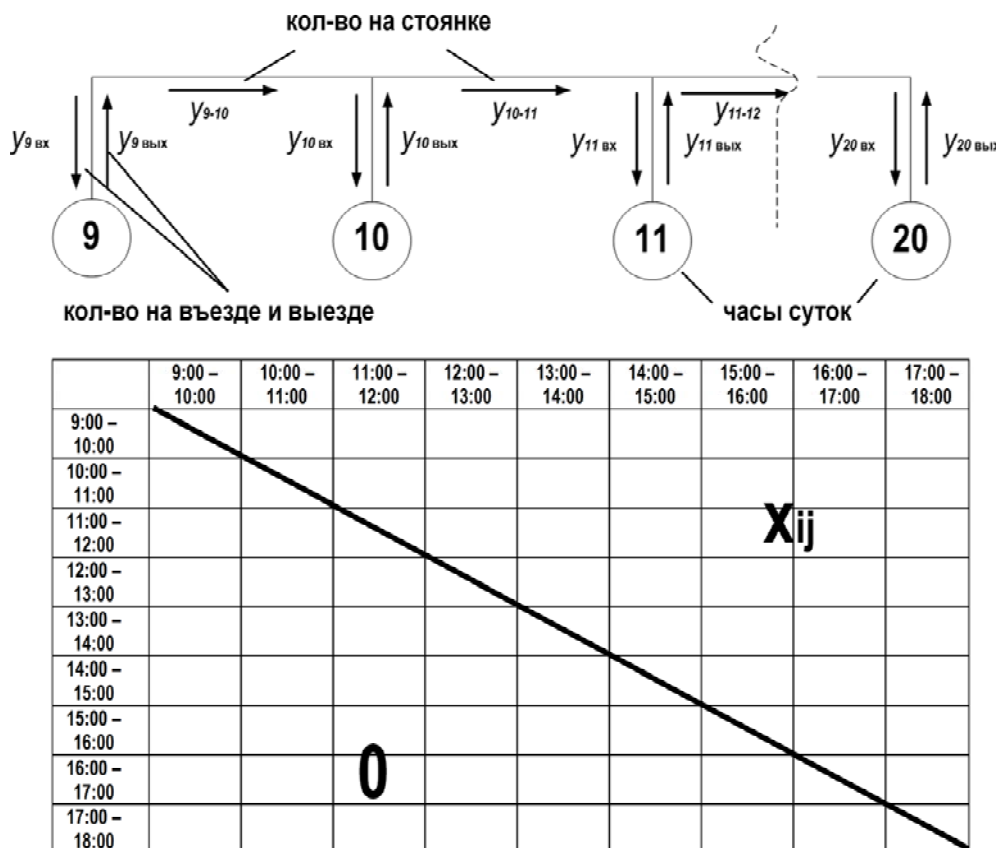
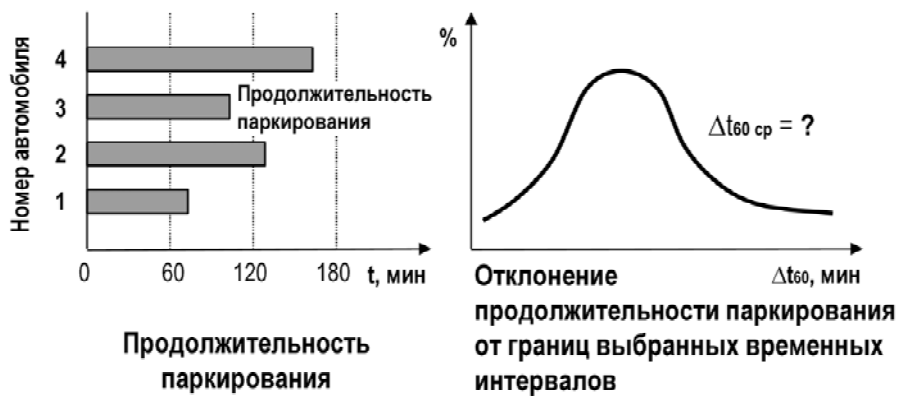


Рис. 1. Схема временных интервалов и матрица корреспонденций автомобилей между часами прибытия и убытия

За основу была принята оптимизационная модель, разработанная в НИ Транспортной лаборатории ИРГТУ, для реализации которой авторами предлагается использовать программу Matlab и функцию Linprog (рис. 2).

Начальную оценку матрицы распределения автомобилей между интервалами прибытия и убытия предлагается определять гравитационным методом. В этом методе требуется функция продолжительности парковки, которая является неизвестной на данном этапе. В данной работе рассматриваются три случая с разными вариантами функций, заменяющих фактическое значение.

В качестве рассматриваемых временных интервалов в настоящей работе предлагается использовать интервалы по 30 и 60 минут (рис. 3). При этом необходимо учитывать, что фактические значения продолжительности парковки отклоняются от границ часовых или получасовых интервалов. Для чего требуется оценка среднего значения такого отклонения, на основе которого в дальнейшем будет определена средняя продолжительность парковки по результатам оцененной матрицы корреспонденций.



$$T_{i,j} = ((t_j - t_i) * 60 - \Delta t_{60 \text{ ср}}) * N_{i,j} \quad T_{i,j} = (60 - \Delta t_{60 \text{ ср}}) * N_{i,j}$$

если $i = j$

$$t_{\text{Пср}} = \frac{\sum_{i=9:00}^k \sum_{j=9:00}^k T_{i,j}}{\sum_{i=9:00}^k \sum_{j=9:00}^k N_{i,j}} \text{ - Оценка средней продолжительности парковки}$$

Рис. 2. Процедура определения средней продолжительности парковки: i, j – время прибытия и убытия, при этом $j \geq i$, а также для 60-ти минутных интервалов $i+1=60$ минут, для 30-ти минутных – $i+1=30$ минут; t_j – время убытия с парковки; t_i – время прибытия на парковку; $\Delta t_{60 \text{ ср}}, \Delta t_{30 \text{ ср}}$ – среднее отклонение продолжительности парковки от границ выбранного временного интервала; $T_{i,j}$ – продолжительность парковки; $N_{i,j}$ – оцененные значения количества автомобилей, прибывших в интервал i и убывших в интервал j

Тестирование выбранного метода осуществлялось на примере результатов обследований, выполненных на территории стоянки р. Южный (рис. 4). Результаты этих исследований были приняты за фактические значения. Сравнение фактических значений с оцененными значениями выполнялось по данным распределения автомобилей прибывших в каждый из временных интервалов и убывших в последующие временные интервалы. На рис. 5 представлен пример сравнения таких значения для автомобилей, прибывших с 11:00 до 12:00.

Для оценки качества значений корреспонденций, восстановленных с применением предложенной методики, была использована статистика $CV(RMSE)$, показывающая, насколько велико расхождение сравниваемых матриц корреспонденций:

$$CV(RMSE) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}} / \bar{x}, \quad (1)$$

где $x_{1,i}$ и $x_{2,i}$ – соответствующие значения корреспонденций в первой и второй матрицах; n – общее количество корреспонденций; \bar{x} – среднее значение корреспонденций для сравниваемой матрицы.

Оценка точности полученных результатов $RMSE$ показала, что разделение временных интервалов на 60-минутные – дает лучший результат. На рис. 6 представлены результаты сопоставления оцененных и фактических значений для отдельных интервалов прибытия при 30-ти и 60-ти минутных временных интервалах.

Оптимизационная модель -

$$\sum_{i=1}^n |e_i| = \sum_{i=1}^n \left| y_i - \sum_{j=1}^m x_j a_{ij} \right|$$

Функция в программе Matlab -

$$x = \text{linprog}(f, [], [], A2, y, \text{vlb}, \text{vub}, \underline{x_0}, \text{options})$$

Гравитационная модель для определения начальной оценки -

$$H_{ij(n)} = H_j \left\{ k_{i(n)} H_i d_{ij} / \left[\sum_i^k k_{i(n)} H_i d_{ij} \right] \right\}$$

1 $d_{ij} = 1$ **2** $d_{ij} = 1/t$ **3** $d_{ij} = 1/t^2$

Рис. 3. Авторская Процедура оценки продолжительности парковки с применением методов восстановления матриц корреспонденций транспортных потоков: e_i – ошибки (остатки регрессии); y_i – количество автомобилей на въезде (выезде) в i -ый интервал времени; x_j – подлежащие оцениванию значения корреспонденций между интервалами времени; a_{ij} – элементы матрицы инцидентов, показывающей, проходит ли данная корреспонденция через рассматриваемый элемент временной «сети» (см. рис. 1); f – линейный вектор целевой функции; $A2$ – матрица инцидентов; y – вектор измеренных значений интенсивностей движения на перегонах, используемый для равенств линейных уравнений; vlb , vub – векторы нижних и верхних ограничений, накладываемых на искомые переменные; x_0 – вектор значений, полученных по результатам начальной оценки корреспонденций; options – параметр, учитывающий обработку данных для крупномасштабных сетей (с большим количеством неизвестных); $H_{ij(n)}$ – общее количество автомобилей, прибывших в течение интервала i и убывших в течение интервала j , авт.; H_j – общее количество автомобилей, прибывших в течение интервала i , авт.; H_j – общее количество автомобилей, убывших в течение интервала j , авт.; $k_{i(n)}$ – нормирующие множители на n -й итерации; k – количество выбранных временных интервалов; $k_{i(n+1)}$ – нормирующие множители на $n+1$ итерации; n – номер предыдущей итерации; d_{ij} – функция распределения продолжительности парковки по времени

По фактическим данным о продолжительности парковки было установлено среднее отклонение продолжительности парковки от границ выбранных временных интервалов (рис. 7).



Рис. 4. Схема участка УДС в зоне внеуличных стоянок р. Южный и ТЦ Версаль в Иркутске

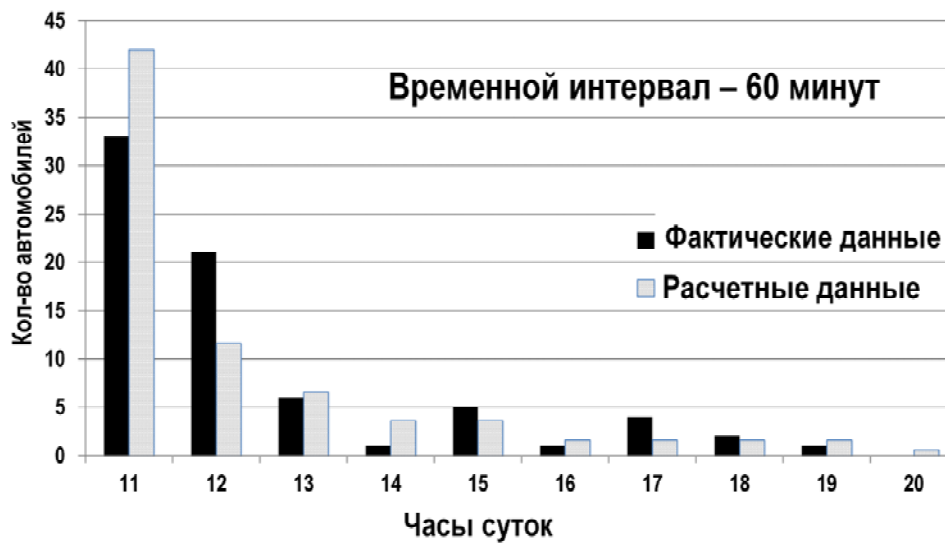


Рис. 5. Распределения убывающих посетителей, прибывших с 11:00 до 12:00 (сравнение фактических и оцененных по предлагаемому методу значений)

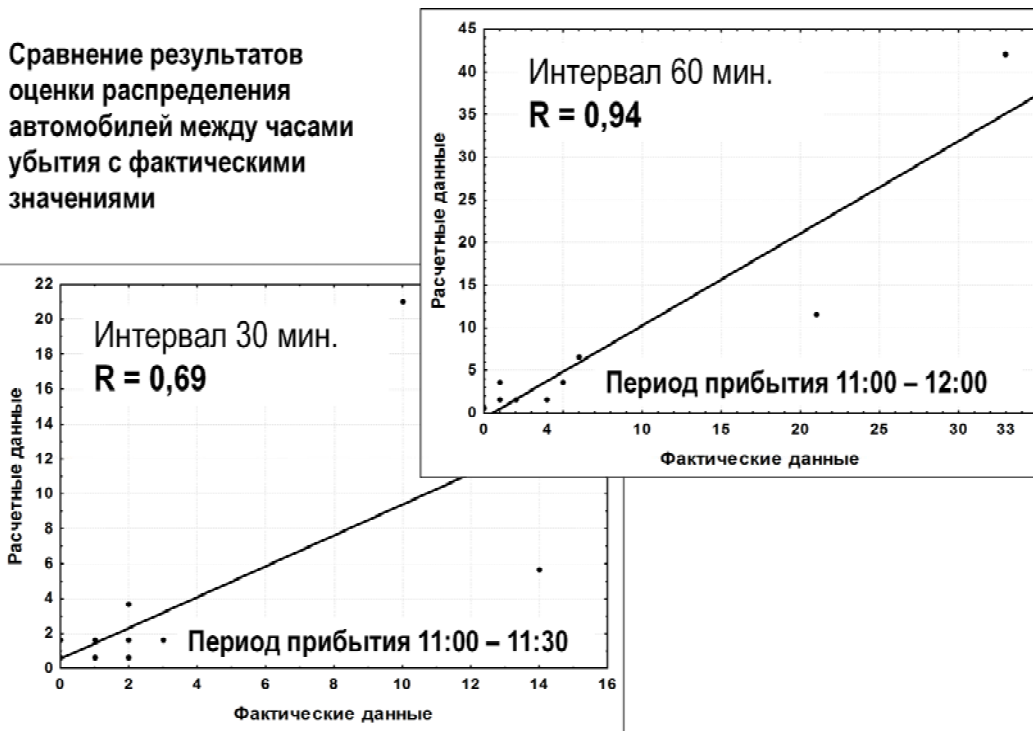


Рис. 6. Сравнение результатов оценки с фактическими значениями

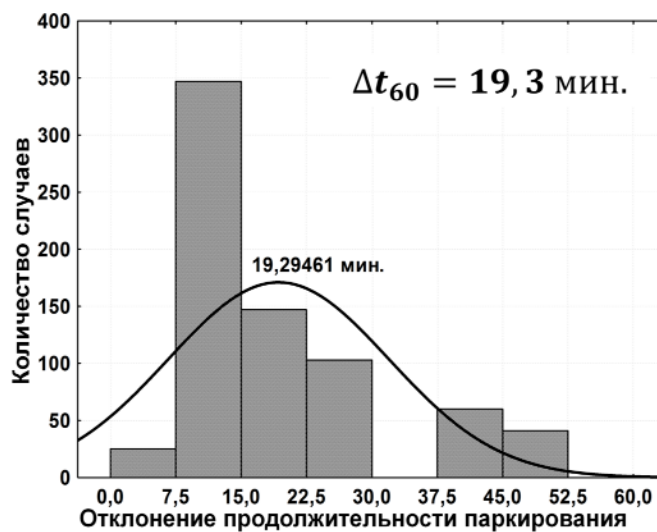


Рис. 7. Фактическое распределение отклонения продолжительности парковки от 60-ти минутного интервала

Затем была получена средняя продолжительность парковки (рис. 8).

Во всех случаях оказалось, что использование обратно-квадратичной зависимости временного интервала между часом въезда на стоянку и часов выезда с нее показало наилучший результат, который совпал с реальным значением.

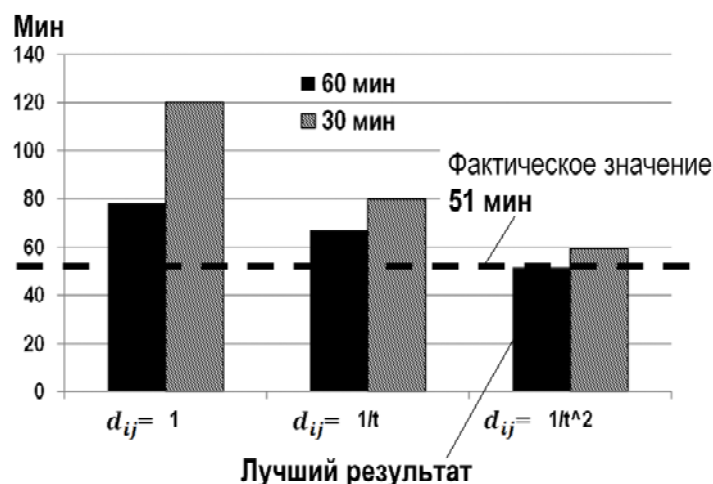


Рис. 8. Результаты определения средней продолжительности парковки с применением предлагаемого метода

Предложенная в статье методика имеет определенную погрешность, подтверждаемую показателем RMSE, но при этом она позволяет исключить ошибки, связанные с ручным фиксированием номеров автомобилей, и сократить затраты времени на проведение обследований. Для рассмотренного объекта затраты на обследование сокращаются на 60%.

Вместе с тем, считаем, что для полноценного использования этого метода необходимо дополнительные исследования по данным других стоянок.

Литература

1. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессия. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 302 с.
2. Лагереv Р.Ю. Оценка матриц корреспонденций транспортных потоков по данным интенсивности движения. Дис...канд. техн. Наук. – Волгоград, 2007. – 188 с.
3. Левашев А.Г., Тебеньков С.Е. Результаты оценки распределения транспортных потоков в транспортных коридорах // Вестник ИрГТУ. Иркутск – 2011. – №10. – С. 120 – 127.
4. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

УДК 625.7.001.2:656.13

Садиков И.С., д-р техн. наук, профессор, *Азизов К.Х.*, канд. техн. наук, доцент (Ташкентский Автомобильно-Дорожный Институт, Ташкент, Узбекистан)

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Doctor of technical science, professor *Sadikov I.S.*, Candidate of technical science, associate professor *Azizov Q.H.*, Tashkent Automobile Road Institute, Tashkent, Uzbekistan

ABOUT OPTIMIZATION TRAVEL SPEEDS IN MEGAPOLISES

In recent years, rapid development automotive industry worldwide requires travel speed to be adjusted to satisfy needs of road users. The paper presents the optimization travel speeds in the megapolises.

От скорости и режима движения автомобилей зависят их транспортная эффективность и экономичность, безопасность дорожного движения и экологическая безопасность.

Мировая статистика дорожно-транспортных происшествий (ДТП) показывает, что уменьшение скорости движения в крупных городах от 70 до 40–50 км/ч приводит к заметному уменьшению количества и тяжести происшествий. Именно поэтому ограничения скорости движения в европейских странах и в США в городах колеблется от 40 до 60 км/ч. В России – 60 км/ч, Узбекистане 70 км/ч, т. е. сохраняется.

В странах, в которых скорость движения ограничивается на уровне 50 км/ч удельный вес погибших снижается до 9-19%, в странах же с ограничением скорости движения на уровне 60 км/ч – только до 26-51% .

Анализ аварийности г. Ташкента показывает, что на его улицах ежегодно происходят около 2500 дорожно-транспортных происшествий. В их числе 65 % наезд на пешеходов, 10 % – наезд со смертельным исходом. Если число погибших на 10000 транспортных единиц составляет в Эстонии 1,25, в Финляндии 0,45, в США 0,54, то в России 6,05, в Узбекистане 3,5. Тоже по количеству погибших пешеходов на 10 000 транспортных единиц – оно составляет в Эстонии 0,59, в Финляндии 0,15, в США 0,21, но в России 3,53, в Узбекистане 2,6.

Показатели	Эстония	Финляндия	США	Россия	Узбекистан (г. Ташкент)
Количество погибших	62	113	11953	15366	2450
Количество погибших пешеходов	29	37	4751	8972	170
Погибших на 10.000 транспортных единиц	1,25	0,45	0,54	6,05	3,5
Погибших пешеходов на 10.000 транспортных единиц	0,59	0,15	0,21	3,53	2,6

Для определения наиболее целесообразной величины предельно допустимой скорости – т. е. ее оптимизации, безопасность движения, транспортные затраты и экологическая безопасность количественно оценивались следующими показателями: относительной аварийностью и тяжестью происшествий, создаваемым шумом, уровнем загрузки улиц и дорог движением, состоянием водителя, расходом топлива, износом двигателя и шин, загазованностью.

Оптимизация большого количества показателей транспортной эффективности и дорожной безопасности на улицах г. Ташкента является сложной задачей и требует применения многокритериальных методов решения. В настоящей работе для решения задачи оптимизации скорости движения автомобилей наиболее приемлемым оказался метод «идеальной точки».

Метод «идеальной точки» предполагает определение расстояния в многомерной системе координат от точки, соответствующей реальной скорости до идеальной – начала координат. При оптимизации с целью получения минимальных потерь точка, характеризующая скорость называемой "абсолютным рекордистом" располагается в начале координат (ее нормализованные значения показателей равны нулю).

Для решения задачи в заданном пространстве показателей определяется обобщенный показатель – расстояние между идеальными и реальными скоростями движения (т. е. радиус – вектор точки):

$$\rho = \sqrt{C_1 r_1^2 + C_2 r_2^2 + \dots + C_m r_m^2},$$

где r_1, r_2, \dots, r_m – нормализованные частные показатели; c_1, c_2, \dots, c_m – весовые коэффициенты, учитывающие значимость каждого показателя в общей оценке.

$$\sum_{j=1}^m C_j = 1, C_j > 0.$$

Значение C_j можно определить в зависимости от значения улицы в городской УДС методом экспертной оценки. Идея метода идеальной точки состоит в естественном предположении, что чем ближе скорость движения к идеальной (чем меньше радиус ρ), тем она лучше. Это расстояние и является тем обобщенным показателем, который позволяет выбрать оптимальные скорости движения по заданным частным показателям. По этому показателю ранжируется множество имеющихся вариантов и специалист, принимающий решение, имеет возможность, проанализировав и сопоставив оптимальную и ряд субоптимальных (ближайших к оптимальной по ρ) скоростей движения, выбрать наиболее приемлемый интервал скорости движения в зависимости от функционального назначения улицы и дороги.

В процедуре решения этой задачи задаются транспортно-эксплуатационными показателями R_1, R_2, \dots, R , зависящие от скорости движения и имеющих различные единицы измерения. Для того, чтобы эти показатели можно было сопоставлять, заменяют их абсолютные значения относительными, т. е. производят их нормализацию. Максимальное значение каждого критерия обозначают через R_j^+ , а минимальное – R_j^- . Разделив показатели на две группы – показателей R_j , $j = 1, \dots, S$, которые желательно максимизировать (скорость движения, пропускная способность, долговечность автомобиля); и показателей R_j^- , $j = S + 1, \dots, m$, которые желательно минимизировать (относительная аварийность, расход топлива, потери от ДТП, износ деталей и шин автомобилей, себестоимость перевозок, выброс вредных газов и т. д.).

Для определения максимальной эффективности нормализованные показатели определяются по формулам в группах максимизируемых и минимизируемых:

$$r_j = \frac{R_j - R_j^-}{R_j^+ - R_j^-}, \quad j=1, \dots, S,$$

$$r_j = \frac{R_j^+ - R_j}{R_j^+ - R_j^-}, \quad j=S+1, \dots, m,$$

Если же требуется определить минимальные потери, то нормализованные показатели определяются следующим образом: максимизируемые и минимизируемые:

$$r_j = \frac{R_j^+ - R_j}{R_j^+ - R_j^-}, \quad j=1, \dots, S,$$

$$r_j = \frac{R_j - R_j^-}{R_j^+ - R_j^-}, \quad j=S+1, \dots, m,$$

Скорость движения может иметь один или несколько значений экстремальных критериев (минимальные потери, максимальная пропускная способность и т. п.). Такие скорости называют "рекордистами" (в соответствии с экстремальными показателями). Скорости с экстремальными показателями называют "абсолютными рекордистами". Естественно, что "абсолютный рекордист" – это идеальная скорость, в противном случае не было бы необходимости искать оптимальную (наиболее целесообразную) скорость движения.

Для повышения безопасности движения и удовлетворения требования пользователей улиц и дорог необходимо:

- приведение нормативно-правовой базы и технических требований в соответствие с ожидаемым уровнем автомобилизации;
- установление ограничения скорости движения в соответствии с транспортно-эксплуатационными качествами улично-дорожной сети;
- внедрение аудита безопасности в процессе проектирования, строительства и эксплуатации улиц и дорог;
- совершенствование надзора за соблюдением установленных скоростей движения;
- внедрение интеллектуальных транспортных систем;
- в жилых кварталах и в центрах города – внедрение механизмов (технологий) успокоения движения.

Литература

1. И Пихлак, Д Антов Ограничение скорости движения в городах Материалы, международной конференции 2004 г.
2. Организация Объединенных нации Статистика дорожно-транспортных происшествий в Европе и Северной Америки Нью Йорк 2002 г.
3. Азизов К Х Анализ дорожно-транспортных происшествий в зоне пешеходных переходов Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах С Петербург 2006 г.
4. Садиков И. С. Прогнозирование и управление транспортно-эксплуатационными качествами автомобильных дорог 2005 г. изд. Адолат.

УДК 625.13.05

Фиалкин В.В., ассистент (РГСУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ ЗАГРУЖЕННОСТИ УЛИЧНЫХ СТОЯНОК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Fialkin V.V., assistant, Rostov State Civil Engineering University, Rostov-on-Don, Russia

GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGY ASSESSMENT TASKS DOWNLOADED STREET VEHICLES PARKING

The paper presents geographic information technology assessment tasks downloaded street vehicles parking

Одной из серьезных городских проблем, вызванных широкой автомобилизацией городского населения, является нехватка в городах места для стоянки и хранения автомобилей, принадлежащих гражданам. В настоящее время нехватка парковочных мест затронула и пешеходов, поскольку на стихийно возникших автомобильных стоянках, постановка автомобилей на стоянку часто осуществляется неправильно и зачастую автомобили паркуются на тротуарах, что мешает беспрепятственному проходу пешеходов. В связи с этим решение проблемы нехватки и организации стояночных мест становится особо актуальным, а анализ оценки загруженности (занятости) уличных стоянок является первым шагом на пути ее решения.

Для выполнения анализа занятости стоянок автомобилей в центральной части г. Ростова-на-Дону была использована программа ArcGis. Этапы работы представлены на схеме 1. Для сбора данных для данного проекта было проведено натурное обследование занятости уличных стоянок автомобилей в Кировском и Ленинском районах города Ростова-на-Дону. Для чего было посчитано количество припаркованных автомобилей на 45-и улицах в заданных районах. Суммарное количество автомобилей, полученное при подсчете, по всем улицам составляет 16787 автомобилей утром, 19449 автомобилей в обед, 15801 автомобилей вечером, основное количество которых сосредоточено на околотротуарных стоянках. Затем данные были отцифрованы, занесены в базу данных программы, проанализированы и представлены графически.

К этапам процедуры оценки занятости стоянок отнесен анализ распределения приведенных припаркованных автомобилей на участках рассматриваемой улично-дорожной сети

Количество приведенных автомобилей определялось следующим образом: число припаркованных автомобилей умножено на 5,5 и поделено на длину перегона. 5,5 м – это длина стояночного места при парковании вдоль проезжей части. Таким образом среднее число приведенных автомобилей при максимальном уровне загрузке будет приближенно к 1.

$$Q_{прив} = \frac{Q}{l_{перегона}} * 5,5 \quad (1)$$

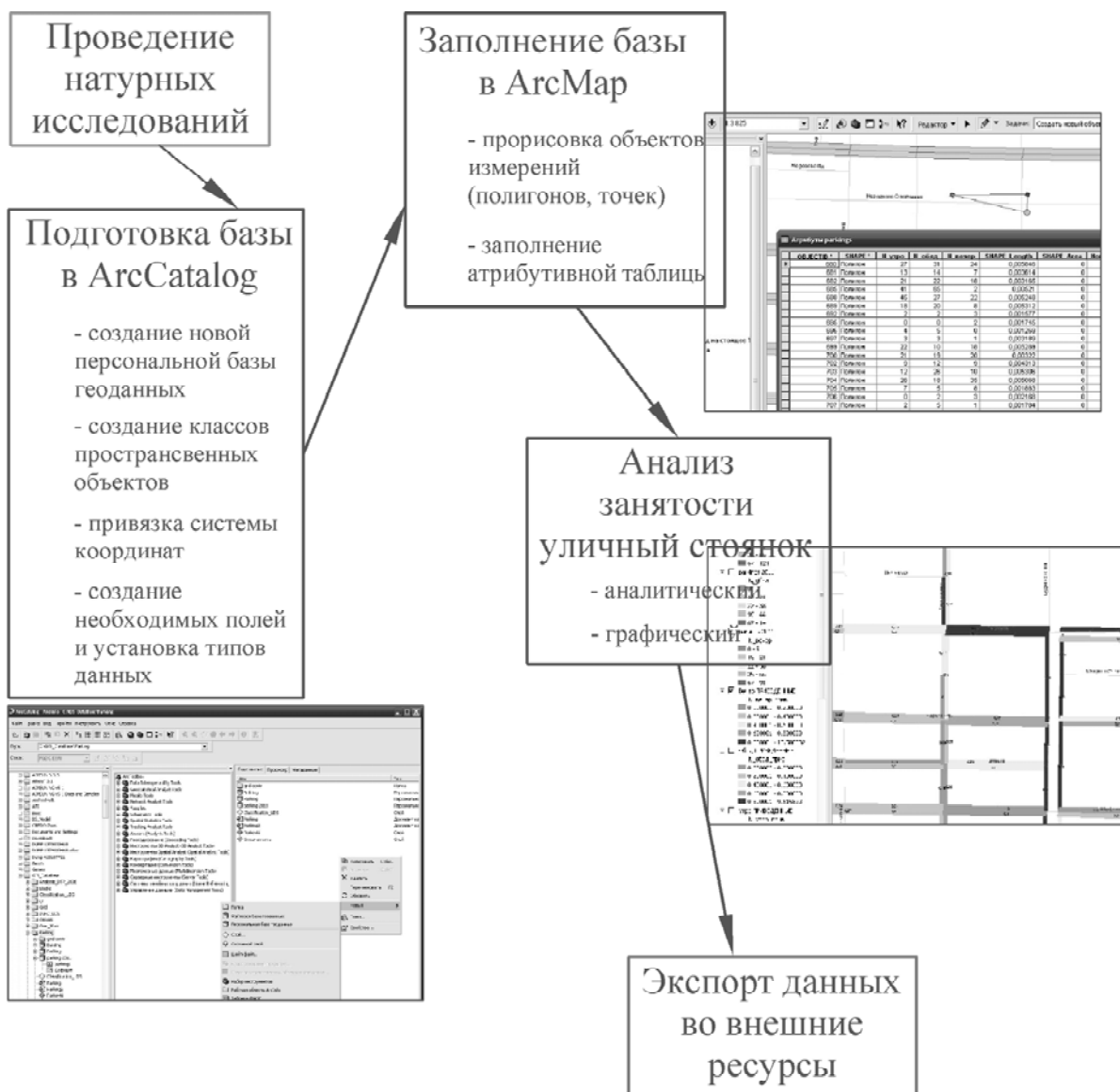


Рис. 1. Этапы проведения оценки занятости уличных стоянок в программе ArcGis

Расчеты показали, что утром (с 8:30 до 10:30) около 30 % улично-дорожной сети в центральной части г. Ростова-на-Дону имеет максимальный объем приведенных припаркованных автомобилей, против 25 % с минимальным объемом. В обед (12:30 до 14:30) около 35 % с максимальным против 21 % с минимальным, вечером (16:00 до 18:00) распределения объемов приведенных припаркованных автомобилей становятся одинаково равными около 26 %.

Для проведения анализа занятости уличных стоянок на рассматриваемой улично-дорожной сети было принято решение провести расчет дефицита D_i стояночных мест, определив его разностью между емкостью E_i перегона улично-дорожной сети и объемом Q_i припаркованных автомобилей.

Под емкостью E_i перегона понимается максимальный объем транспортных средств, способных уместиться на участке без нарушения правил дорожного движения и создания помех участникам дорожного движения, определяемый с учетом длины участка, габаритов транспортных средств и рекомендаций по организации дорожного движения.

$$D_i = E_i - Q_i \quad (2)$$



Рис. 2. Распределение припаркованных автомобилей

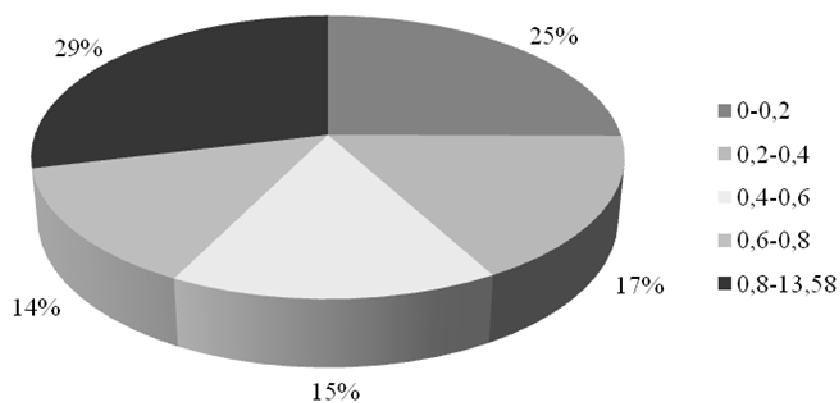


Рис. 3. Распределение долей приведенных паркующихся автомобилей (утро)

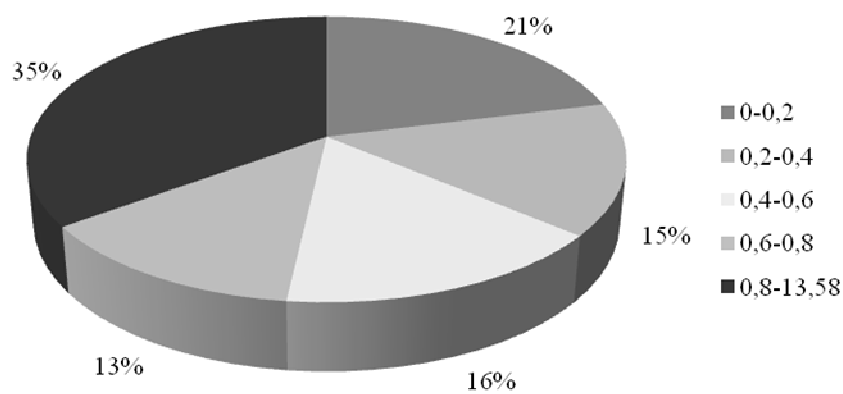


Рис. 4. Распределение долей приведенных паркующихся автомобилей (обед)

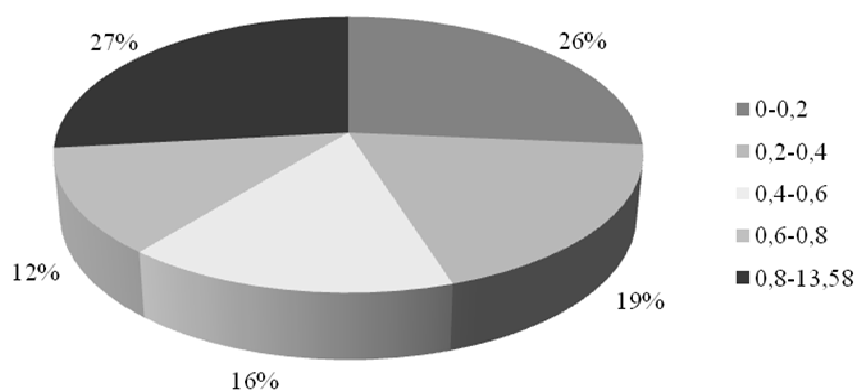


Рис. 5. Распределение долей приведенных паркующихся автомобилей (вечер)



Рис. 6. Распределение приведенных припаркованных автомобилей

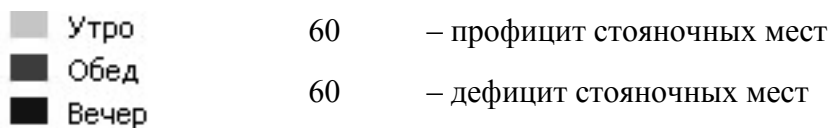


Рис. 7. География дефицита стояночных мест на исследуемых улицах

Тогда при выполнении условия $D_i > 0$ говорит о дефиците стояночных мест на рассматриваемом участке улично-дорожной сети, $D_i < 0$ – о профиците стояночных мест.

По итогам выполненных расчетов общая емкость паркующихся автомобилей для исследуемого района составляет 15832 автомобиля, при утренней, дневной и вечерней занятости стоянок. Таким образом, исследуемый район испытывает дефицит в 2741, 4493, 1944 машиномест соответственно. Результаты расчетов приведены в табл. 4.3.1

Таким образом, полученные данные по объему припаркованных автомобилей, результаты анализа этих данных, таких как приведенные припаркованные автомобили и дефицит стояночных мест являются основой для решения следующих задач исследуемой проблемы: рационального использования свободных участков улично-дорожной сети под временные автомобильные стоянки; предоставления водителям информации о стоянках, местах их нахождения и наличии свободных мест на них (можно сделать с помощью применения систем автоматической сигнализации о наличии свободных мест на стоянках, широко применяющихся во многих зарубежных странах).

Полученные результаты к тому же можно использовать и при решении задач:

- обустройства максимально возможного количества парковочных карманов с использованием прилегающей территории;
- обеспечения необходимого количества парковочных мест при проектировании и осуществлении застройки в жилых и административных центрах, а также при создании крупных торговых, культурно-досуговых и других центров притяжения транспорта;
- создания условий для скорейшего развития инфраструктуры парковок и стоянок транспортных средств – как плоскостных, так и многоуровневых, в особенности в центральной части города.
- развития общественного городского пассажирского транспорта.

УДК 625.712.44

Юсупова Ю.Х. (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, Россия)

ВАРИАНТ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ТУРБО-КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

В статье рассматриваются мероприятия по принудительному ограничению скорости с целью снижения аварийности. Приведены принципиальные подходы к решению задачи организации движения. Кратко рассмотрены особенности турбо-кольцевых пересечений.

Yuliya Yusupova, Moscow state automobile & road technical university (MADI), Moscow, Russia

OPTION ORGANIZATION TRAFFIC FLOW A TURBO-ROUNDAABOUT

The author considers forced speed limit activities for reducing the number of traffic accidents. The principal approaches to traffic management are also represented. Brief description of features turbo-roundabouts.

Быстрый рост количества автомобилей приводит к увеличению интенсивности движения на автомобильных дорогах, следствием которого является обострение транспортных проблем. Особенно остро они проявляются в узловых пунктах дорожной сети – пересечениях. Здесь увеличиваются задержки в движении транспорта, возникают длинные очереди,заторы, что вызывает бесполезный расход топлива, а также повышенное загрязнение воздуха. Рост интенсивности транспортных и пешеходных потоков отрицательно сказывается на

безопасности дорожного движения. По статистике более 50 % всех дорожно-транспортных происшествий (ДТП) приходится на пересечения.

Устройство круговых развязок в одном уровне способствует заметному успокоению движения и снижению тяжести последствий ДТП. Одним из пересечений такого типа является турбо-кольцевое пересечение, которое обладает следующими достоинствами (рис. 1) [1]:

- отсутствуют затраты на регулирование движения;
 - разделены конфликтные точки, ниже относительная скорость движения и острые углы слияния на турбо-кольцевом пересечении способствуют большей степени безопасности движения;
 - обеспечиваются лучшие условия для выполнения левого поворота по сравнению с другими типами пересечений в одном уровне;
 - капитальные затраты на устройство турбо-кольцевого пересечения существенно меньше по сравнению с пересечением в разных уровнях;
 - снижение риска аварий с боковыми столкновениями;
- водитель выбирает полосу движения до въезда на турбо-кольцевое пересечение.

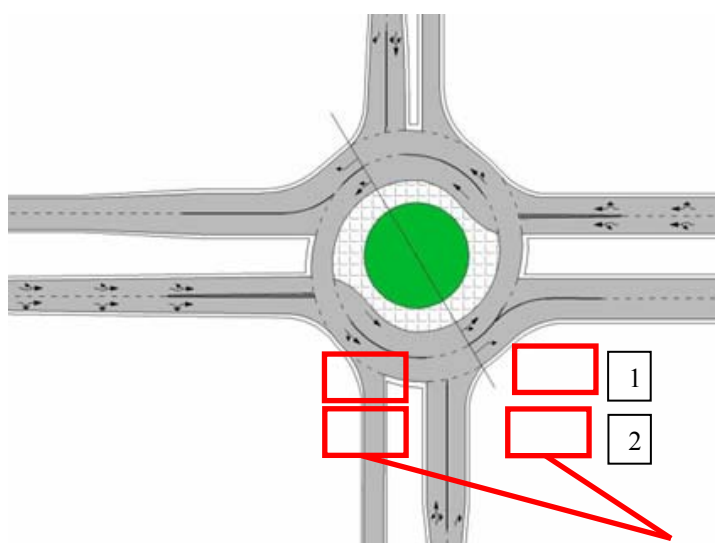


Рис. 1. Планировочная схема турбо-кольцевого пересечения

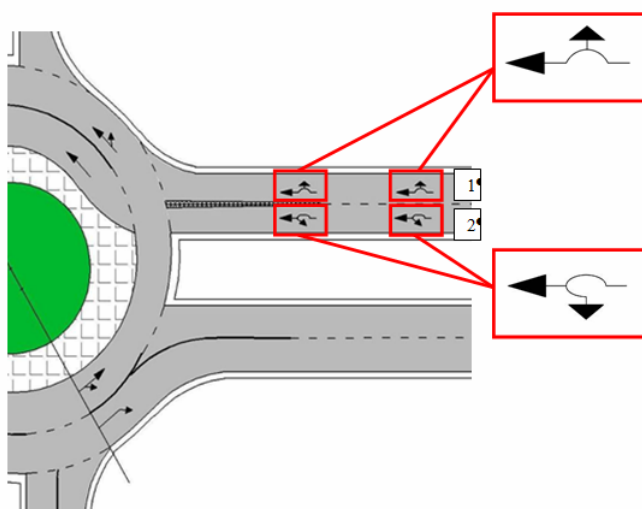


Рис. 2. Организация транспортных потоков на въезде на турбо-кольцевое пересечение

На рис. 2 представлена организация транспортных потоков на примыкании турбо-кольцевого пересечения. Транспортные средства, движущиеся с западного направления, могут осуществить правый поворот, двигаясь по полосе 1; для проезда в прямом направлении допустимо использовать полосы 1 и 2; полоса 2 позволяет осуществить левый поворот.

Таким образом, одним из путей повышения безопасности на автомобильных дорогах является оптимизация дорожного движения с помощью устройства турбо-кольцевых пересечений. Это тип пересечений с меньшим числом конфликтных точек, более низкими скоростями движения, лучшей обзорностью и эффективными условиями для принятия водителем решений по сравнению с обычными пересечениями в одном уровне [2].

Литература

1. Юсупова, Ю. Х. Опыт оценки потребительских характеристик турбо-кольцевых пересечений. // Проектирование автомобильных дорог : сб. науч. тр. / Моск. автомоб. – дор. гос. техн. ун-т. – Москва, 2011. – С. 97.
2. Fortuijn, L. G. H. Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2096, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. – 2009. – 12 p.

УДК 625.7+519.86

Левда Н.М., Постников В.П. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДВИЖНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В статье рассматривается транспортная подвижность и транспортный спрос населения Пермского края, а также приводится анализ основных индикаторов развития дорожно-транспортного комплекса Пермского края. По результатам анализа предложены модели для прогнозирования пассажирооборота, и на основе данных моделей найдены прогнозные значения пассажирооборота на период с 2010 до 2030 годы.

Ключевые слова: транспортная подвижность, пассажирооборот, автомобилизация, транспорт, моделирование, Пермский край

Levda N.M., Postnikov V.P., Perm National Research Polytechnic University

MODEL'S PROGNOSIS TRANSPORT MOBILITY OF THE POPULATION IN PERM KRAI

This article is covered transport mobility and transport demand of the population in Perm Krai, also the analysis of the main development indicators of a road and transport complex in Perm Krai is provided. By results of the analysis models for passenger turnover forecasting are offered, and on the basis of these models prospective values of a passenger turnover for the period from 2010 to 2030 are found.

Keywords: transport mobility, passenger miles, automobilization, transport, modeling, Perm krai

Транспорт – одна из важнейших составляющих инфраструктуры современной экономики. Он обеспечивает производственные связи промышленности и сельского хозяйства, осуществляет перевозки грузов и пассажиров, является основой географического развития труда. Объем и структура транспортных перевозок, как правило, отражают уровень и структуру экономики, а география транспортной сети и грузопотоков – размещение производительных сил. Развитие транспорта является неременным условием для функционирования хозяйства и жизни населения.

Современное же состояние транспортной системы России в целом и Пермского края, в частности, в настоящее время отстает от растущих потребностей экономики, сдерживает ее переход на инновационный путь развития и лишает значительные территории страны воз-

возможностей развиваться. Среди факторов, определяющих успех решения проблем развития транспортных систем, к основным следует отнести:

- рост уровня автомобилизации и интенсивности использования автомобильного транспорта;
- снижение доли общественного транспорта в пассажирских перевозках и увеличение потребности населения в перемещениях;
- диспропорция между уровнем автомобилизации и темпами дорожного строительства;
- сложность задач планировочного развития территории, несовершенство систем организации и управления развитием дорожно-транспортного комплекса.

Для задач создания и модернизации эффективных и устойчивых транспортных систем особое значение имеет обстоятельство проведения анализа эффективности использования территорий и моделирования их дальнейшего развития.

Показатели транспортной подвижности населения является пассажирооборот – статистический показатель, учитывающий перемещения населения, совершаемые при помощи транспорта за определенный промежуток времени. Этот показатель рассчитывается как произведение количества пассажиров на расстояние перевозок (измеряется в пассажиро-километрах). На подвижность населения оказывают влияние различные факторы. Это уровень жизни и благосостояние населения, транспортная обеспеченность территории, ее размеры и планировка и численность населения и расположение центров приложения труда и мест отдыха, социально-психологические факторы.

Транспортная подвижность населения в значительной степени обусловлена транспортным спросом и также может выступать его характеристикой.

Объем и структуру транспортного спроса в городах принято считать довольно статичными параметрами, мало меняющимися по территории в связи с локальными изменениями режимов её использования, как то: новое строительство объектов недвижимости или объектов транспортной инфраструктуры. Однако анализ статистики изменения уровня автомобилизации и объемов дорожного движения наглядно показывает, что последние довольно ярко влияют на изменения общих объемов транспортного спроса, а также на способы его реализации. Можно проследить, как изменяется уровень автомобилизации в городах, интенсивность дорожного движения на улично-дорожной сети. Однако простое интерполирование статистических зависимостей этого роста на долгосрочную перспективу, очевидно, не будет обладать достаточной степенью достоверности [1].

Поэтому представляется интересным получить необходимые для моделирования транспортного спроса параметры, характеризующие транспортную подвижность населения, как на основе анализа статистики более развитых по уровню автомобилизации европейских стран, так и на основе анализа факторов, влияющих на транспортную подвижность населения.

Целью работы является анализ и разработка моделей прогнозирования пассажирооборота Пермского края.

Для анализа, моделирования и прогнозирования использованы данные территориального органа федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю, министерства транспорта Пермского края и ежегодного отчета Великобритании по транспортной статистике.

В результате анализа состояния транспортной системы Пермского края было выявлено, что автомобильный транспорт является наиболее распространенным, самым доступным и повсеместным видом транспорта. При решении задачи удовлетворения своих транспортных потребностей, обладание личным автомобилем удовлетворяет многим запросам человека. Личный автомобиль сохраняет индивидуальность и одновременно способствует ускорению мобильности в экономике. Именно осуществление своих передвижений на личном автомобиле дает минимум потерь психофизической энергии индивидуума и потому, как следствие, всегда будет приоритетным. Преимущества обладания личным транспортом сегодня неразрывно связаны с проблемами содержания и эксплуатации, а также общими транспортными проблемами территории. Вышедший за разумные пределы уровень автомобилизации

превратил индивидуальный транспорт, призванный обеспечить новое качество жизни, в одну из основных причин, вызывающих глобальный кризис нормального функционирования территорий.

На основе анализа состояния дорожно-транспортного комплекса был сделан вывод, что спрос на пассажирские и грузовые перевозки в настоящее время удовлетворен не в полной мере. Но дорожные условия характеризуются перегрузкой сети и ее низким техническим состоянием. Менее 40 % региональных дорог соответствуют нормативным требованиям [2]. В Пермском крае недостаточно развита маршрутная сеть пассажирского транспорта (маршруты проложены без учета густоты пассажиропотока, размещения целевых пунктов поездок). Среди тенденций развития автомобильного транспорта можно выделить следующие: постепенное снижение доли перевозок общественным транспортом и высокие темпы автомобилизации населения.

Уровень автомобилизации является одним из ключевых факторов, влияющих на пассажирооборот.

Автомобилизация, как число зарегистрированных автомобилей на 1000 жителей, прямо зависит от двух показателей: постоянства численности населения и количества зарегистрированных автомобилей.

На основе статистических данных [3] был проанализирован уровень автомобилизации Пермского края. По рис.1 видно, что уровень автомобилизации неуклонно растет. На рост непосредственно влияет увеличение числа автомобилей и уменьшение численности населения. За период с 2000 по 2009 года темп роста автомобилизации составил 172 %, при этом темп роста численности населения и количества автомобилей соответственно 94 % и 162 %.

Также был проанализирован уровень автомобилизации ряда Европейских стран в их числе и Великобритании [4]. В результате анализа было выявлено, что уровень автомобилизации Пермского края за период 1990–2010 годов сопоставим с уровнем автомобилизации Великобритании за период 1950–1970 годов (см. рис.1). Коэффициент корреляции равен 0,9999, среднеквадратическое отклонение 3,6 %, что говорит о сильной связи рассматриваемых показателей. Это совпадение дает возможность утверждать о близости процессов сегодняшнего развития Пермского края и развития Великобритании в 1950–70 гг. и, дополнительно исследовать возможность применения приема поиска участка на графике, зависимости на рис.1, совпадающего с графиком развития того имеющего региона России или России в целом – для оценки их отставания в годах – от развития страны, взятой для сравнения.

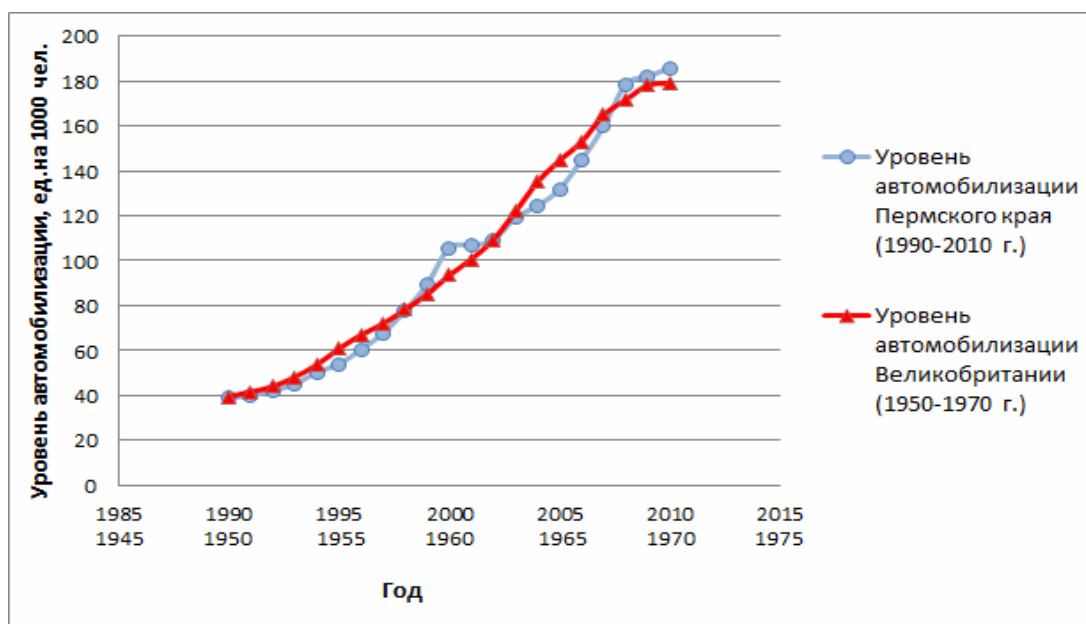


Рис.1. Уровней автомобилизации Великобритании и Пермского края

Динамика пассажирооборота на основе статистических данных, взятых из транспортной стратегии Пермского края [2] представлена на рис.2. Анализ показал, что доля личного транспорта в пассажирообороте начиная с 2000 года занимает меньшую часть, но эта доля растет с 19,3 % в 2000 году до 30 % в 2009 году.

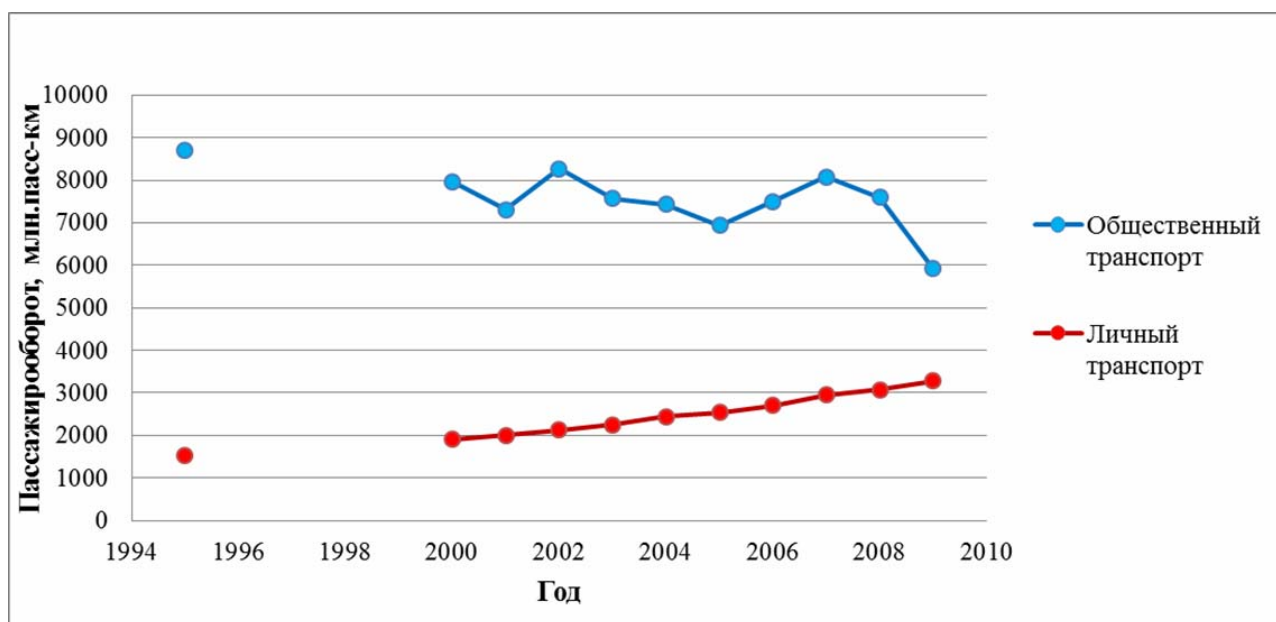


Рис.2. Динамика пассажирооборота по видам транспорта

Обратимся к статистике Великобритании [4]: там доля личного транспорта в пассажирообороте начиная с 1959 года занимает большую часть, и эта доля неуклонно растет: с 31 % в 1952 году до 87 % в 2008 году. Поэтому, можно сделать вывод, что развитие транспортной системы ведет к тому, что доля личного транспорта в общем пассажирообороте растет. Это вызвано ростом подвижности населения, ростом автомобилизации общества и стремлением к комфортному передвижению.

Дорожно-транспортный комплекс Пермского края должен соответствовать спросу на пассажирские перевозки – его пассажирообороту. Значит и расходы на дорожное хозяйство должны формироваться непосредственно исходя из этого спроса. Таким образом, наиважнейшей задачей является прогнозирование транспортного спроса.

Решение проблемы прогнозирования пассажирооборота можно осуществить по двум подходам – построением модели множественной регрессии пассажирооборота и исследованием пассажирооборота других стран.

Для моделирования пассажирооборота было рассмотрено пятнадцать факторов, влияющих на пассажирооборот. Выбор наиболее значимых факторов проводился на основе статистических оценок: коэффициенты парной корреляции между исследуемым показателем пассажирооборота и каждым фактором, коэффициенты автокорреляции между двумя факторами. По результатам анализа этих коэффициентов выделены три фактора, в наибольшей степени влияющие на пассажирооборот (табл.1):

- уровень автомобилизация;
- среднедушевые денежные доходы;
- доля общественного транспорта в общем пассажирообороте.

По статистическим данным построена многофакторная модель зависимости пассажирооборота от выбранных факторов.

$$y = 4642,206 + 2,881x_1 + 0,048x_2 - 3904,535x_3 \quad (1)$$

где x_1 – уровень автомобилизации, ед. на 1000 чел.; x_2 – среднедушевые денежные доходы, руб.; x_3 – доля общественного транспорта в общем пассажирообороте, %.

Статистические данные уровня автомобилизации, среднедушевого денежного дохода и доля общественного транспорта в общем пассажирообороте

Год	Уровень автомобилизации, ед. на 1000 чел.	Доля общественного транспорта в общем пассажирообороте	Среднедушевой денежный доход, руб.
1995	54	85,2 %	490
2000	106	80,7 %	2401
2001	107	78,5 %	2950
2002	109	79,6 %	4000
2003	119	77,1 %	5257
2004	125	75,2 %	6372
2005	132	73,2 %	8202
2006	145	73,5 %	10 982
2007	160	73,3 %	13 481
2008	179	71,2 %	16 119
2009	182	70,0 %	17 572

Отрицательный коэффициент при x_3 показывает, что пассажирооборот растет при снижении доли общественного транспорта в общем пассажирообороте.

Статистический анализ модели показал, что – ошибка аппроксимации составляет 2,1 %, коэффициент корреляции 0,997 и коэффициент детерминации 0,994 (то есть имеет место высокая надежность построенной модели); проверка уравнения на значимость по критерию Фишера также подтвердила что существует тесная взаимосвязь между пассажирооборотом и тремя выбранными факторами.

Таким образом, высокое качество модели (1) позволяет использовать ее для прогнозирования пассажирооборота вплоть до периода 2010–2030 годов.

Так как уровень автомобилизации зависит от двух показателей: численность населения и количество автомобилей, то построим их тренды (рис. 3). Коэффициенты детерминации для численности населения и количества автомобилей соответственно равны 0,994 и 0,977. Среднеквадратическое отклонение – 2,8 % и 5,9 %. То есть нам удалось достаточно точно экстраполировать кривые.

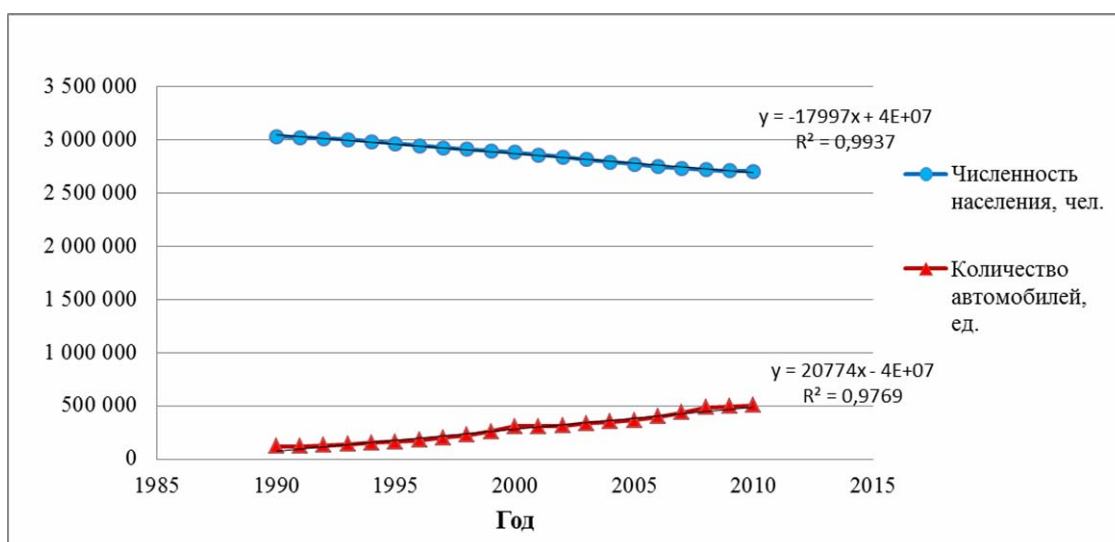


Рис.3. Численность населения и количество автомобилей и линейные тренды

На основе полученных уравнений вычислим прогнозные значения численности населения и количества автомобилей, и найдем уровень автомобилизации (табл.2). Таким образом, уровень автомобилизации Пермского к 2030 году возрастет на 183% по отношению к 2010 году и составит 345,2 ед. на 1000 чел.

Как было отмечено ранее, уровень автомобилизации Пермского края за период 1990–2009 годов соответствует уровню автомобилизации Великобритании за период 1950–1970 годов. Поэтому построим тренд уровня автомобилизации Великобритании и используем его для прогнозирования уровня автомобилизации в Пермском крае на период до 2030 года.

Тренд уровня автомобилизации Великобритании:

$$y = -0,028x^2 + 9,129x + 2,248 \quad (2)$$

где x – относительный номер года.

Точность прогноза автомобилизации Великобритании в 1950–70 гг. по этому тренду составляет 0,7 %. Для такого рода прогнозов это достаточно высокий уровень точности.

Спрогнозируем уровень автомобилизации в Пермском крае по этому тренду на период 2010–2030 годы (табл. 2). Как видно из табл.2., результаты прогноза автомобилизации, полученные различными способами, почти совпадают, что увеличивает доверие к полученным результатам.

Построим тренды двух других факторов: доли общественного транспорта (рис. 4) и среднедушевого денежного дохода населения (рис. 5).

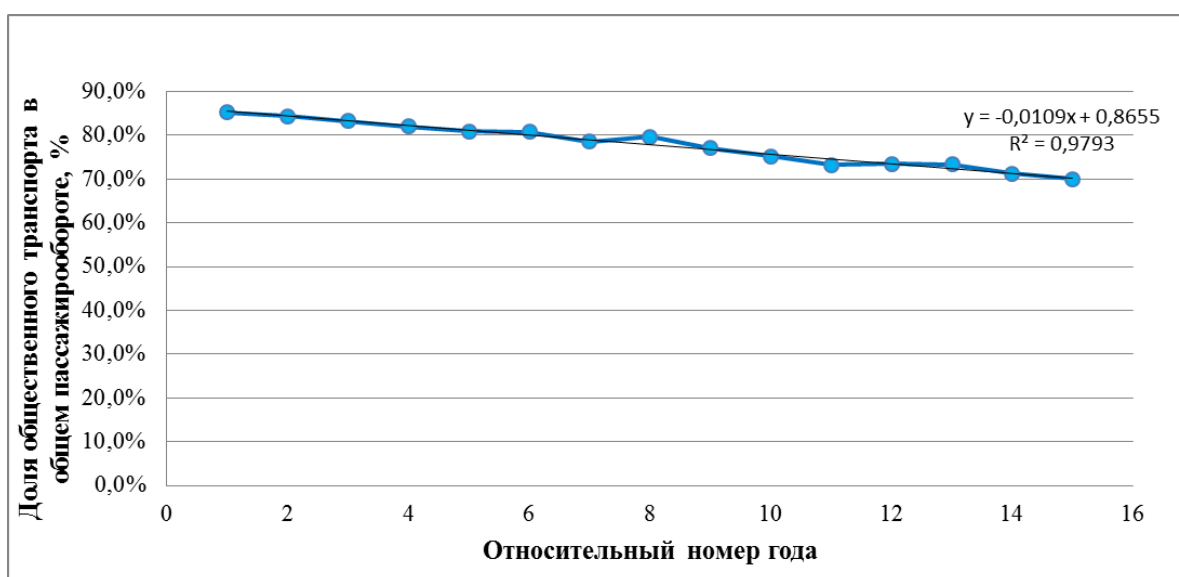


Рис. 4. Доля общественного транспорта в общем пассажирообороте и линейный тренд

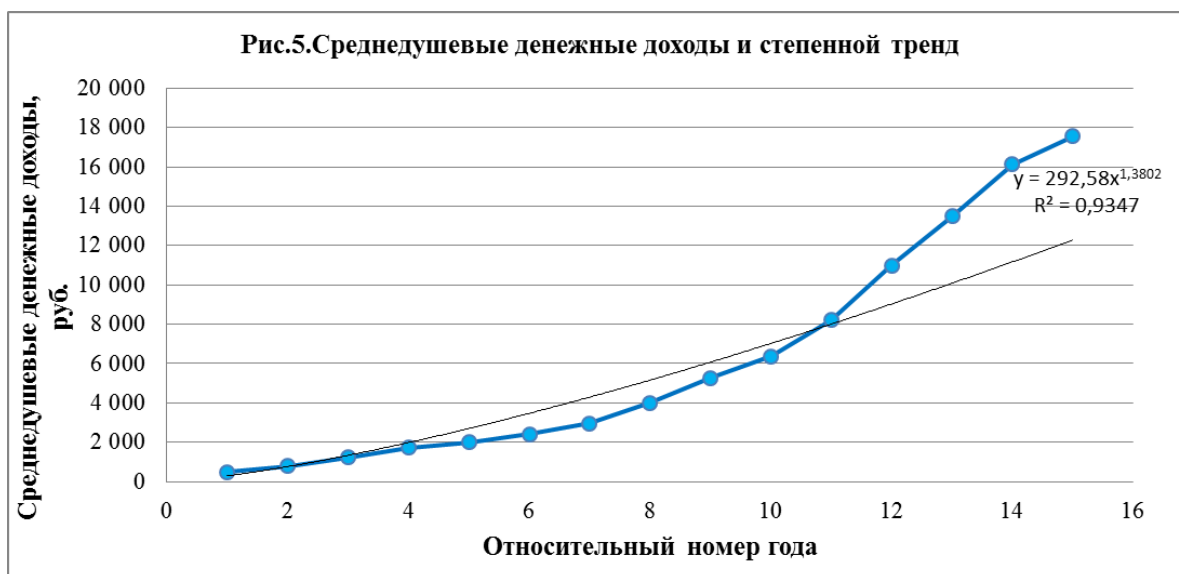


Рис. 5. Среднедушевые денежные доходы и степенной тренд

Получим:

$$\text{тренд доли общественного транспорта } y = -0,0109x + 0,8655 \quad (3)$$

$$\text{тренд среднедушевых денежных доходов } y = 292,58x^{1,3802} \quad (4)$$

где x – относительный номер года.

Коэффициенты детерминации для трендов доли общественного транспорта и среднедушевого денежного дохода равны соответственно 0,979 и 0,935. Это говорит о том, что уравнения (2) и (3) хорошо описывают существующую тенденцию изменения рассматриваемых показателей. На основе полученных уравнений были определены прогнозные значения этих показателей до 2030 года (табл. 2).

Таблица 2

Прогнозные значения уровня автомобилизации Пермского края, доли общественного транспорта и среднедушевого денежного дохода на период до 2030 года

Год	Уровень автомобилизации на основе показателей числ. населения и кол-ва автомоб., ед.на 1000 чел.	Уровень автомобилизации по тренду Великобритании, ед.на 1000 чел.	Доля общественного транспорта в общем пассажирообороте, %	Среднедушевой денежный доход, руб.
2010	188,2	188	69,3 %	19 551,1
2011	197,6	197	68,4 %	20 847,6
2012	207,2	211	67,4 %	22 166,7
2013	216,9	214	66,5 %	23 507,8
2014	226,8	224	65,6 %	24 870,3
2015	236,8	236	64,7 %	26 253,7
2020	289,0	289	58,6 %	33 467,4
2030	345,2	342	47,9 %	41 139,0

Подставив прогнозные значения трех факторов в модель (1) найдем прогнозные значения пассажирооборота с 2010 до 2030 годы и вынесем их в табл. 3. Это так называемый точечный прогноз.

Для оценки надежности прогнозных значений необходимо найти интервал, в который попадут фактические величины с вероятностью 95%, по формуле:

$$y = \hat{y} \pm t_a \sigma_{\hat{y}}, \quad (5)$$

где \hat{y} – точечный прогноз; t_a – коэффициент Стьюдента (зависит от вероятности и числа наблюдений); $\sigma_{\hat{y}}$ – среднеквадратическое отклонение прогноза.

Среднеквадратическое отклонение прогноза рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{\hat{y}} = \sigma \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_1^* - \bar{x}_1)^2}{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2} + \frac{(x_2^* - \bar{x}_2)^2}{\sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2} + \frac{(x_3^* - \bar{x}_3)^2}{\sum (x_{i3} - \bar{x}_3)^2}}, \quad (6)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение уравнения (1); n – число наблюдений; x_1^* , x_2^* , x_3^* – прогнозные значения первого, второго и третьего факторов (табл. 2); x_{i1} , x_{i2} , x_{i3} – i -е наблюдения соответствующего фактора.

Таким образом, пассажирооборот Пермского края за период 2010–2030 годов увеличится в 1,68 раза и составит 5748 ± 113 миллионов пассажиро-километров.

Интервал прогнозирования характеризует качество модели множественной регрессии. По мере удаления времени от исходного момента 2010 года интервал прогнозирования возрастает и в среднем составляет 6,4 %, что говорит о высокой точности прогнозирования.

В ходе рассмотрения развития дорожно-транспортного комплекса других стран замечено, что показатели пассажирооборота Великобритании и Пермского края имеют тесную связь. Коэффициент корреляции между пассажирооборотом Великобритании и Пермского края составляет 0,9999.

Прогнозные значения пассажирооборота легкового транспорта

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2030
Пассажирооборот легкового транспорта (точечный прогноз), млн.пасс-км	3418	3545	3673	3803	3933	4064	4799	5748
Интервал прогнозирования, млн.пасс-км	±86	±95	±104	±113	±123	±132	±186	±259

Построим тренд пассажирооборота Великобритании, и по нему найдем прогнозные значения пассажирооборота Пермского края. Точность прогноза пассажирооборота Великобритании по уравнению (7) составляет 5,9 %.

$$y = 0,0091x + 986,88 \quad (7)$$

Прогнозные значения пассажирооборота Пермского края на период до 2030 года по трем сценариям сведены в табл. 3: модели множественной регрессии (1), тренду пассажирооборота Великобритании (7), транспортной стратегии Пермского края [2].

Таблица 4

Прогноз пассажирооборота Пермского края (млн пасс-км) по различным сценариям

Год	Тренд пассажирооборота Великобритании	Транспортная стратегия Пермского края	Модель множественной регрессии
2015	3962,6	4010	4064
2020	4208,3	5050	4799
2030	5536,9	8520	5748

Прогнозные значения, полученные с помощью модели множественной регрессии и по тренду пассажирооборота Великобритании сопоставимы с транспортной стратегией Пермского края. Наибольшее отклонение наблюдается в 2030 году. Скорее всего, это связано с завышением данных транспортной стратегии на более удаленный период и эти цифры не являются достаточно обоснованными.

Таким образом, приведенное в статье исследование позволило установить, что изменение транспортной подвижности населения спрогнозировано вплоть до 2030 года. Уровень автомобилизации в Пермском крае к 2030 году достигнет показателя 345,2 автомобилей на 1000 жителей, а пассажирооборот личного транспорта составит 5748 млн.пасс-км.

Предложенные модели являются базовым параметрами для прогнозирования изменения транспортной подвижности населения Пермского края на перспективу. Стоит предположить, что найденные зависимости являются статичными по отношению к большинству макроэкономических показателей жизни общества на территории Европы и России. Полученные параметры и их прогнозы позволяют исследователям в области транспортного планирования и организации дорожного движения давать качественные и количественные оценки эффективности тех или иных проектов в области развития транспортных систем территорий.

Литература

1. Якимов М.Р. Методы формализации пространственного распределения структурных элементов городской среды при моделировании транспортного спроса / М.Р.Якимов // Транспорт Урала. – 2010. – №2 (29). – С.20-24.

2. Транспортная стратегия Пермского края на период 2010-2030 годы / Мин.транспорта Пермского края – Пермь, 2010. – 184 с.
3. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://permstat.gks.ru/> (дата обращения: 26.09.11).
4. Transport Statistics Great Britain 2009 / Department for Transport – London: TSO, 2009. – 198 с.

УДК 656.13; 656.13.08

Власов А.А., канд. техн. наук; *Горелов А.М.*, аспирант, *Орлов Н.А.*, аспирант (Пензенский ГУАС, г. Пенза, Россия)

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛИ

В статье приведены методические основы управления транспортными потоками с использованием прогнозирующих моделей. Обозначены перспективные направления проведения дальнейших научных исследований.

Vlasov Aleksey, Gorelov Alexandr, Orlov Nikita (the Penza state university of architecture and building, Russia)

MANAGEMENT OF TRANSPORT STREAMS WITH USE OF PREDICTING MODEL

In article theoretical bases of management by transport streams with use of predicting models are resulted. Perspective directions of carrying out of the further scientific researches are designated.

Проблема транспортных заторов характерна большинства крупных городов. Важным моментом в разрешении этой проблемы является использование современных технологий и технических средств управления городским движением, в частности автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД).

Эффективность функционирования АСУДД в значительной мере зависит от используемых методов управления. Рассматривая транспортный поток как объект управления [2], можно констатировать его нелинейность, что усложняет синтез и анализ систем управления автотранспортными потоками.

Одним из современных формализованных подходов к анализу и синтезу систем управления, базирующихся на математических методах оптимизации, является управление динамическими объектами с использованием прогнозирующих моделей (Model Predictive Control – MPC). Этот подход начал развиваться в начале 60-х годов для управления процессами и оборудованием в нефтехимическом и энергетическом производстве, для которых применение традиционных методов синтеза было крайне затруднено в связи с исключительной сложностью их математических моделей.

Основным достоинством MPC-подхода, определяющим его успешное использование в практике построения и эксплуатации систем управления, служит относительная простота базовой схемы формирования обратной связи, сочетающаяся с высокими адаптивными свойствами. Последнее обстоятельство позволяет управлять многомерными и многосвязными объектами со сложной структурой, включающей нелинейности, оптимизировать процессы в режиме реального времени в рамках ограничений на управляющие и управляемые переменные, учитывать неопределенности в задании объектов и возмущений. Кроме того, возможен учет транспортного запаздывания, учет изменений критериев качества в ходе процесса и отказов датчиков системы измерения.

Сущность MPC-подхода составляет следующая схема управления динамическими объектами по принципу обратной связи:

1. Рассматривается некоторая (относительно простая) математическая модель объекта, начальными условиями для которой служит его текущее состояние. При заданном про-

граммном управлении выполняется интегрирование уравнений этой модели, что дает прогноз движения объекта на некотором конечном отрезке времени (горизонте прогноза).

2. Выполняется оптимизация программного управления, целью которого служит приближение регулируемых переменных прогнозирующей модели к соответствующим задающим сигналам на горизонте прогноза (рис. 1). Оптимизация осуществляется с учётом всего комплекса ограничений, наложенных на управляющие и регулируемые переменные.

3. На шаге вычислений, составляющем фиксированную малую часть горизонта прогноза, реализуется найденное оптимальное управление и осуществляется измерение (или восстановление по измеренным переменным) фактического состояния объекта на конец шага.

4. Горизонт прогноза сдвигается на шаг вперед, и повторяются пункты 1–3 данной последовательности действий.

Приведенная схема может быть объединена с предварительным проведением идентификации уравнений модели, используемой для выполнения прогноза приведенной в [5].

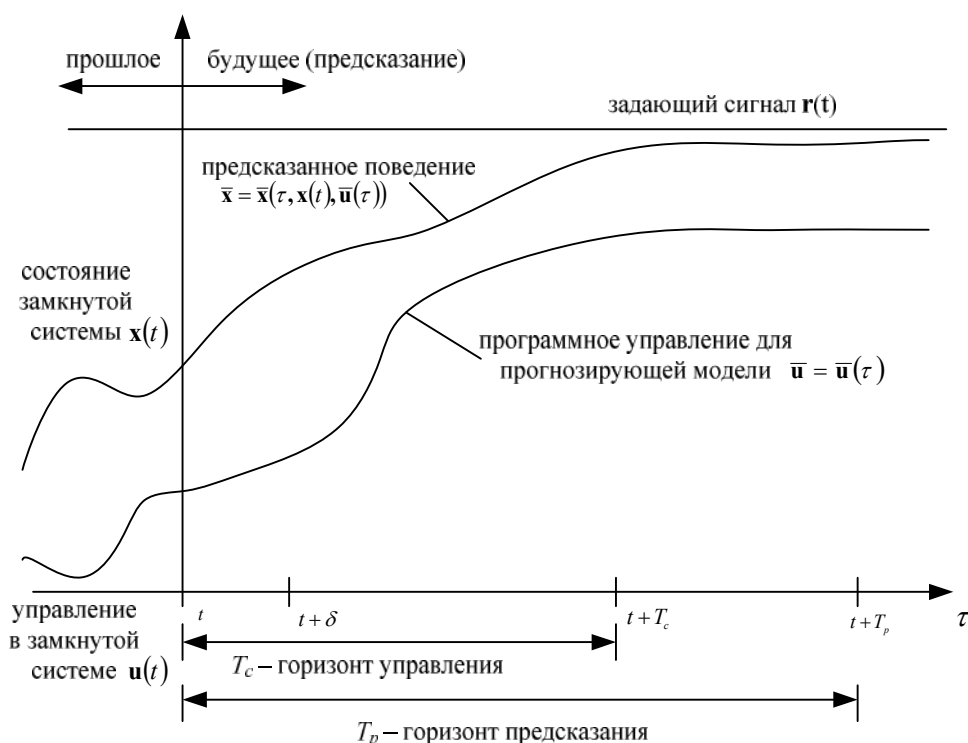


Рис. 1

Пусть математической моделью объекта управления служит система обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений вида:

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)), x(0) = x_0 \quad (1)$$

где $x \in E^n$ – вектор состояния; $u \in E^m$ – вектор управления; $t \in [0, \infty)$.

Введем в рассмотрение допустимые множества управлений $U \subseteq E^m$ и состояний $X \subseteq E^n$, полагая, что для любого фиксированного момента времени $t \in [0, \infty)$ должны выполняться условия $x(t) \in X$, $u(t) \in U$.

Допустимые множества X и U зададим следующими соотношениями:

$$U = \{ u \in E^m : u_{i \min} \leq u_i \leq u_{i \max}, i = \overline{1, m} \} \quad (2)$$

$$X = \{ x \in E^n : x_{j \min} \leq x_j \leq x_{j \max}, j = \overline{1, n} \} \quad (3)$$

Введем в рассмотрение понятие качества управления, задавая некоторый функционал на управляемых движениях объекта:

$$J_0 = J_0(x(t), u(t)) \quad (4)$$

Целью управления транспортным потоком на светофорном объекте является минимизация функционала (4). Дополнительно может быть наложено условие выполнения равенств:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - r_x(t)\| = 0, \lim_{t \rightarrow \infty} \|u(t) - r_u(t)\| = 0 \quad (5)$$

где заданные векторные функции $r_x(t)$ и $r_u(t)$ определяют некоторая желаемая траектория движение объекта управления в пространстве состояний.

Задача оптимального управления состоит в поиске такого управляющего воздействия, из некоторого заданного множества U , которое обеспечивает достижение цели (5) с учетом ограничения $x(t) \in X \forall t \in [0, \infty)$ и обеспечивает минимум функционалу (4).

Введем систему дифференциальных уравнений, которую будем называть прогнозирующей моделью по отношению к математической модели (1) объекта управления. Система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\dot{\bar{x}}(t) = \bar{f}(\tau, \bar{x}(\tau), \bar{u}(\tau)), \bar{x}|_{\tau=t} = x(t) \quad (6)$$

где $\bar{x} \in E^n$ – вектор состояния; $\bar{u} \in E^m$ – вектор управления; $\tau \in [t, \infty)$.

Целесообразность введения в рассмотрение прогнозирующей модели определяется тем обстоятельством, что любая фиксированная математическая модель вида (1) лишь приближенно представляет реальный объект. Это связано с наличием ряда неучтенных при ее выводе факторов, которые делают движение реального объекта отличным от решений системы (1). Сюда относятся неучтенные нелинейности, внешние воздействия, вариации параметров, неучтенная дополнительная динамика и т. д. Будем считать, что модель (1) в известной мере отражает все эти факторы, однако в процессе функционирования может изменяться, причем эти изменения априори не заданы. В то же время фиксированная модель вида (6), которая инициализируется в момент $\tau = t$ текущим состоянием реального объекта, в силу определенной близости к нему при любых вариациях неучтенных факторов, позволяет приближенно спрогнозировать его поведение.

Это можно сделать, если найти частное решение системы (6) при заданном управлении на некотором отрезке времени $\tau \in [t, t + T]$, причем прогноз будет тем точнее, чем меньше величина $T > 0$. При этом, прогнозирующая модель должна быть достаточно простой с тем, чтобы ее можно было интегрировать в реальном масштабе времени и непосредственно использовать в контуре управления.

Зададим некоторое управление $\bar{u} = \bar{u}(t)$ как функцию времени на отрезке $\tau \in [t, t + T_p]$ и проинтегрируем систему (4.6) на указанном отрезке с начальным условием $\bar{x}|_{\tau=t} = x(t)$. Полученное частное решение $x = \bar{x}(\tau, \bar{x}(t), \bar{u}(\tau))$ будем трактовать как предсказанное поведение (прогноз поведения) объекта управления с горизонтом предсказания T_p .

В силу естественного отличия динамики реального объекта и прогнозирующей модели их движения на рассмотренном отрезке будут в целом отличаться, а совпадение гарантируется только в начальной точке.

Качество процесса управления прогнозирующей моделью будем оценивать функционалом вида:

$$J(x(t), \bar{u}(\cdot), T_p, T_c) = \int_t^{t+T_p} F(\bar{x}(\tau, x(t), \bar{u}(\tau)), \bar{u}(\tau), r_x(\tau), r_u(\tau)) d\tau, \quad (7)$$

заданным на движениях системы (6).

Здесь символом $T_c \leq T_p$ обозначен так называемый горизонт управления, т. е. такой момент времени, что

$$\bar{u}(\tau) = \bar{u}(t + T_c) \quad \forall \quad \tau \in [t + T_c, t + T_p].$$

Оптимальное программное управление для прогнозирующей модели (6) решает задачу вида:

$$J(x(t), \bar{u}(\cdot), T_p, T_c) \rightarrow \min \quad (8)$$

Результатом решения задачи (8) служит векторная функция, определяющая оптимальное по отношению к (7) программное управление для прогнозирующей модели (6):

$$\bar{u}^*(\tau) = \bar{u}^*(\tau, x(t), T_p, T_c) = \arg \min_{\bar{u}(\cdot) \in \Omega_u} J(x(t), \bar{u}(\cdot), T_p, T_c) \quad (9)$$

где Ω_u – допустимое множество управлений.

В силу отличия реальной динамики от прогнозируемой, движение под воздействием принятого управления может существенно отличаться от оптимального управления. Вследствие этого, непосредственное воздействие на объект осуществляется не на всем горизонте прогнозирования $[t, t + T_p]$, а только на его малой начальной части, т. е. на объект воздействует управление вида:

$$\bar{u}^*(\tau) = \bar{u}^*(\tau, x(t), T_p, T_c)[t, t + \delta] \quad (10)$$

где величина $\delta > 0$ значительно меньше T_p .

После реализации управления (9) в момент $t + \delta$ осуществляется новый прогноз поведения объекта с горизонтом предсказания T_p и решается оптимизационная задача, однако уже на отрезке $\tau \in [t + \delta, t + 2\delta]$, причем начальным условием для прогнозирующей модели выступает $\bar{x}|_{\tau=t+\delta} = x(t + \delta)$. Результат решения оптимизационной задачи применяется к объекту на отрезке $\tau \in [t + \delta, t + 2\delta]$ и далее процесс повторяется.

Принято говорить, что приведенный способ оптимизации управления с предсказанием использует прогноз с удаляющимся (катящимся) горизонтом. По существу, в рамках последнего подхода управление осуществляется по принципу обратной связи с дискретным поступлением информации о текущем состоянии объекта в моменты $0, \delta, 2\delta, \dots$ (рис. 2). При этом компоненты вектора состояния могут быть либо непосредственно измерены, либо оценены с помощью наблюдающих устройств по результатам измерений доступных переменных.

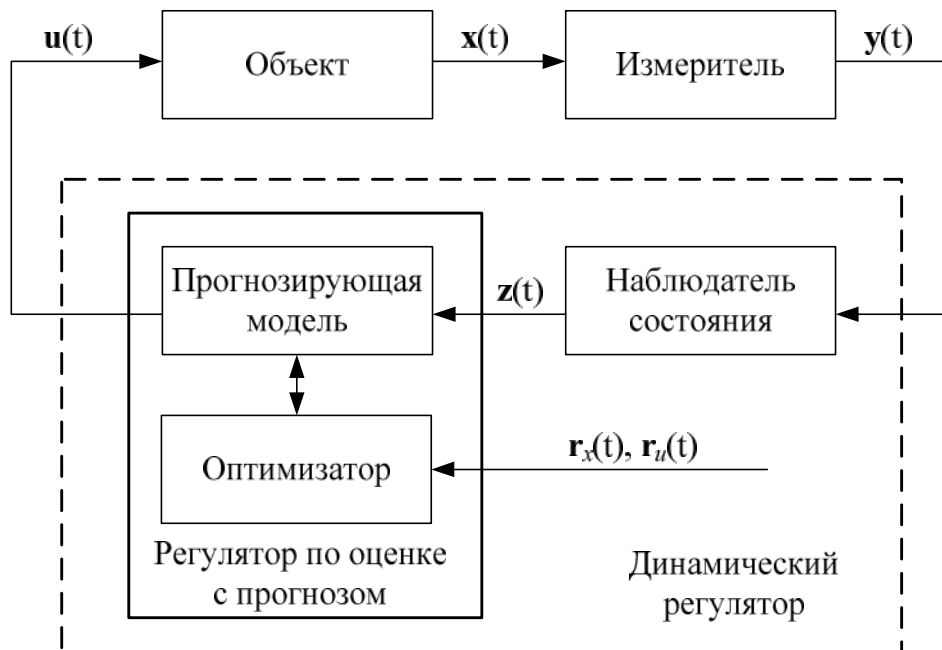


Рис. 2 Принципиальная схема системы управления с прогнозирующей моделью

Определим функционал качества управления. Наиболее распространенным показателем качества управления дорожным движением является индекс потерь DI , используемый

в программе TRANSYT [9]. Индекс потерь представляет собой взвешенную сумму числа остановок и задержки транспортных средств:

$$DI = \sum_{i=1}^n \{ (w_{d_i} d_i + K w_{S_i} S_i) + U_i (w_{d_{i-1}} d_{i-1} + K w_{S_{i-1}} S_{i-1}) + QP \}$$

где d_i – задержка на связи i (связей n) и на дополнительном, определенном пользователем вверх по ходу движения входной связи $i-1$; K – закодированный пользователем фактор штрафа остановки, выражающий важность остановок относительно задержки; S_i – остановки на связи i (и так же для связи $i-1$) в секунду; w_{d_i} , w_{S_i} – определенные для связи весовые факторы для задержки (d) и остановки (S) на связи i (и $i-1$); U_i – бинарная переменная, которая является '1', если надбавка от связи к связи была установлена, ноль иначе; QP – штраф очереди.

TRANSYT предполагает, что автомобиль, который задержан, также остановлен. Однородная модель задержки предполагает, что автомобиль, приближающийся к стоп – линии или концу очереди и останавливается мгновенно, затем мгновенно начинает движение. Число остановок получено из продолжительности задержки. Эмпирические исследования TRRL установили наличие корреляционной связи между долей остановок и величиной задержки. TRANSYT вычисляет число остановок умножением доли остановившихся автомобилей на число автомобилей, которые пересекли стоп – линию.

С учетом требований, предъявляемых системами реального времени и наличия корреляционной связи между задержкой транспортных средств и числом остановок, функционал качества управления светофорным объектом будем определять через величину задержек транспортных средств. В дискретной форме запишем:

$$J_0(x(t), u(t)) = \sum_{k=0}^{T_p} W(q(k), u(k)) \cdot \Delta T, \quad (11)$$

где $W(q(k), u(k))$ – длина очередей транспортных средств на шаге k ; $q(k)$ – вектор интенсивностей движения на регулируемых направлениях на шаге k , авт/с; ΔT – шаг дискретизации, $u(k)$ – вектор управления на шаге k , принимающий значения «0» для направлений, движение по которым запрещено и «1» – по которым разрешено.

Длина очередей транспортных средств:

$$W(q(k), u(k)) = \max((w(k-1) + (q(k) - c \cdot u(k)) \cdot \Delta T), 0)$$

где $w(k-1)$ – вектор длин очередей автомобилей на регулируемых направлениях в автомобилях на шаге $k-1$; c – вектор потоков насыщения, авт/с.

Приведенная на рис. 2 схема определяет общую концепцию построения систем управления. Определим основные направления проведения дальнейших исследований для реализации системы управления с прогнозирующей моделью:

- формализация прогнозирующей модели с учетом современное состояние загрузки городских транспортных сетей;
- синтез наблюдателя состояний объекта управления с учетом возможностей систем детектирования транспортных средств и требований прогнозирующей модели в пространстве состояний;
- выбор оптимизатора.

При разработке прогнозирующей модели необходимо обеспечить воспроизведение особенностей движения насыщенных транспортных потоков. За основу для качественного описания модели может быть выбрана теория трех фаз Б. Кернера, а количественного – макроскопическая модель METANET [7], представляющая собой дискретный вариант модели второго порядка Пейна.

Наблюдатель состояния транспортного потока может представлять собой в простейшем случае фильтр типа окна Хэмминга [3]. При необходимости определения не измеряемых не-

посредственно детекторами величин (например, состояние виртуальных сегментов сети СТМ-модели) целесообразно использование оптимальных фильтров [8].

Оптимизатор должен обеспечивать решения задачи оптимального управления в реальном времени. В работах [1,4] показана возможность использования универсальных эвристических методов для решения задачи нахождения оптимального управления светофорным объектом. Однако не исключается использование и более простых и быстродействующих поисковых методов [6].

Решение поставленных исследовательских задач позволит создать теоретическую базу синтеза современных систем управления автотранспортными потоками.

Литература

1. Власов А.А., Ванюхина М.А. Расчет режимов работы светофорной сигнализации методом Хука-Дживса [Текст] // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы VI междунар. науч.-техн. конф. 18–20 мая 2010 г., – Пенза: ПГУАС, 2010. Ч. 1 – С. 192–197.
2. Власов А.А., Семенов А.Д. «Моделирование пересечения при его исследовании как объекта управления» [Текст] // Проблема автомобильно-дорожного комплекса России: материалы 5 международной научно-практической конференции. 21–23 мая 2008 г. Пенза. ч.1 – Пенза ПГУАС, 2008 – С. 197–211.
3. Власов А.А., Широков М.В. Проблемы применения алгоритмов оптимизации параметров светофорного цикла в реальном времени [Текст] // Вестник МАДИ (ГТУ), вып. 2(17). – Москва, 2009. – С. 103–108.
4. Власов А.А., Широков М.В. Эволюционный метод расчета режимов работы светофорной сигнализации [Текст] // Политранспортные системы: материалы VI Всерос. НТК, Новосибирск, 21-23 апреля 2009 г.: в 2-х ч. Ч. 1. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. – С. 170–173
5. Семенов А.Д., Власов А.А., Авдеева О.В. Динамические характеристики автомобильного транспортного потока [Текст] // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: труды МНТК, Пенза, 22-24 апреля 2008 г. – Пенза: Изд-во ПензГУ, 2008. – С. 306–309.
6. Adaptive Traffic Control Systems: Domestic and Foreign State of Practice. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. – WASHINGTON D.C. 2010.
7. A. Kotsialos, M. Papageorgiou, C. Diakaki, Y. Pavlis, and F. Middelham, “Traffic flow modeling of large-scale motorway using the macroscopic modeling tool METANET,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 3, no. 4, pp. 282–292, Dec. 2002.
8. Mihaylova, L. and R. Boel (2004). A particle filter for freeway traffic estimation. In: Proc. 43rd IEEE Conf. on Dec. & Contr., pp. 2106–2111.
9. Traffic Network Study Tool. TRANSYT-7F, United States Version. // McTrans Center University of Florida. – January 2008.

УДК 625.13.05

Феофилова А.А. ассистент (РГСУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

О МОДЕЛЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕВОДА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА СВОБОДНЫЕ УЧАСТКИ УДС ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЗАТОРОВЫХ СИТУАЦИЙ

Anastasiya Feofilova, assistant, Rostov State Civil Engineering University, Rostov-on-Don, Russia

MODELS ON THE DYNAMIC TRANSFER OF TRANSPORT FLOWS FOR FREE IF THERE ARE AREAS CLOSURE ZATOROVYH SITUATIONS

The user-defined parameters of route choice in AIMSUN are analyzed. The percentage of assigned vehicles that use the path for a selected origin/destination and Route Choice Cycle are defined.

Развитие методов управления транспортными потоками является важнейшим направлением исследований в области организации и безопасности дорожного движения. Управление движением – это прежде всего решение задач обработки информации в реальном времени, управление, осуществляемое с помощью интеллектуальных транспортных систем. Одним из основных направлений развития интеллектуальных транспортных систем является разра-

ботка эффективного информационного обеспечения участников движения. Среди функциональных возможностей интеллектуальных транспортных систем следует выделить динамическое управление маршрутом, позволяющее снижать пиковую нагрузку на элементы транспортной сети посредством перенаправления транспортных потоков на менее загруженные участки.

С точки зрения задач оценки качества транспортного процесса, наиболее важными являются оценки его эффективности – время движения или стоимость поездки, которые отражают несовершенство организации движения транспортных потоков. Общая концепция построения моделей выбора маршрута предлагает принимать стоимость всей поездки как сумму стоимостей прохождения каждого этапа поездки.

$$CP_i = \sum_{link \in Path_i} Cost_j \quad (1)$$

В свою очередь, стоимость прохождения каждого этапа поездки состоит из его начальной стоимости $IniCost_j$ и стоимости, рассчитываемой с учетом динамически поступающих данных, $DynCost_j$.

$$IniCost_j = 1 + \varphi * (1 - CL_j / CL_{max}) + \tau * UserDefCost_j \quad (2)$$

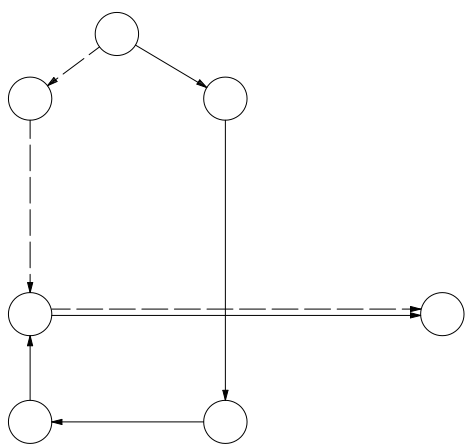
$$TravelTFF_j = L_s / V_{s\lim} + L_t / V_{t\lim} \quad (3)$$

$$DynCost_j = (1 + \varphi * (1 - CL_j / CL_{max})) + \tau * UserDefCost_j \quad (4)$$

где $TravelTFF_j$ – теоретическое время прохождения j -го участка пути в свободных условия движения, ч; L_s – длина j -го участка сети, м; L_t – длина поворота., принадлежащего j -му участку сети, м; $V_{s\lim}$ – скорость движения, допустимая на j -м участке сети, км/ч; $V_{t\lim}$ – скорость движения, допустимая на повороте, принадлежащем j -му участку сети, км/ч; φ – параметр, оценивающий вес пропускной способности участка сети дорог; CL_j – пропускная способность j -го участка сети дорог, ед/ч; CL_{max} – теоретическая максимальная пропускная способность участков сети дорог, ед/ч. $\tau * UserDefCost_j$ – часть функции, назначаемая пользователем

В ходе изучения моделей выбора маршрута движения было установлено, что наибольший интерес представляют те параметры модели, которые устанавливаются пользователем – цикл расчета нового маршрута, вес – параметр, оценивающий вес пропускной способности участка сети дорог, доля транспортных средств, руководствующихся персонифицированной побудительной информацией.

В программе AIMSUN был проведен эксперимент по моделированию дорожного движения, в котором оценивалось изменение качества дорожного движения при условии, что 50 % или 100 % транспортных средств, руководствуются оперативной персонифицированной дорожной информацией, предоставляемой с помощью знаков с изменяющимися сообщениями. В качестве моделей выбора маршрута движения были выбраны модель его фиксированного выбора и модель логит-преобразования. Для анализа распределения движения транспортных средств по данному участку сети была составлена простейшая схема различных по длине маршрутов А и В.



– маршрут А;
– маршрут В

Рис. 1. Схема моделируемых маршрутов движения

Результаты эксперимента по моделированию дорожного движения при использовании моделей выбора маршрута движения приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Модель логит-преобразования							
Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, %							
50				100			
$\varphi=100$							
Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %	Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %
1	2	3	4	5	6	7	8
3	A	max	11	3	A	max	1
	B	min	89		B	min	99
5	A	max	10	5	A	max	0
	B	min	90		B	min	100
10	A	max	63	10	A	max	0
	B	min	36		B	min	100
15	A	max	19	15	A	max	0
	B	min	80		B	min	100
20	A	max	42	20	A	max	0
	B	min	58		B	min	100
Модель логит-преобразования							
Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, %							
50				100			
$\varphi=1$							
Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %	Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %
3	A	max	36	3	A	max	31
	B	min	34		B	min	68
5	A	max	31	5	A	max	35
	B	min	68		B	min	65
10	A	max	39	10	A	max	34
	B	min	61		B	min	66
15	A	max	37	15	A	max	39
	B	min	63		B	min	61
20	A	max	36	20	A	max	37
	B	min	64		B	min	63

На основании данных, полученных в процессе моделирования, можно сделать вывод: на участках сети дорог, при уменьшении времени пересчета альтернативного пути движения возрастает вероятность выбора наименьшего по стоимости пути за промежуток времени, равный циклу расчета нового маршрута. Следовательно, пиковая нагрузка на элементы транспортной сети снижается в кратчайшие сроки.

Для оценки правильности сделанного вывода в программе AIMSUN был проведен эксперимент по моделированию дорожного движения на улично-дорожной сети, состоящей из 182 пересечений различного типа. Для проведения эксперимента в качестве модели выбора маршрута движения была использована модель логит-преобразования. Исходными данными послужили результаты мониторинга дорожного движения, проводимого на участках улично-дорожной сети г. Ростова-на-Дону ежегодно. Схема рассматриваемой улично-дорожной сети представлена на рис. 3.

Модель фиксированного выбора маршрута движения							
Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, %							
50				100			
$\varphi=1$							
Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %	Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %
не влияет	A	max	0	не влияет	A	max	0
	B	min	100		B	min	100
Модель фиксированного выбора маршрута движения							
Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, %							
50				100			
$\varphi=100$							
Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %	Цикл расчета нового маршрута, мин	Маршрут	Стоимость маршрута	Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, %
не влияет	A	max	0	не влияет	A	max	0
	B	min	100		B	min	100

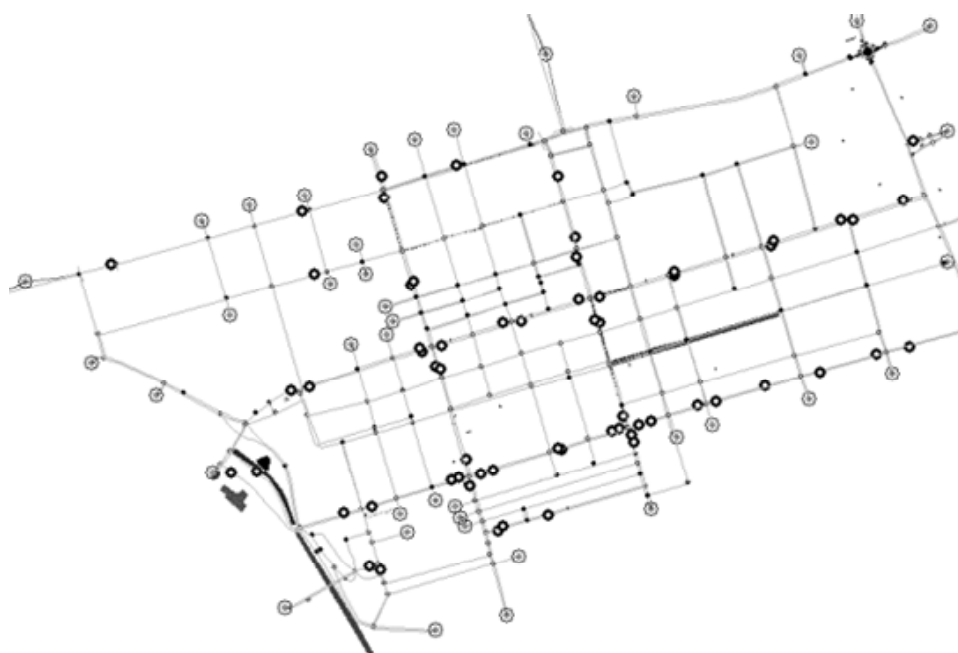


Рис. 3. Схема рассматриваемой улично-дорожной сети г. Ростова на-Дону

Известно, что методы динамического перераспределения транспортных потоков могут быть применены при возникновении заторовых ситуаций, вызванных различными причинами. В данном случае была смоделирована ситуация совершения дорожно-транспортного происшествия на одном из участков улично-дорожной сети, имеющем одностороннее движение. Для оценки распределения транспортных средств по рассматриваемой сети в случае парализации дорожного движения в течение периода устранения последствий дорожно-транспортного происшествия были проанализированы участки альтернативных маршрутов

движения, рассчитанных программой. Результаты эксперимента, приведенные в табл. 3-4, подтверждают вывод о влиянии цикла расчета нового пути на характеристики транспортного потока.

Таблица 3

Модель логит-преобразования									
Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, %									
50					100				
$\varphi=1$									
Цикл расчета нового маршрута, мин	Характеристики транспортного потока				Цикл расчета нового маршрута, мин	Характеристики транспортного потока			
		Скорость км/ч	плотность ед/км	задержки ТС, сек			скорость км/ч	плотность ед/км	задержки ТС, сек
3	вся сеть	26	12	61	3	вся сеть	27	12	60
	участки сети	27	39	152		участки сети	30	16	165
5	вся сеть	28	12	61	5	вся сеть	25	13	66
	участки сети	28	34	158		участки сети	28	31	247
10	вся сеть	25	13	66	10	вся сеть	22	18	160
	участки сети	28	55	191		участки сети	17	87	354
15	вся сеть	23	13	72	15	вся сеть	22	14	83
	участки сети	24	59	210		участки сети	26	64	315
20	вся сеть	20	17	103	20	вся сеть	22	13	79
	участки сети	24	65	273		участки сети	26	72	540

Таблица 4

Модель логит-преобразования									
Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, %									
50					100				
$\varphi=100$									
Цикл расчета нового маршрута, мин	Характеристики транспортного потока				Цикл расчета нового маршрута, мин	Характеристики транспортного потока			
		скорость, км/ч	плотность, ед/км	задержки ТС, сек			скорость км/ч	плотность ед/км	задержки ТС, сек
3	вся сеть	27	12	61	3	вся сеть	26	12	61
	участки сети	27	21	136		участки сети	30	20	170
5	вся сеть	27	12	61	5	вся сеть	28	12	60
	участки сети	29	26	148		участки сети	28	22	185
10	вся сеть	26	15	77	10	вся сеть	25	12	67
	участки сети	27	21	168		участки сети	29	20	190
15	вся сеть	25	13	74	15	вся сеть	22	15	88
	участки сети	23	31	211		участки сети	23	22	236
20	вся сеть	22	14	83	20	вся сеть	20	19	94
	участки сети	21	44	297		участки сети	23	26	380

Для разрешения проблемной ситуации, вызванной совершением дорожно-транспортного происшествия, было принято решение о введении динамического перераспределения транспортных потоков с загруженных участков сети на менее загруженные. По результатам эксперимента построены графики изменения основных характеристик транспортного потока в течение периода устранения последствий дорожно-транспортного происшествия, принятого в данной работе 30 минут (рис. 4).

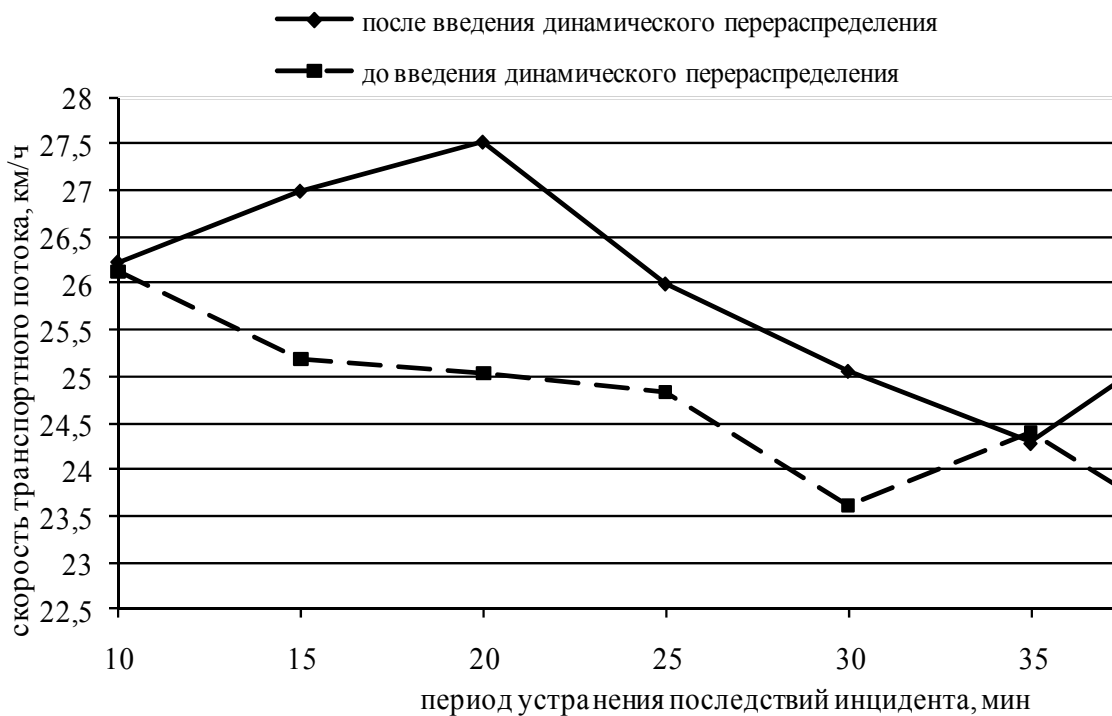
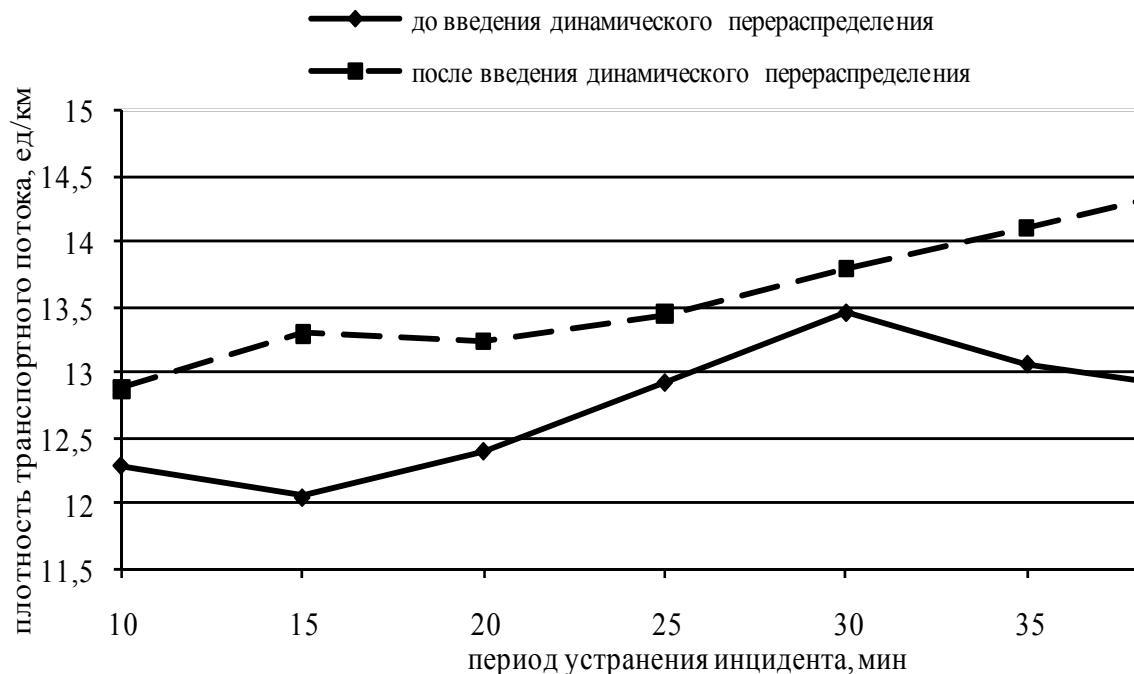




Рис. 4. Изменение основных характеристик транспортного потока в течение периода устранения последствий дорожно-транспортного происшествия

Таким образом, при полном охвате участников движения системой обеспечения персональной информацией можно с эффективностью направлять транспортные потоки на свободные участки транспортной сети.

УДК 656.13.08.05

Поздняков М.Н., канд. техн. наук, Мирончук А.А., ассистент (РГСУ, Ростов-на-Дону, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИОРИТЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ

Pozdnyakov M., Ph.D., Mironchuk A., assistant (RSCEU, Rostov-on-Don, Russia)

MODELLING OF THE BUS PRIORITY

The article contains the experience of buses priority movement modelling in the environment of AIMSUN. The article deals with the influence of the priority lane, parking lots and sites with narrow road on drivers behavior who reach it.

В настоящее время городской пассажирский транспорт находится в новой фазе своего развития, которая характеризуется, в первую очередь, необходимостью повышения качества транспортных услуг для привлечения пассажиров. Анализ функционирования транспортных систем городов показывает, что акцент только на развитие улично-дорожной сети не позволяет решить проблемы организации перевозок, улучшить условия движения, устранить причины возникновения заторов, снизить токсичные выбросы автомобилей [1].

Одним из стратегических путей решения этой проблемы является создание условий для приоритетного развития общественного транспорта для того, чтобы стимулировать переход населения от индивидуального транспорта к автобусам.

Цель организации приоритетного движения состоит в создании преимуществ автобусам по сравнению с легковыми автомобилями. Приоритетное движение автобусов оказывает

прямое и существенное влияние на скорость сообщения, один из основных показателей качества обслуживания пассажиров городскими автобусами [2].

В современных условиях для оценки эффективности приоритетного движения все чаще применяется моделирование на микроуровне, которое позволяет объективно производить выбор вариантов и принимать оптимальные решения. При этом в ходе работы необходимо учитывать большое количество факторов. Чем больше факторов учитывается в модели, тем выше вероятность более точной оценки возможности реализации приоритета автобусов на том или ином участке или в узле.

В данной статье речь пойдет об особенностях моделирования приоритетного движения автобусов в среде AIMSUN 6.1. Данный пакет микромоделирования предоставляет возможность задавать тип полосы на секции как зарезервированную для общественного транспорта, а также при организации на пересечении приоритета использования продления зеленой фазы для безостановочного проезда автобуса

Рассмотрим, для примера, несколько сложных ситуаций, возникающих при моделировании приоритетного движения автобусов и оценки эффективности приоритета.

Участки подходов к перекрестку, за которым начинается приоритетная полоса, а также начало участка с приоритетной полосой – всегда являются сложными участками, так как на них происходит адаптация транспортного потока к уменьшению числа полос.

При моделировании данной ситуации в среде AIMSUN возникает проблема, которая заключается в следующем. Так как, в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004, знак 5.14 «Полоса для маршрутных транспортных средств» устанавливается в начале полосы, то, водитель легкового автомобиля, если он движется по крайней правой полосе, узнает о необходимости перестроения, только после проезда перекрестка и приближении к приоритетной полосе. При моделировании подобной ситуации в AIMSUN имеет место следующая картина (рис. 1, а). Водители легковых автомобилей, знающие о приоритетной полосе А и необходимости перестроения до перекрестка в левую полосу участка дороги Б игнорируют крайнюю правую полосу заранее, как менее выгодную, хотя и находятся на расстоянии 150 м и более от перекрестка. В реальной ситуации («знающие» водители) происходит равномерное распределение автомобилей в секции на подходе к перекрестку – рис. 1, б. Такой результат достигается за счет отделения 20 метрового участка на подходе к перекрестку от основной секции. То есть перегон между двумя перекрестками будет состоять из двух секций, а не одной как делается обычно. В соответствии с концепцией моделирования AIMSUN, именно на этой маленькой 20 метровой секции водители получают информацию о необходимости перестроения и уменьшении числа полос. Такое же поведение водителей верно и для трех и четырех полосных проезжих частей. Поведение водителей, показанное на рисунке 1, может быть реальным только в ситуации, когда происходит заблаговременное информирование водителей о приближении к участку с приоритетной полосой.

Следующая сложная ситуация возникает когда требуется обосновать эффективность введения приоритетной полосы на участке со сложной шириной проезжей части. Это такой участок, на котором по определенным обстоятельствам, например, из-за геометрических параметров или припаркованных автомобилей, ширина проезжей части в одном направлении позволяет двигаться только легковым автомобилям в два и более ряда (в зависимости от исходного числа полос движения), а одновременное движение автобуса и легкового автомобиля параллельно друг другу становится невозможным. То есть автобус, двигаясь по участку со сложной шириной проезжей части, не оставляет пространства для выполнения маневра опережения для легковых автомобилей и собирает за собой очередь.

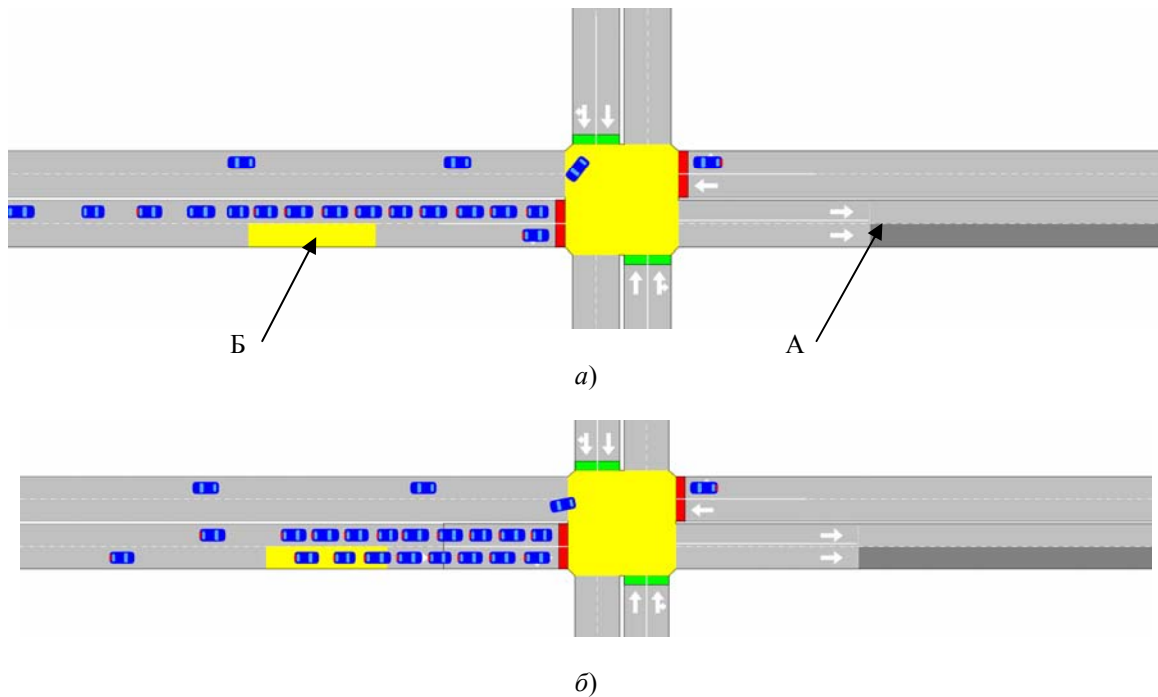


Рис. 1. Поведение водителей, не знающих (а) и знающих (б) о начале за перекрестком приоритетной полосы А:
 А – приоритетная полоса; Б – полоса подхода потока автомобилей к перекрестку

На рис. 2, а видно как с помощью API в среде AIMSUN, реализован динамический инцидент закрытия соседней полосы рядом с движущимся автобусом, который не позволяет легковым автомобилям выполнить маневр опережения, пока скорость автобуса не снизится до 10 км/ч и менее. На рис. 3, б показано, что после остановки автобуса на остановочном пункте, легковые автомобили могут свободно его объехать. При оценке вариантов организации движения на таком участке с приоритетом автобусов и без него, можно получить более корректную модель существующего положения, которая затем станет основой для сравнения конкурирующих вариантов.

а)



б)



Рис. 3. Моделирование движения автобусов на участке со сложной шириной проезжей части

В соответствии с правилами дорожного движения введение приоритетной полосы для маршрутных транспортных средств исключает возможность парковки на данной полосе. Однако очень часто для оценки существующего варианта организации движения и сравнения его с вариантом приоритета автобусов необходимо учитывать влияние маневров паркую-

щихся автомобилей на движение автобусов. На рис. 4, а и б показано, как легковой автомобиль, выполняющий маневр парковки, вызывает задержку автобуса.

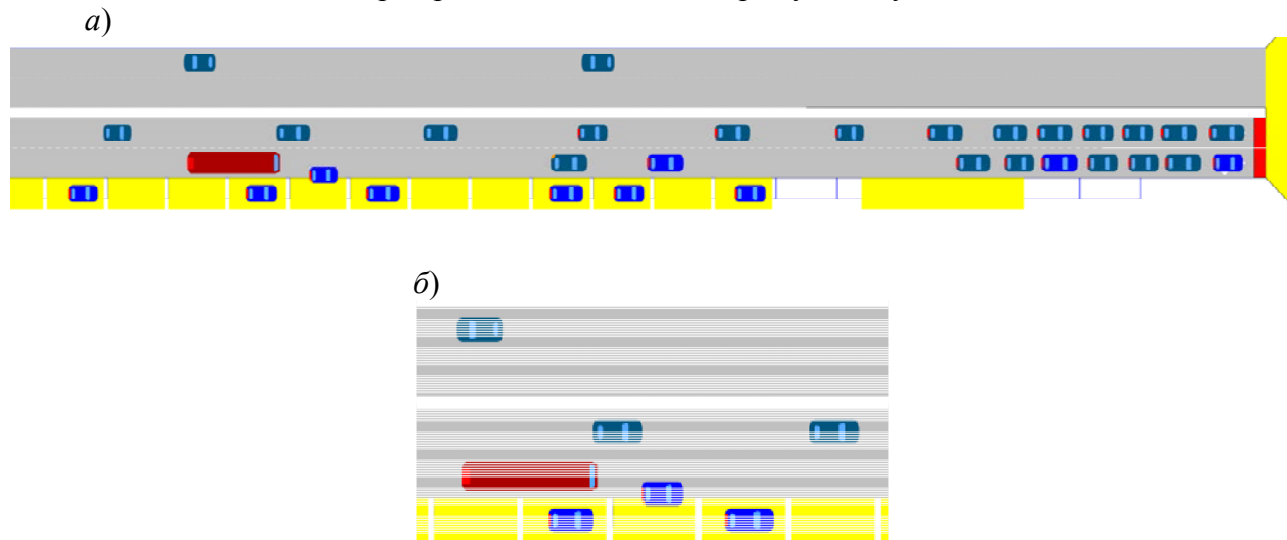


Рис. 4. Моделирование влияния парковки на параметры движения автобусов

Все рассмотренные выше случаи относятся к задачам, которые были успешно решены в процессе разработки проектов организации дорожного движения, а также в теоретических исследованиях кафедры организации перевозок и дорожного движения.

Литература

1. Зырянов В.В. Голеницкий Ю.В. Моделирование приоритетного движения маршрутных автобусов: Материалы международной научно-технической конференции. – Волгоград: ВГТУ, 1999.
2. Голеницкий Ю.В. Моделирование приоритетного движения автобусов: автореферат дис. канд. техн. наук. -Ростов н/Д, 1999.

УДК 623.3

Зедгенизова А.Н., аспирант, *Зедгенизов А.В.*, канд. техн. наук, доцент (Национальный Исследовательский Иркутский Государственный Технический Университет, г. Иркутск, Россия)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ГЕНЕРАЦИИ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ К ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫМ ЦЕНТРАМ

Zedgenizova A.N., Zedgenizov A.V., National research Irkutsk State Technical University, Irkutsk city, Russia

METHOD OF ESTIMATION CORRESPONDENCE TO GENERATION FITNESS CENTER

The article considers the mode of operation of fitness center during the day. Identified mode of operation of the adjacent parking lot, it shows the loading on the clock of the day. We consider the volume of generation to the individual types of territory in sport and recreation center, taking into account the separation of arriving at the individual and public transport.

Интенсивная автомобилизация и технологический прогресс в строительной отрасли в значительной степени вносят коррективы в функционирование городских территорий и транспорта в целом. Еще в середине прошлого столетия решения планировочной структуры городов было непосредственно связано с рациональным размещением промышленных

зон, жилья, мест проведения досуга и др. Однако в настоящее время этого не достаточно, поскольку городские территории сегодня должны рассматриваться с точки зрения соответствия сложившейся загрузки (интенсивности движения) в «пиковые» периоды. Пропускная способность дорожных узлов и магистралей улично-дорожной сети (УДС) не должна быть ниже этих загрузок.

Прогнозирование интенсивностей движения и уровня загрузки УДС города имеет первостепенное значение не только при разработке градостроительной концепции, но и при выполнении градостроительно-транспортного проектирования на всех этапах. Таким образом, применение прогрессивных методик оценки емкости расчетного транспортного района или отдельного его участка, с целью влияния на расположенную в непосредственной близости транспортную инфраструктуру представляется важной научно-практической задачей. Пример ее решения рассмотрен в настоящей статье.

В силу сложности, многокритериальности и трудоемкости обследований, необходимых для выявления объема генерации к тем или другим объектам тяготения в данной работе, для примера, рассматривается только физкультурно-оздоровительный центр (ФОЦ), обслуживающий граждан по следующим видам спорта: фитнес, аэробика, тренажерный зал, массажный кабинет, сауна, детская секция самбо.

Общие характеристики торгового центра:

- Число строений одновременно участвующих в обследовании – 1;
- Этажность застройки – 2;
- Район города – городская территория;
- Период обследования – с 8:00 до 22:00
- Дата проведения обследования – 29.09.2011, четверг; 01.10.2011, суббота.
- Погодные условия – без осадков;
- Удаленность остановочного пункта – в пределах 10 минут пешком;
- Гаражные кооперативы и стоянки – отсутствуют в непосредственной близости;
- Площадь ФОЦ – 2500 м²
- Площадь парковки возле торгового центра – 500 м²

В таких обследованиях, необходимо отметить, чрезвычайно важным моментом является своевременность и слаженность работы всех учетчиков, поскольку отсутствие или неверный учет автомобилей и людей может привести к срыву всего обследования. Пример общей схемы эксперимента поясняет рис. 1.

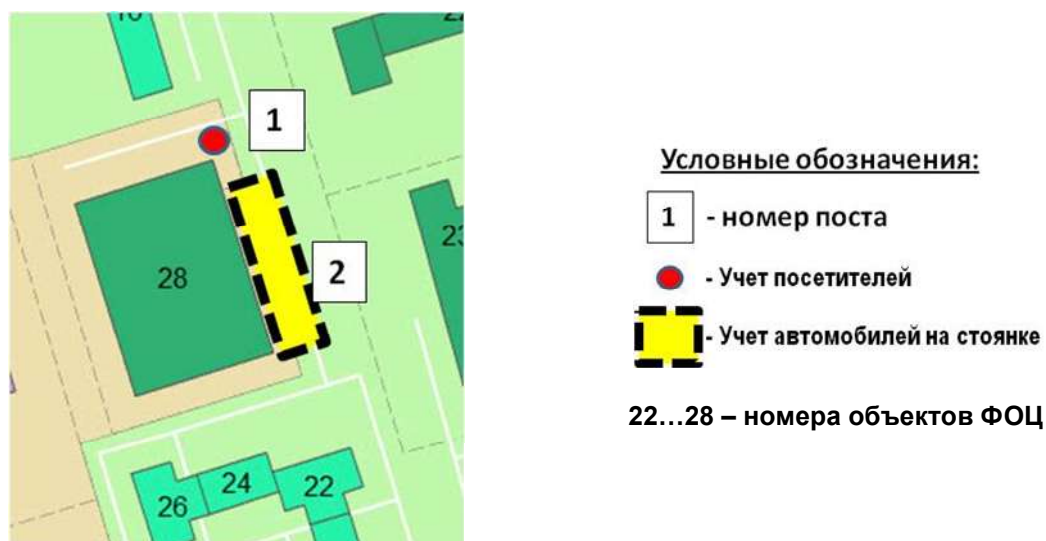


Рис. 1. Общая схема зоны физкультурно-оздоровительного центра (ФОЦ)

В ходе эксперимента и последующей обработке данных эксперимента были выявлены характеристики функционирования рассматриваемой территории. Так, например, число транспортных средств въезжающих или выезжающих на(или с) рассматриваемую(ой) территорию(и) могут дать представление о распределении транспортной нагрузки (рис. 2).

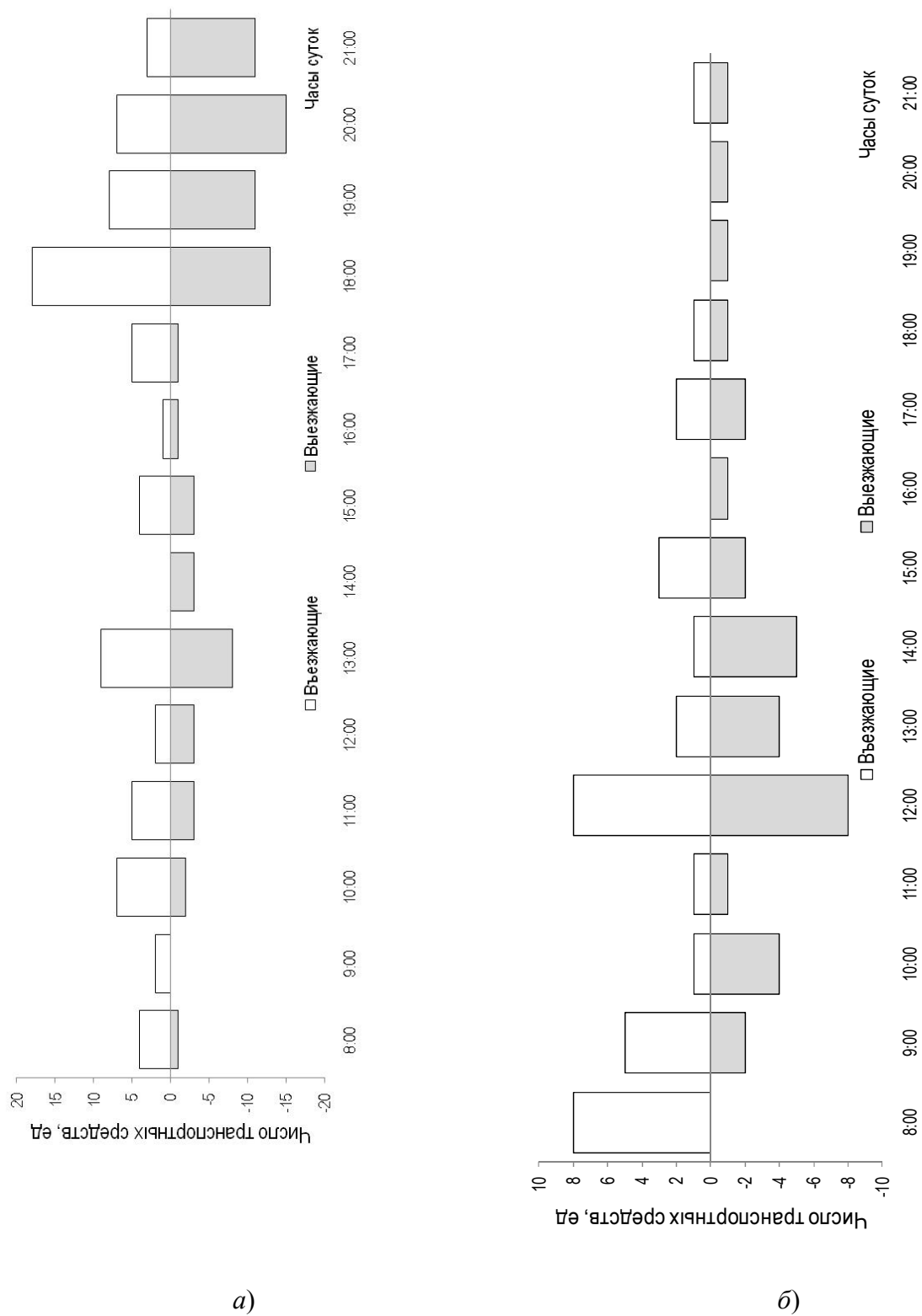


Рис. 2. Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств ФОЦ по часам суток: а) будний день (четверг); б) выходной день (суббота)

Из представленного рисунка, можно сделать вывод об увеличении активности въезда на территорию и выезда с неё на индивидуальном транспорте в вечерние часы «пик» примерно с 18 до 20 часов в будние дни и с 8 до 12 часов – в выходные дни. Всплеск активности посетителей рассматриваемого объекта после 18 обусловлен окончанием рабочего дня, когда работающее или учащиеся проводят досуг в спортивных секциях, спортивных залах. Активность в утренние часы выходного дня обусловлена отсутствием занятости в первой половине дня. Общее число автомобилей тяготеющих к ФОЦу за период обследования составило 80 ед, в будний день и 33 в выходной при этом среднее наполнение транспортных средств составило 1,53 чел. и 1,32 соответственно, следовательно, можно утверждать, что рассматриваемый объект генерирует примерно 122 человека в сутки на личных автомобилях в будний день и 44 человека в выходной день. Следует отметить, что посещаемость ФОЦ в будний день на индивидуальном транспорте почти в 3 раза выше, чем в выходной день. Одновременно с этим, пик прибытия в будний день приходится на вторую половину дня, а в выходной на первую.

Число одновременно припаркованных автомобилей (рис 3) в будний день на протяжении всего дня остается примерно одинаковым около 10 автомобилей, что составляет примерно треть от пиковой загрузки парковки возле ФОЦа. Максимальная загрузка парковки наблюдается в 19 часов, что соответствует началу работы большинства спортивных секций в ФОЦе. В выходной день максимальная загрузка 13 автомобилей наблюдается в первой половине дня, затем спадает.

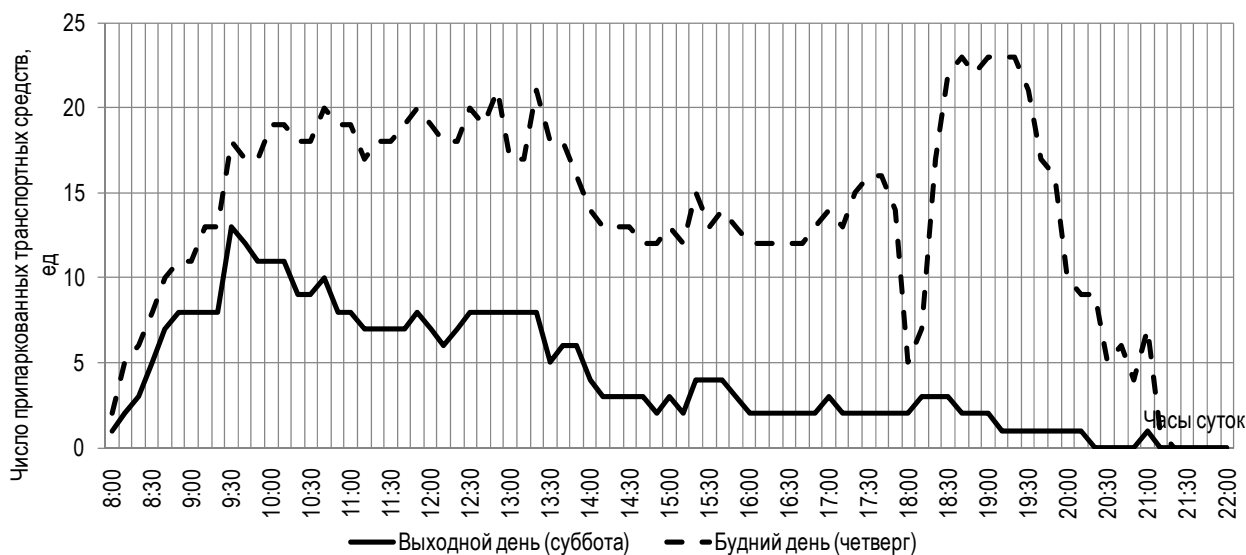
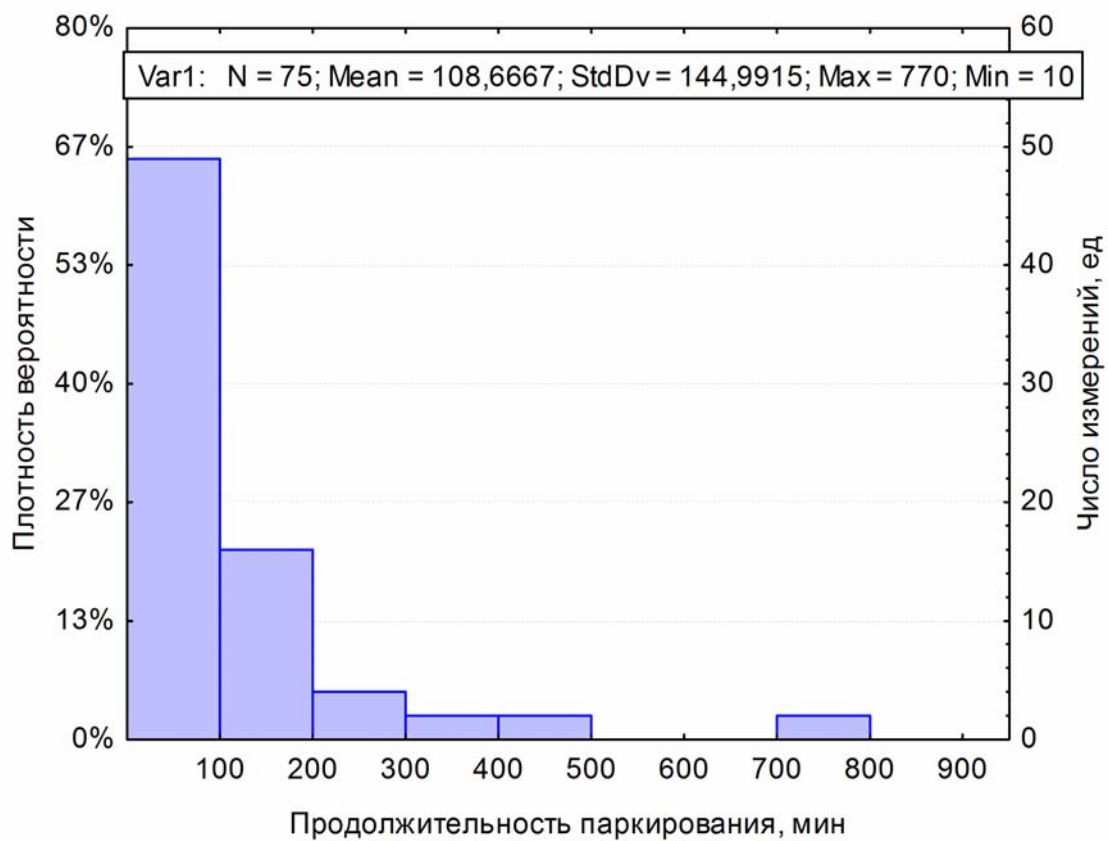


Рис. 3. Распределение числа припаркованных транспортных средств возле ФОЦа

Для выявления особенностей использования территории одним из наиболее важных показателей считается продолжительность парковки транспортных средств. Этот показатель может лежать в основе расчета необходимого числа мест для парковки, и соответственно при оценке уровня обслуживания территории (LOS). Учитывая, что современный уровень автомобилизации требует достаточно высокого уровня обслуживания автомобилистов, то такие исследования должны производиться повсеместно с целью выявления средней продолжительности парковки и плотности вероятности продолжительности паркования, в данной статье, приводится частный пример (рис 4). Из рисунка видно, что подавляющее большинство автовладельцев – 66 % в будние дни и 55 % в выходные дни нуждаются в свободном месте для паркования не более чем на 100 минут, желающих воспользоваться парковкой примерно на три часа всего 25 % в будние в выходные дни, а вот те, чей автомобиль простоял весь день (свыше 10 часов) оказалось 5 % в будний день, по всей видимости, это транспорт персонала ФОЦа и в выходной день не более 7 часов, только 6 %.

a)



б)

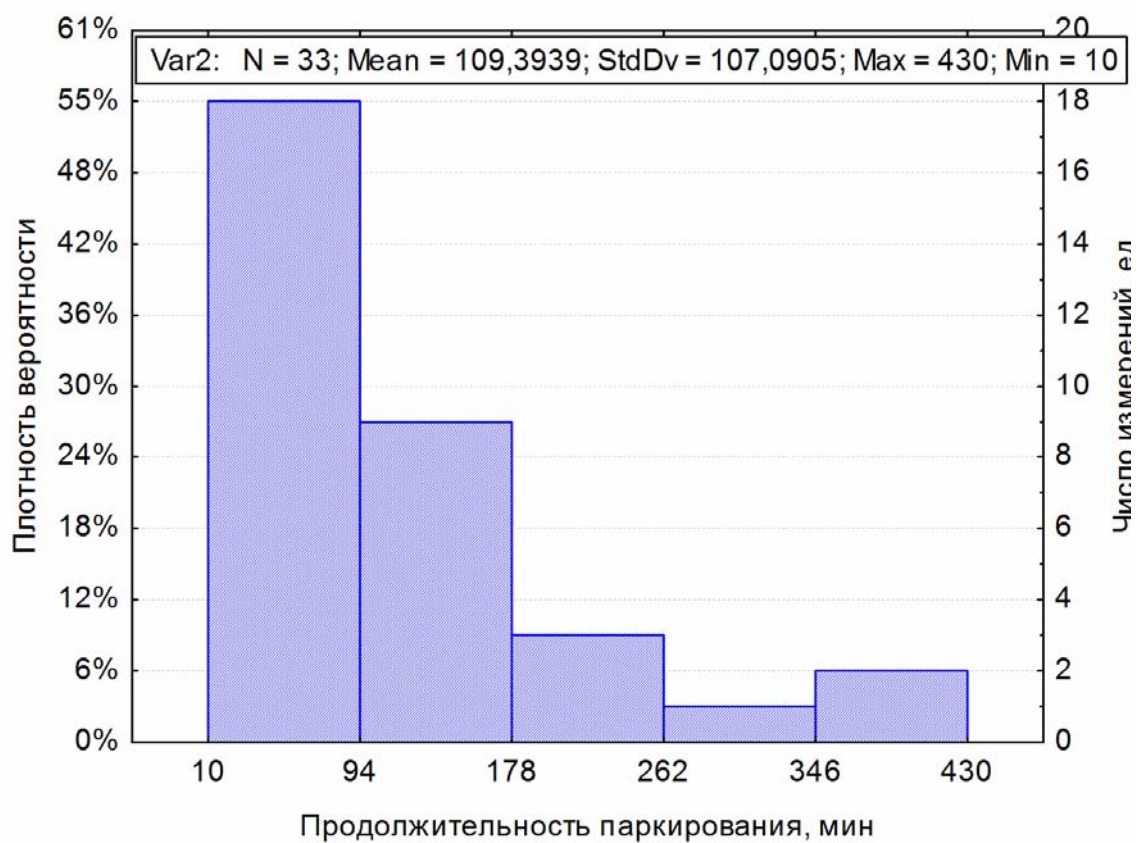


Рис. 4. Распределение продолжительности парковки транспортных средств возле ФОЦа:
а) будний день (четверг); б) выходной день (суббота)

Общее число посетителей, рассматриваемого объекта в течении суток приведено на рис. 5. Исходя из графика, наибольшая активность наблюдается с 18 до 20 часов.

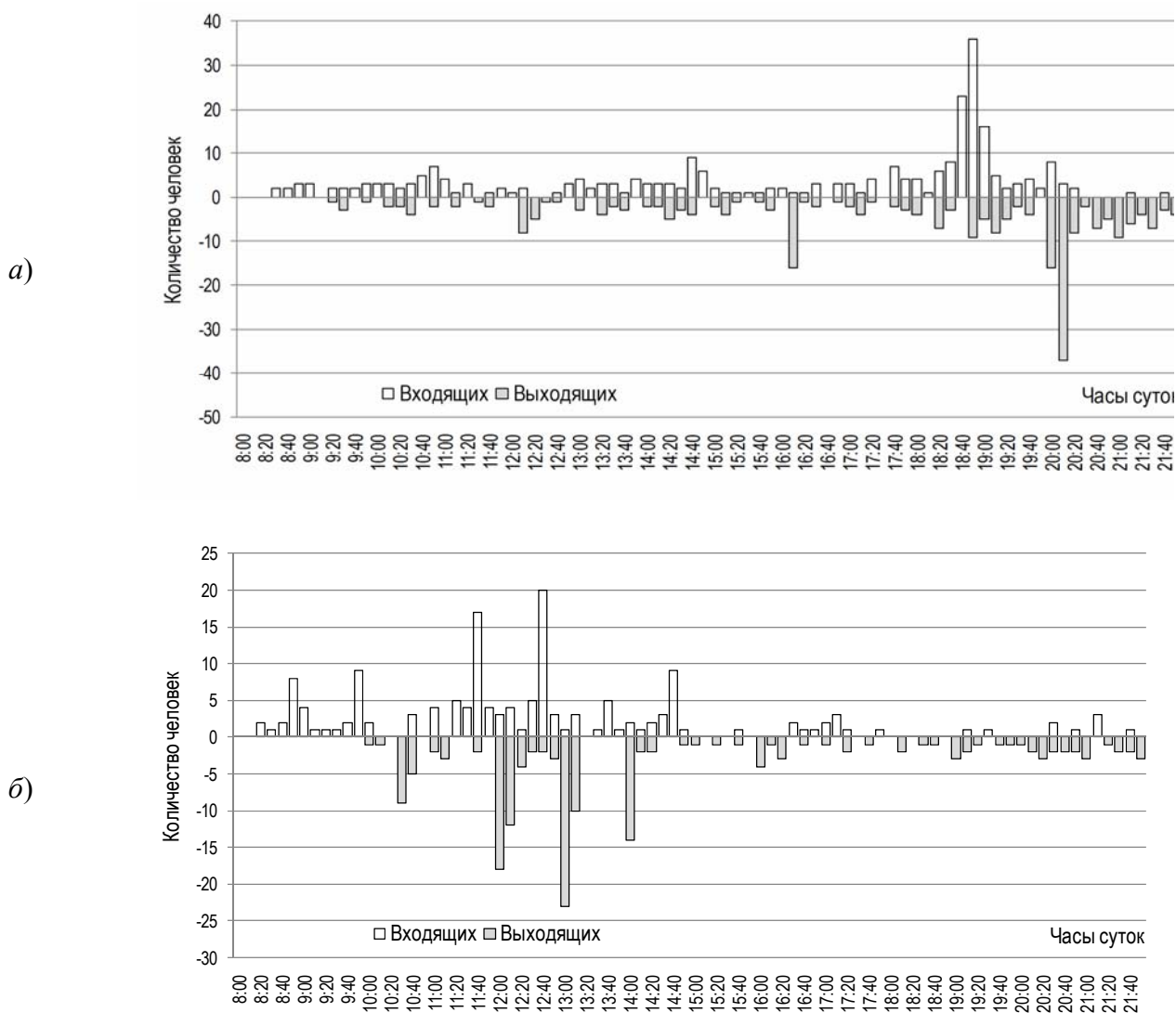


Рис. 5. Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток:
а) будний день (четверг); б) выходной день (суббота)

Общее число вошедших и вышедших человек в пределах рассматриваемой территории за период обследования составило 266 человек в будний день и 150 в выходной день, при этом, учитывая, что 122 и 44 человека соответственно в будний и выходной день из них прибыло на личных автомобилях, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 140 и 106 в будний и выходной день без использования личного транспорта (рис. 6).

Следует отметить, что доля посетителей ФОЦа на индивидуальном транспорте в выходные дни сократилась на 20 % относительно будних дней, следовательно можно предположить, что примерно у 20 % посетителей ФОЦ является промежуточным пунктом в цепочке дневных передвижений.

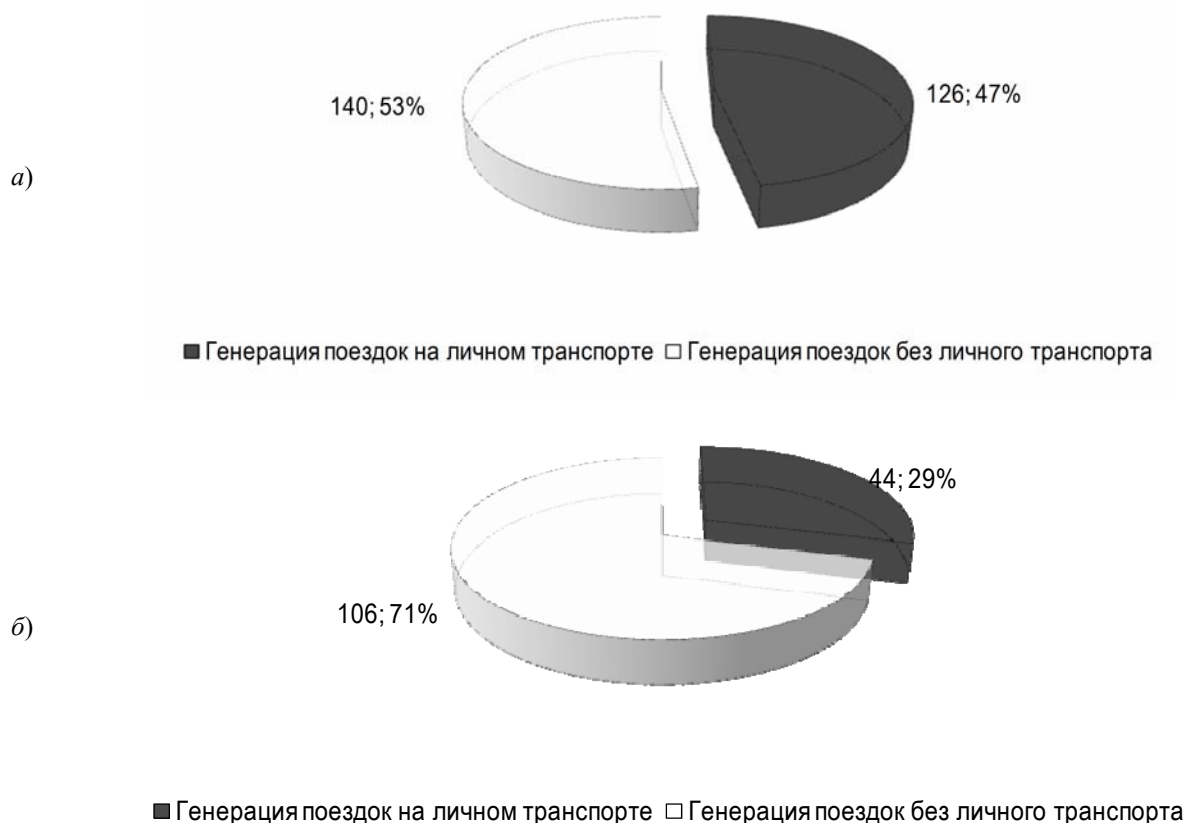


Рис. 6. Распределение генерации поездок:
а) будний день (четверг); б) выходной день (суббота)

Следует отметить, что распределение генерации поездок без использования личного транспорта может быть осуществлена с использованием общественного транспорта или пеших корреспонденций.

Основным итогом проделанной работы можно считать полученные распределения продолжительности парковки, общего числа тяготеющих людей на индивидуальном транспорте по часам суток, а так же выявленный объем генерации, создаваемый ФОЦом (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели генерации на территории торгового центра, включающим в себя различные объекты тяготения

Объект	Площадь основания, м ²	Число этажей	Общая площадь	Объем генерации, чел/сут		Удельный объем генерации, чел/м ²	Удельный объем генерации, м ² /чел
				На инд. тр.	Без инд. тр.		
ФОЦ(четверг)	2500	1	5000	126	140	0,053	18,79
Сумма	2500	-	5000	266		-	
ФОЦ(Суббота)	2500	1	5000	44	106	0,03	32,5
Сумма	2500	-	5000	150			

Тематика дальнейших исследований может быть направлена на выявление основных характеристик физкультурно-оздоровительных центров имеющих другие спортивные секции, площадь, высотности, а также в будние и выходные дни.

Литература

1. Trip Generation, 8th Edition. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers (ITE), 2008.
2. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.
3. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. – М.: Транспорт, 1990.–240 с.
4. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М.: Высш. Школа, 1980. – 535 с.

УДК 656.13

Петрович М.Л., инженер, зам. генерального директора института, ЗАО «Петербургский НИПИГрад» (Санкт-Петербург)

О ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Mikhail Petrovich, deputy director of JSC Petersburgskiy NIPiGrad

TERMINS DEFINITION FOR DRAFTING URBAN TRAFFIC SYSTEM

Задача преобразования транспортных систем городов с настройкой на новые потребности общества, более сложную структуру подвижности, более высокий уровень безопасности требует для своего решения восстановления и дальнейшего развития понятийного аппарата системы городского движения.

Проблема заключается в том, что в последние годы активно развивалось законодательство и нормативно-техническая база, связанная со строительством автомобильных дорог, а тема строительства городских улиц, организации движения в городах отстала в своем развитии. Так, Свод Правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [1] несмотря на то, что он утвержден в 2011 году, фиксирует понимание транспортной системы города на уровне 1980-х годов. Учебные пособия и методические рекомендации по планированию и проектированию городских улиц, организации движения в городах, написаны в 1960–1980-х годах. Попытки применения для городских условий существующей нормативной базы, относящейся к автомобильным дорогам, показывает ее полную несостоятельность. Отнесение городских улиц к категории автомобильных дорог (такая практика применяется во многих городах для решения проблем финансирования эксплуатации и строительства улиц) приводит, по меньшей мере, к двум противоречиям: а) оценка эффективности дороги – с одной стороны – базируется на простых зависимостях – чем быстрее и безопаснее осуществляется передвижение из пункта А в пункт Б, тем выше качество дороги. У городской же улицы есть очень сложные социальные функции, функции организации пространства застройки, экологического канала, поэтому для улицы критерии оценки качества более сложные, поскольку для улицы недостаточно быть просто дорогой из пункта А в пункт Б. К сожалению, современной системы критериев для уличной сети нет; б) второе противоречие – улица имеет более сложный состав объектов, ее образующих, более частый шаг пересечений, более сложный состав движения, что не поддерживается нормами для автомобильных дорог. Пешеход на улице – законный субъект и один из главных участников движения. На автомобильной дороге главный участник движения – автомобиль. На автомобильной дороге нет места для трамвая и тротуаров.

Проблема отставания нормативной базы городского транспортного планирования сдерживает разработку отдельных проектов, и сдерживает создание современного российского законодательства, поддерживающего развитие транспортных систем городов и регионов.

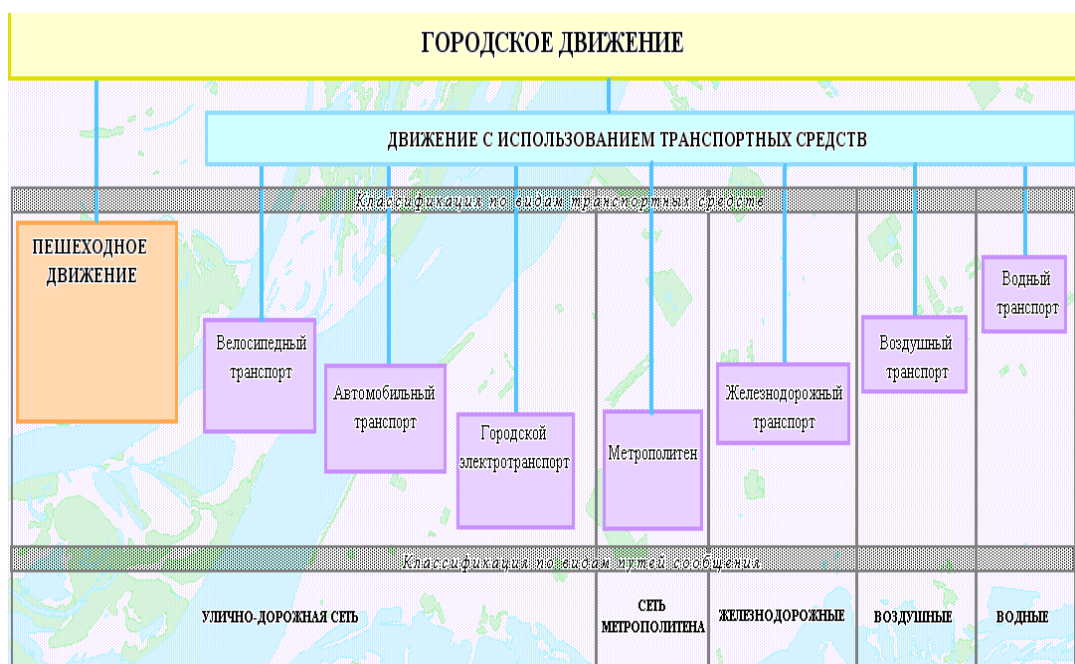
Исследование проблемы показывает, что начинать решение проблемы необходимо с восстановления понятийно-терминологического аппарата, характеризующего городское движение. В его основу должны быть положены следующие актуализированные понятия и термины: город, поселение, населенный пункт, территориальная транспортная система. Рассмотрим их.

Город, поселение – те социальные единицы, потребности которых в качественном функционировании определяют цели развития транспортной системы. Например, столичный город должен иметь связи со всеми городами своей страны и столицами других государств, чем выше доступность и надежность транспортной системы столицы, тем выше ее качество. А город-курорт должен развивать свою транспортную систему как рекреационную, тщательно отделяя внешние коммуникации от внутригородских, отдавая преимущество пешеходам, легким видам транспорта и т. д. Цели развития определяются стратегическим планом развития города, задачи его развития – генеральным планом и (или) схемами территориального планирования. Вне этих документов «наладка» транспортной системы носит ситуативный характер, а капиталовложения в транспортные объекты не становятся настоящим капиталом для развития города.

Территориальная транспортная система – это понятие, необходимое для фиксации объекта планирования. По нашему представлению [2,3,4], в нее должны включаться все объекты транспортной инфраструктуры, не зависимо от их принадлежности (муниципальные, региональные, государственные, частные). Только комплексное планирование, постоянный поиск баланса интересов всех заинтересованных лиц позволят обеспечить реальное улучшение транспортной ситуации, реализовать стратегию развития города. Территориальная транспортная система может рассматриваться на уровне поселения, города, городского округа, региона, части региона (агломерации). Обязательным условием для ее выделения должно быть наличие органа власти, на уровне которого происходит поиск баланса интересов и который следит за сохранением этого баланса. Это может быть орган местного самоуправления и может быть орган регионального управления. Практика показывает, что наибольший эффект в развитии транспортных систем дает государственно-муниципальное партнерство с участием ассоциаций – представителей бизнеса.

Первые два ключевых понятия дают возможность говорить о понятии городского движения. Понятие используется в учебной литературе достаточно давно [5]. Однако, новые социально-экономические условия требуют развития этого понятия. Это движение, обеспечивающее жизнедеятельность города, поселения, территории, реализацию их стратегий развития. В его состав, по нашему представлению, входят следующие виды движения. На уровне 1 выделяется движение пешеходное и движение с использованием транспортных средств (дискуссионным остается выделение на уровне 1 в особый класс движения с использованием «бескорпусных» транспортных средств); на уровне 2 – движение по улично-дорожной сети, движение по сети метрополитена (и приравненных к нему видов транспорта), по железнодорожным, воздушным и водным путям сообщения. На уровне 3 движение по улично-дорожной сети можно разделить на движение с помощью городского рельсового транспорта (трамвая) и троллейбуса, автомобильного транспорта, велосипеда (см. диаграмму на рисунке).

В свою очередь, перечисленные виды транспорта могут быть в государственной, муниципальной, частной собственности, а также могут быть общего и необщего пользования. Отметим, что «необщее пользование» также имеет внутреннюю структуру – есть автомобили-такси, есть ведомственные автомобили, выполняющие разнообразные функции (выполнение государственных и муниципальных функций по обеспечению безопасности жизнедеятельности и выполнения других функций органов власти, функции пассажирских и грузовых перевозок, функции «полуобщественного» транспорта – такси и маршрутного такси и т. д.).



Виды городского движения

Имея приведенную выше структуру, можно обеспечить переход к определению характеристик каждого вида движения, качества их взаимодействия в территориальной транспортной системе, качества территориальной транспортной системы в целом. В эту структуру хорошо укладываются понятия «автомобильное движение», «движение транспортных средств индивидуального/общественного транспорта», «пассажиропотоки на индивидуальном/общественном транспорте».

Диагностика современного состояния городского движения на основе системного представления о позволяет выявлять «узкие места» не только на плане города, но и в системе организации движения всех видов транспорта, в системе взаимодействия разных видов движения, обоснованно подходить к планированию капиталовложений в развитие территориальной транспортной системы.

Одним из первых шагов по применению понятийного аппарата могло бы стать его использование при подготовке Закона «Об организации дорожного движения», направленного на повышение эффективности и безопасности работы транспортных систем городов России. Мы видим необходимость и в разработке более общего Закона, касающегося отношений между участниками всех видов городского движения с названием «Об устойчивом развитии территориальных транспортных систем Российской Федерации».

Литература

1. Свод правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», СП 42.13330.2011
2. Стадийность проектирования при профессиональном подходе к решению транспортных проблем городов. Редакционная статья. // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. Научные материалы XV международной (восемнадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции – Екатеринбург, 2009
3. Петрович М.Л. О понятиях улица, дорога и улично-дорожная сеть // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. Научные материалы XIV международной (семнадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции – Екатеринбург, 2008
4. Петрович М.Л. Территориально-транспортное планирование – новый элемент стратегического планирования // Управление развитием территории. М. ГИС-ассоциация. – 2009. – №3. – с.23-26.
5. Самойлов Д.С., Юдин В.А. Организация и безопасность городского движения. Учебник для вузов. М., «Высшая школа», 1972

УДК 657.051

Плотников А. М., канд. техн. наук, доцент СПбГАСУ, генеральный директор ООО «СПбГАСУ-ТУДД», в.н.с. института БДД (Санкт-Петербург)

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА ОДНОУРОВНЕВЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ С «НЕУРАВНОВЕШЕННЫМ» ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЕМ ВСТРЕЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

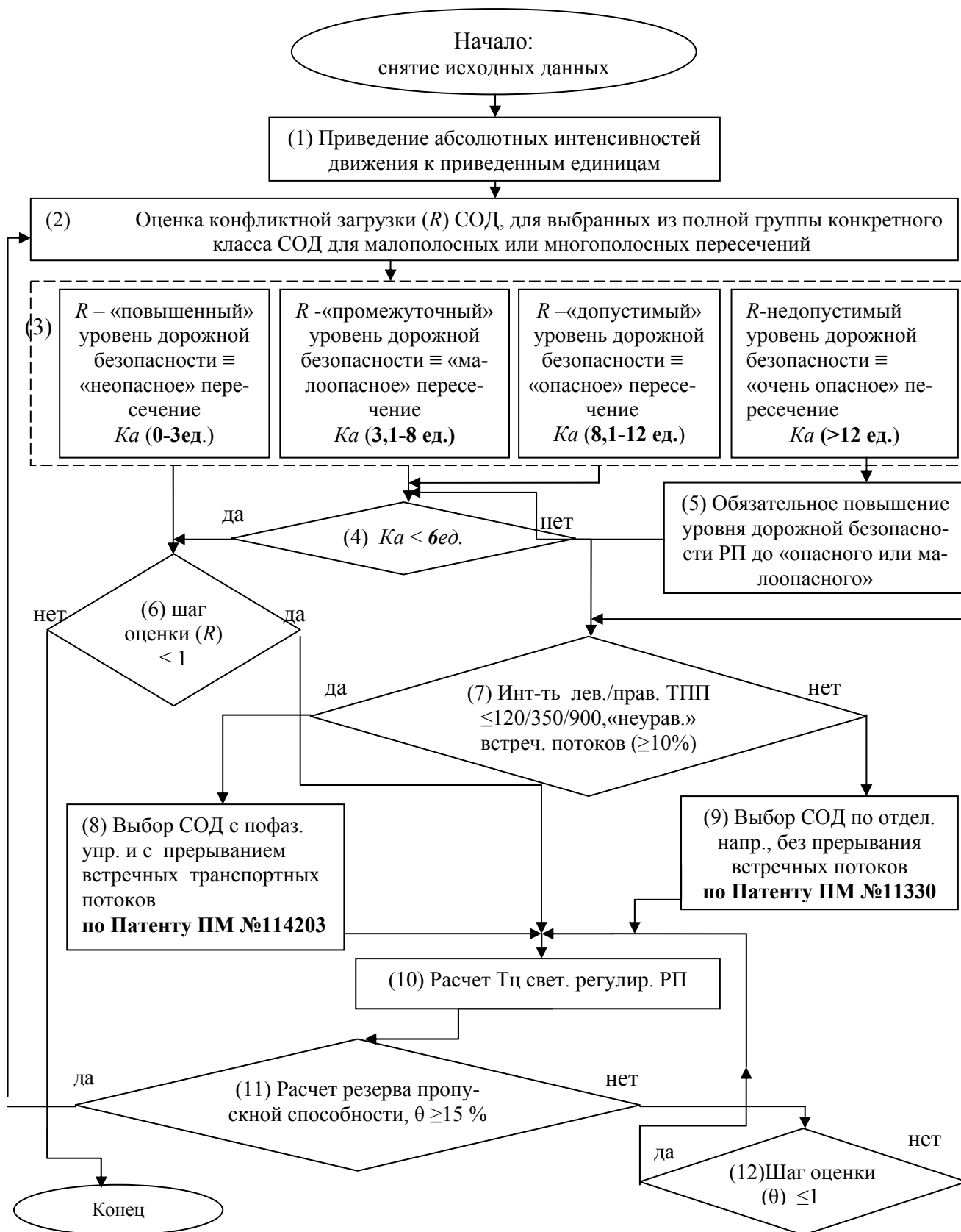
Излагается методика повышения эффективности систем управления дорожным движением на одноуровневых регулируемых пересечениях с «неуравновешенными» по интенсивности прямыми встречными транспортными потоками, по критериям обеспечиваемой безопасности дорожного движения и пропускной способности.

Plotnikov A. M., general director of company of Traffic management technology, leading research assistant Institute of Traffic Safety, Ph. D., senior lecturer,; Saint-Petersburg

METHOD OF IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF TRAFFIC MANAGEMENT ON SINGLE-LEVEL INTERSECTIONS WITH UNBALANCED INTENSITY COUNTER TRAFFIC

Методика обеспечивает решение локальных задач повышения безопасности движения на отдельно взятом перекрестке, как базовом модуле улично-дорожной сети (УДС), на стадии проектирования схем организации дорожного движения (СОД). Такой подход обеспечивает многовариантность разрабатываемых СОД для одноуровневого регулируемого перекрестка (РП) с разными уровнями требований к обеспечиваемой безопасности движения. Такая постановка позволяет сначала оценить каждый разрабатываемый или модернизируемый регулируемый перекресток в терминах «допустимый-», «повышенный-» или «промежуточный» уровни требований к дорожной безопасности с последующей реализацией его соответственно по критериям «допустимого», «полного» или «частичного» отсутствия конфликтных точек в пересекающихся транспортно-пешеходных потоках на РП [1-5].

Традиционно последовательность оценки транспортной эффективности управления дорожным движением на перекрестках осуществляется с оценки их пропускной способности с последующей сравнительной оценкой их расчетного уровня безопасности движения и фактического, устанавливаемого по результатам ДТП. Однако сохраняющийся высокий уровень аварийности в России объясняет перенос акцентов в сторону приоритетов безопасности дорожного движения. С этой целью этот уровень оценивается на стадии проектирования не словами «повысить» - «понижить», а в цифровом выражении в долях от нормативного показателя Ka , характеризующего степень обеспечения безопасности движения на пересечении [6]. Для этого при проектировании СОД минимизируется их конфликтная нагрузка (R) [7,1], эквивалентная степени обеспечения безопасности движения на пересечении Ka [6,8] при ограничении времени цикла регулирования временем «терпеливых» ожиданий водителей (≤ 120 с) и пешеходов (≤ 40 с). Расчетная величина оценки конфликтной нагрузки R сравнивается с действующими значениями показателя Ka или с «заданным» заказчиком – требуемым – показателем безопасности движения. Организация такого процесса проектирования СОД перекрестка, с применением результатов интеллектуальной деятельности (см. [9,10]) представлена на рисунке его обобщенной блок-схемой. Методика реализуется для заданных базовых информационных данных перекрестка – планировочных характеристиках, техническом оснащении средствами организации дорожного движения, существующих СОД и режимах регулирования движением и интенсивностях движения транспортных и пешеходных потоков.



Обобщенная блок-схема методики проектирования СОД перекрестка

Первый этап методики (блок 1) - приведение всех интенсивностей движения транспортных средств на перекрестке к условным единицам согласно СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги.

Второй этап (блок 2) – оценка конфликтной загрузки схемы организации движения (R) на перекрестке для трех вариантов задачи – по нормативу показателя Ka , [8], по величине конфликтной загрузки второй – для R , [7,1] и для двух модификаций расчета R и R_{\max} – с использованием, и без использования статистических данных об интенсивностях движения транспортно-пешеходных потоков (ТПП).

В первой модификации оценка конфликтной загрузки R для СОД рассчитывается по пиковым интенсивностям ТПП в конфликтующих направлениях движения на перекрестке по следующей формуле:

$$R = 1,7 \sum_1^{\Pi} \frac{N_{i\Pi} N_{j\Pi}}{(N_{i\Pi} + N_{j\Pi})^2} + \sum_1^C \frac{N_{iC} N_{jC}}{(N_{iC} + N_{jC})^2} + 0,3 \sum_1^O \frac{N_{iO} N_{jO}}{(N_{iO} + N_{jO})^2} + 3 \frac{N_{d1} N_{d2}}{(N_{d1} + N_{d2})^2}, \quad (1)$$

где Π , C и O – число конфликтных точек соответственно пересечения («транспорт-транспорт» и «транспорт-пешеход»), слияния и отклонения, по которым определяются пределы суммирования слагаемых; $N_{i\Pi}$ и $N_{j\Pi}$ – интенсивность движения соответственно транспортных потоков (ТП) i и j , образующих конфликтную точку пересечения (в том числе и пешеходных потоков с ТП, интенсивность пешеходных потоков берется уменьшенной в 4 раза), ед./ч.; N_{iC} и N_{jC} – интенсивности движения соответственно ТП i и j , образующих конфликтную точку их слияния, ед./ч.; N_{iO} и N_{jO} – интенсивности движения соответственно ТП i и j , образующих конфликтную точку их ответвления, ед./ч.; N_{d1} и N_{d2} – суммарные значения транспортных потоков на подходах к стоп-линиям в прямом и обратном направлениях по каждой из пересекающихся двух дорог, образующих одноуровневое пересечение; весовой коэффициент четвертого слагаемого 3 получен суммированием первых трех весовых коэффициентов слагаемых, уменьшенных (по практическому опыту) в три раза относительно известных в [7,1].

Вторая модификация оценки конфликтной загрузки R рассчитывает оценку предельно допустимых R_{\max} уровней дорожной безопасности СОД для пересечений по упрощенной формуле, которая вытекает из формулы (1) и зависит только от числа и вида конфликтных точек. Упрощенная формула пригодная для инвентаризации любых одноуровневых пересечений, имеет вид:

$$R = 1,7 \sum_1^{\Pi} 0,25 + \sum_1^C 0,25 + 0,3 \sum_1^O 0,25 + 0,75, \quad (2)$$

где Π , C и O – число конфликтных точек соответственно пересечения «транспорт-транспорт» (в том числе и «транспорт-пешеход»), слияния и отклонения; коэффициент 0,25 – соответствует верхним пороговым значениям диагонали матрицы для каждой функции слагаемых из двух равных по интенсивности переменных формулы (1).

Для проведения расчетов по формуле (2) достаточно иметь чертеж СОД пересечения с направлениями движения ТПП с числом конфликтных точек на них и классификацией по видам.

Количество и тип конфликтных точек, определяющих уровень дорожной безопасности СОД через конфликтную загрузку R перекрестка, или показатели опасности пересечения Ka позволяют эти оценки тождественно объединить для использования в блоке 3 (см. рисунок) через нормативные значения [6].

Если оценка (R) для СОД в блоке 2 дала число «неопасного» пересечения для блока 3, то последний разрешает переход в блок 6. Переходы из блока 3 в блок 6, так же происходят через блоки 4 и 5, когда достигаются для R уровни «опасного» и «малоопасного» пересечений, но через проверку на «заданный» уровень безопасности в блоке 4, если он заказчиком

повышен («ужесточен») до промежуточного уровня с $R \leq 6$ ед. Если расчетный показатель конфликтной загрузки блока 2 имеет «очень опасное» пересечение ($R > 12$ ед.), то переход из блока 5 осуществляется через блок 4 в блок 6 после выполнения обязательного повышения безопасности на перекрестке до «заданного» уровня в блоке 5.

Если в блоке 6 идет 1-й шаг оценки, то принимается решение «да» с последующим переходом в блок 10. В нем для соответствующих СОД производится расчет длительности элементов светофорного цикла и величины резерва пропускной способности перекрестка (например, по формулам Вебстера [1,7]). При этом обязательным в методике является контрольный расчет в блоке 11 транспортной эффективности перекрестка по резерву ($\theta \geq 15\%$) пропускной способности СОД. Завершение первого этапа проектирования СОД происходит при выполнении в блоке 11 условия «да» с переходом в блок 2 и достижением проверочной оценки уровня безопасности $R \leq 3$ ед. Этот уровень можно считать соответствующим концепции «нулевой смертности» на дорогах в приложении к перекресткам [1-5]. Переход в блок 6 на 2-м шаге с условием «нет» ведет в «конец» цикла первого этапа проектирования СОД.

В случае, когда в блоке 11 рассчитанное значение резерва пропускной способности РП дает условие «нет» – следует переход в блок 12. В нем если переход на 1-м шаге дает «да», то идет переход в блок 10 для незначительных коррекций цикла и его элементов с целью получения в блоке 11 выхода «да» – «заданного» резерва пропускной способности РП для завершения цикла по аналогии, описанному ранее. Если в блоках 11 и 12 выполняются условия «нет», но на 2-м шаге, то осуществляется переход в блок 7 по аналогии перехода из блока 4 при условии «нет». В блоке 7 производится детальный анализ всех интенсивностей движения ТПП. Устанавливается допустимость интенсивности левоповоротных потоков на конфликт со встречными потоками, а также на допустимость конфликта транспортных потоков с пешеходными потоками [1,7,9] и определяется наличие или отсутствие «неуравновешенности» по интенсивности движения у встречных транспортных потоков [10]. Результат позволяет выбрать целесообразный принцип управления [1], который более эффективен и может применяться на РП (блок 8 - с типовым управлением или блок 9- с нетиповым управлением). При условии «да» в блоке 7 выбирается блок 8 с типовым пофазным разъездом транспортных средств. Последний реализуется транспортными светофорами без добавочных секций типа Т.1, когда длительности горения основных тактов зеленых сигналов светофоров по всем направлениям движения транспорта в каждой фазе одинаковы и настроены на максимально загруженное направление в конкретной фазе. При условии «нет» в блоке 7 идет переход в блок 9 и выбирается нетиповой принцип управления движением по отдельным направлениям. Он реализуется транспортными светофорами с добавочными секциями типа Т.1.пл, Т.1.п или Т.1.л (по ГОСТ Р 52282–2004), когда длительности горения основных тактов зеленых сигналов светофоров для отдельных направлений движения транспорта в каждой фазе пропорциональны транспортной загрузке [9].

Традиционно малополосные РП используют СОД с пофазным управлением (блок 8), для которых внедрение бесконфликтного регулирования без особых приемов проблематично. В качестве особого приема повышения транспортной эффективности в блоке 8 (на 10 % и более) используется «неуравновешенность» по интенсивности движения у встречных транспортных потоков, когда в блоке 7 выполняется условие «да» и срабатывает инновационный вариант по патенту [10]. Он снижает имеющуюся конфликтную загрузку (R) на определенную величину времени цикла светофорной сигнализации путем устранения на это время части конфликтных точек. Величина снижения последней зависит от отношения дроби, где в числителе разность между величинами времени требуемого горения зеленого сигнала более и менее интенсивных прямых встречных потоков, а в знаменателе время более интенсивного встречного транспортного потока. В блоке 8 производится прерывание «красным сигналом» транспортного светофора Т.1 менее интенсивного прямого направления в СОД на величину интервала разницы времени требуемой для горения зеленых сигналов встречных прямых потоков. После этого в направлении с более интенсивным движущимся прямым потоком другие маневрирующие влево транспортные потоки не будут иметь конфликтных то-

чек «транспорт-транспорт», а поворачивающий транспорт направо и налево может не иметь конфликтных точек «транспорт-пешеход» определенное время в зависимости от требуемого пешеходами времени для перехода улиц. Для выбранных блоками 8 и 9 соответствующих СОД в блоке 10 производится расчет длительности элементов светофорного цикла и величины разрыва пропускной способности перекрестка, а расчет транспортной эффективности перекрестка по резерву его пропускной способности идет в блоке 11 по аналогии с описанным ранее сценарием.

Окончанием проектирования СОД является выполнение в блоке 11 условия «да» и достигнут через блок 2, 3 «повышенный уровень обеспечения безопасности» или «заданный» уровень безопасности – желательный предел дорожной безопасности согласно концепции «нулевой смертности» на пересечении [1,2,5], а через блок 6 – выход на оператор «конец».

Процесс проектирования по описанной методике может завершаться и раньше – при достижении «допустимого» уровня требований к обеспечению дорожной безопасности, если статистика ДТП на перекрестке не требует ужесточения «заданного» на нем уровня безопасности, тогда блок 4 в методике отсутствует.

Анализ статистики результатов расчетов показателей опасности пересечений Ka для реальных перекрестков по первой методике [6,8], а конфликтной загрузки R по второй – [7,1] приводит к выводам:

- первый вариант решения задачи (по нормативу Ka) демонстрирует полное благополучие по ДТП на пересечениях РФ, так как большинство одноуровневых перекрестков соответствуют «неопасным» и «малоопасным» пересечениям по действующим нормативам [6] и с безопасностью на перекрестках России «все хорошо»;
- второй вариант (для R) показывает, что в основном все одноуровневые перекрестки попадают в зону «очень опасных», что требует запрета их эксплуатации с немедленной остановкой на модернизацию.

Такие выводы показывают, что оба эти варианта морально устарели и требуют их доработки с проведением необходимых научных исследований для выработки новых нормативных рекомендаций. Подтверждением этому служит реальное состояние с обеспечением безопасности дорожного движения в России. Статистика смертности на всю УДС Российской Федерации в 2010 и 2011 годах от дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом составляет соответственно: в Санкт-Петербурге – 397 и 471 человек, а по РФ – 26567 и 27953 человек. К главным звеньям УДС, генерирующим ДТП, по литературным источникам и статистике ГИБДД относятся города и населенные пункты, на которые приходится около 75 % от общего числа ДТП в год. Из полученной части на одноуровневые перекрестки приходится до 50% ДТП со смертельным исходом. Только от вносимого вклада в аварийность перекрестками страна потеряла в 2011 году: в Санкт-Петербурге: – $(471 \times 50 \%) \sim 236$ человек, а Российская Федерация: – $(27953 \times 75 \% \times 50 \%) \sim 10483$ человека. Проектные цифры, намечаемые Федеральной целевой программой (ФЦП) «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» ставят задачу снижения числа ДТП со смертельным исходом на 25 % относительно базового 2010 года по всем направлениям, влияющим на смертность в системе «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда».

Снижение числа ДТП на 25% только на перекрестках – сохранит жизнь в Санкт-Петербурге – $(236 \times 25 \%) \sim 59$ человек, а в Российской Федерации – $(10483 \times 25 \%) \sim 2621$ человеку относительно потерь 2011 года.

Экономический эффект от изложенной методики упрощенно можно оценить, если не допустить гибели указанного выше числа Российских граждан. Для этого воспользуемся Руководством [11], по которому – на один смертельный исход по причине ДТП в России, принята величина социально-экономического ущерба на 2010 год в $\sim 9,3$ млн руб.

Следовательно, экономический эффект от снижения ДТП со смертельным исходом на 25 % только от аварийности на регулируемых перекрестках в Санкт-Петербурге будет равен ~ 549 млн руб ($59 \text{ чел.} \times 9,3 \text{ млн руб.}$), а в РФ $\sim 24,4$ млрд руб. ($2621 \text{ чел.} \times 9,3 \text{ млн. руб.}$).

Поскольку одноуровневые пересечения в России являются самыми аварийно-опасными элементами УДС, то приведенный в статье методический материал оценки конфликтной загрузки одноуровневых пересечений целесообразно использовать при проектировании в качестве одного из приоритетных целевых индикаторов, направленных на снижение числа ДТП в РФ.

Для этого в рамках выполнения плановых задач ФЦП целесообразно:

- разработать нормативный методический материал многоальтернативного проектирования одноуровневых регулируемых пересечений по теме: Проектирование схем организации движения для регулируемых перекрестков, с оценкой их опасности и оптимизацией пропускной способности в рамках концепции «нулевой смертности». (Методические рекомендации);
- переработать рекомендательный материал [6], сделать его нормативным для РФ с «ужесточением» требований к безопасности дорожного движения для обязательного исполнения проектными организациями и контролем органами ГИБДД.

Литература

1. Плотников А.М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках: учебное пособие для вузов. - С-Пб. Нестор-История, 2010-110 с., 58 ил.
2. Плотников А.М. О приложении концепции «нулевой смертности» на дорогах к задачам разработки схем организации движения на регулируемых перекрестках. Транспорт Российской Федерации. – №2(27). – 2010. – с. 24-27.
3. Плотников А.М. Алгоритмы и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках. Транспорт Российской Федерации. – №5(36). – 2011. – с. 28-30.
4. Плотников А.М., Григорьева В.С, Андреев А.В. Оценка ресурса безопасности дорожного движения на регулируемых перекрестках с надземными переходами. Транспорт Российской Федерации. – №1(38). – 2012. – с. 58-61.
5. Плотников А.М. О неиспользуемом ресурсе модернизации технологий проектирования регулируемых перекрестков. Безопасность дорожного движения: Сборник научных трудов, выпуск 12. – М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2012. – с.106-113.
6. Рекомендации по обеспечению БД на автомобильных дорогах (Росавтодор). Утверждено распоряжением Минтранса России №ОС-557-р от 24.06.2002 г.
7. Организация дорожного движения в городах: Методическое пособие; Под общ. ред. Ю. Д. Шелкова / Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России. – М.:1995.-143с.
8. Лобанов Е.М., Транспортная планировка городов – М.: Транзит, 1990. – 194 с.
9. Плотников А.М., Кравченко П.А., Архестов Р.М., Андреев А.В. «Система управления движением на многополосных перекрестках». Патент на полезную модель №111330. Российская Федерация. Зарегистрирован и опубликован 10.12.2011г. Бюл. №34.
10. Плотников А.М., Кравченко П. А., Архестов Р. М., Григорьева В. С. Система управления транспортными и пешеходными потоками через перекресток. Патент на полезную модель №114203. Российская Федерация. Зарегистрирован и опубликован 10.03.2012 г. Бюлл. № 7.
11. Руководство по устранению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог (вторая редакция). Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), Москва 2008 г.

УДК 656.051

Плотников А. М., канд. техн. наук, доцент, в.н.с. института БДД, генеральный директор ООО «СПбГАСУ-ТУДД», Григорьева В. С., аспирант СПбГАСУ (Санкт-Петербург)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА МАЛОПОЛОСНЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ С «НЕУРАВНОВЕШЕННЫМ» ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЕМ ВСТРЕЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Приводится практический пример использования инновационной методики повышения безопасности дорожного движения на одноуровневых малополосных регулируемых пересечениях транспортно-пешеходных потоков с «неуравновешенным» по интенсивности движением встречных транспортных потоков. Показан социально-экономический эффект от модернизации такого типа пересечений по указанной методике.

Plotnikov A. M., general director of company of Traffic management technology, leading research assistant Institute of Traffic Safety, Ph. D., senior lecturer,; Grigoryeva V. S., post-graduate student, SPbGASU, Saint-Petersburg.

PRACTICAL REALIZATION INCREASING THE EFFICIENCY OF TRAFFIC MANAGEMENT AT INTERSECTIONS WITH SMALL NUMBER LINES WITH UNBALANCED TRAFFIC

Practical example of using of innovative techniques to improve road safety at the controlled intersections with small number lines with unbalanced traffic are presented. Socio-economic impact of the modernization of this technique are represented.

Задачей, решаемой с помощью методики повышения эффективности управления дорожным движением на малополосных перекрестках с «неуравновешенным» по интенсивности движением встречных транспортных потоков является получение минимума числа конфликтных точек между транспортно-пешеходными потоками (ТПП) в режимах «просачивания «транспорт-транспорт» и транспорт-пешеход» при проектировании схем организации движения (СОД) на регулируемых перекрестках (РП) [1,2].

Исследование результатов многовариантного проектирования СОД на РП в целях повышения безопасности дорожного движения для двух известных вариантов решения задачи проектирования [3,4] и нового, третьего варианта дали инновационные результаты [5-7], некоторые из которых используются далее. Первые два варианта известны и не требуют изложения в статье. Третий вариант является модернизированным вариантом оценки конфликтной загрузки R одноуровневых пересечений, причем, в двух его модификациях – определения R и R_{\max} . В первой модификации применяются, а во второй – не применяются данные интенсивностей движения ТПП на перекрестке. Используемый в первом варианте показатель Ka – степень обеспечения безопасности движения на пересечении [3] и величина оценки конфликтной загрузки пересечения во втором варианте R [4,1] являются эквивалентными по физическому смыслу. Это позволяет сравнивать с нормативными показателями Ka [8] оценки второго R [4,1] и третьего вариантов в двух его модификациях R и R_{\max} . Последняя модификация – предельная конфликтная нагрузка одноуровневого пересечения предназначена для текущей оценки и технической диагностики РП.

При расчетных оценках конфликтной загрузки R (ед.) схем организации движения по третьему варианту задачи и в первой модификации используются пиковые интенсивности ТПП по конфликтующим направлениям движения на перекрестке в модернизированной (авторской) формуле общего вида для R :

$$R = 1,7 \sum_1^{\Pi} \frac{N_{iII} N_{jII}}{(N_{iII} + N_{jII})^2} + \sum_1^C \frac{N_{iC} N_{jC}}{(N_{iC} + N_{jC})^2} + 0,3 \sum_1^O \frac{N_{iO} N_{jO}}{(N_{iO} + N_{jO})^2} + 3 \frac{N_{d1} N_{d2}}{(N_{d1} + N_{d2})^2}, \quad (1)$$

где: Π , C , O – число конфликтных точек в различных видах контакта транспорта с транспортом транспорта с пешеходом – пересечениях, слияниях, отклонениях, по которым определяются пределы суммирования слагаемых; N_{iII} и N_{jII} – интенсивность движения соответственно транспортных потоков (ТП) i и j , образующих конфликтную точку пересечения (в том числе и пешеходных потоков с ТП, интенсивность первых берется уменьшенной в 4 раза), ед./ч.; N_{iC} и N_{jC} – интенсивности движения соответственно ТП i и j , образующих конфликтную точку их слияния, ед./ч.; N_{iO} и N_{jO} – интенсивности движения соответственно ТП i и j , образующих конфликтную точку их ответвления, ед./ч.; N_{d1} и N_{d2} – суммарные значения транспортных потоков на подходах к стоп-линиям в прямом и обратном направлениях по каждой из двух пересекающихся в одном уровне дорог; 3 – весовой коэффициент четвертого слагаемого, полученный суммированием первых трех весовых коэффициентов, уменьшенных (по практическому опыту) в три раза относительно исходных [4,1].

Вторая модификация третьего варианта решаемой задачи методики позволяет рассчитывать оценку максимальной конфликтной загрузки R_{\max} , не используя данных по интенсивности ТПП на перекрестке, по упрощенной формуле:

$$R_{\max} = 1,7 \sum_1^{\Pi} 0,25 + \sum_1^C 0,25 + 0,3 \sum_1^O 0,25 + 0,75, \quad (2)$$

где буквенные символы определены в формуле (1). Коэффициент 0,25 – численные верхние пороговые значения диагонали матрицы для каждой функции слагаемых из двух равных по интенсивности переменных формулы (1).

Пример реализации методики повышения эффективности управления дорожным движением на малополосных пересечениях с «неуравновешенными» интенсивностями движений у встречных транспортных потоков поясняют рис. 1–6 Санкт-Петербургского перекрестка наб. Робеспьера – пр. Чернышевского и пр. Чернышевского – ул. Шпалерная. Перекресток относится к разряду сложных и поддается модернизации с применением инновационных решений [6] по повышению обеспечиваемого на нем уровня безопасности дорожного движения.

Особенностью перекрестка с «двухфазным» разъездом является то, что на нем совершаются все виды «просачивания» левоповоротных транспортных потоков (ТП) через встречные потоки и лево- и правоповоротных ТП через пешеходные потоки. Приведенные рисунки не нуждаются в дополнительном комментарии.

Режим цикла работы существующей светофорной сигнализации для двухфазного типа регулирования в статье не приводится. Его длительность равна $T_{\text{ц}}=100$ с и удовлетворяет условиям «терпеливого ожидания» водителей и пешеходов.

Сводные результаты расчета оценки безопасности движения (в ед.) на перекрестке по выше перечисленным вариантам решаемой задачи представлены в табл. 1: показатель опасности пересечения Ka [3] рассчитан по первому, конфликтная загрузка перекрестка R [4,1] по второму вариантам, а конфликтные загрузки R и R_{\max} (вычисляемые по формулам (1) и (2)) по третьему варианту решения задачи.

Таблица 1

Ka [3]	R [4,1]	R	R_{\max}
2,8	13,8	5,2	9,5

В табл.1 полученные показатели по 1-му и 2-му вариантам соответствуют, согласно рекомендуемым градациям опасности пересечений – табл. 2 [8], «неопасному» и «очень опасному» пересечениям. Результат расчета по первому варианту (2,8 ед.) указывает на благопо-

лучше с аварийностью, его можно считать близким к требованиям концепции «нулевой смертности» [1,2], а по второму (13,8 ед.) – указывает на катастрофическое состояние с ДТП на этом перекрестке и требует немедленной его остановки и модернизации! В реальности это не соответствует имеющейся статистике ДТП от УГИБДД МВД РФ по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Ежегодно на данном пересечении в среднем возникает 3 ДТП с пострадавшими.

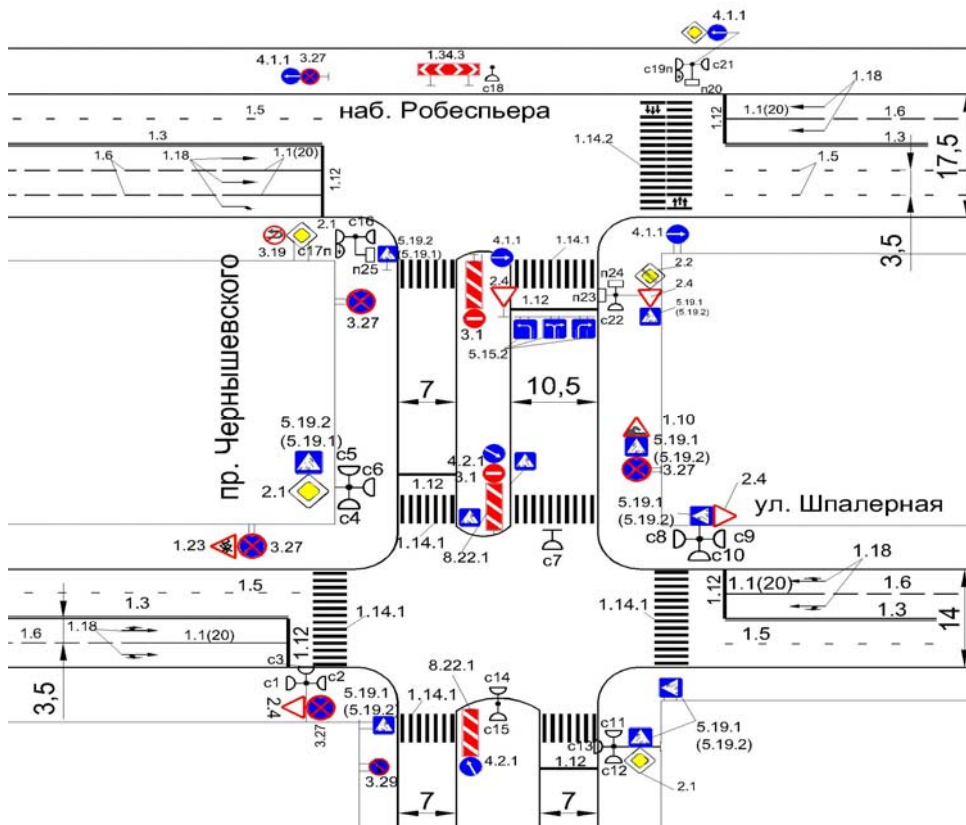


Рис. 1. Геометрические параметры перекрестка и дислокация ТСОДД

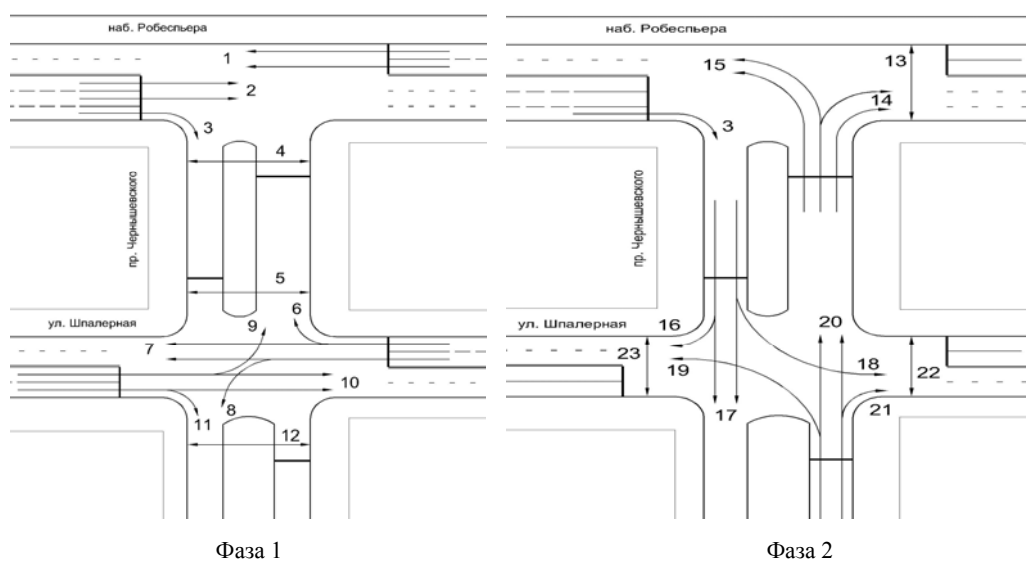


Рис. 2. Существующая СОД «двухфазного» развязки транспортных и пешеходный потоков

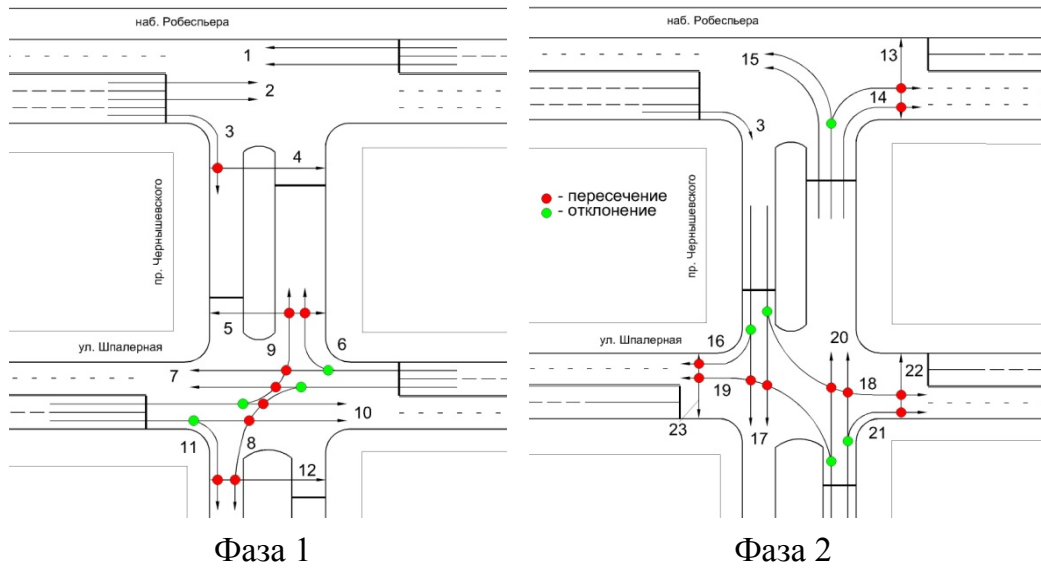
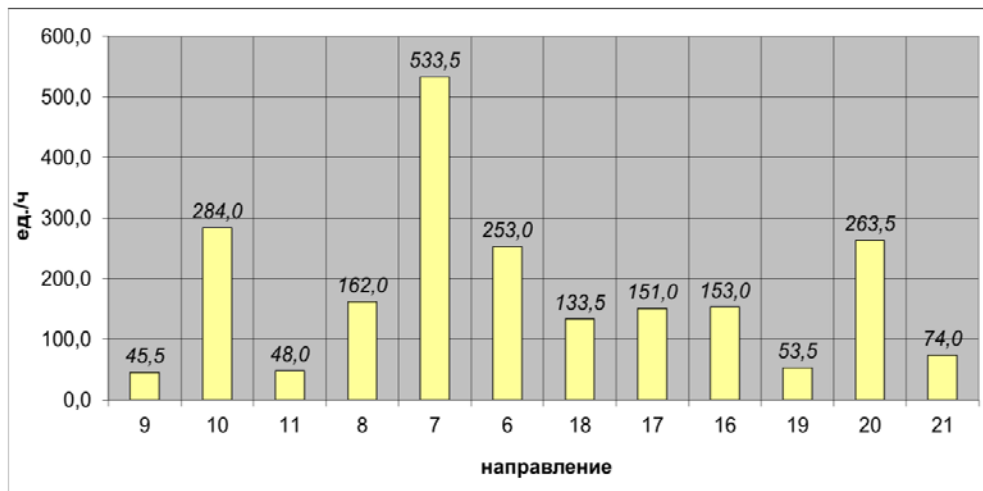
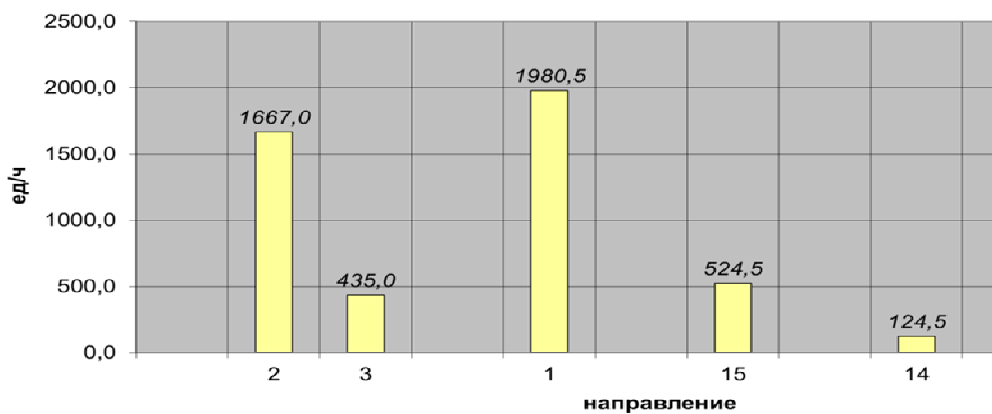


Рис. 3. Конфликтные точки существующей СОД на РП (пересечений – 19; отклонений – 9).



а)



б)

Рис. 4. Пиковые интенсивности движения через пересечение пр. Чернышевского – ул. Шпалерная (а) и пр. Черышевского – наб. Робес'ьера (б) (номера направлений см. рис. 2 и 3)

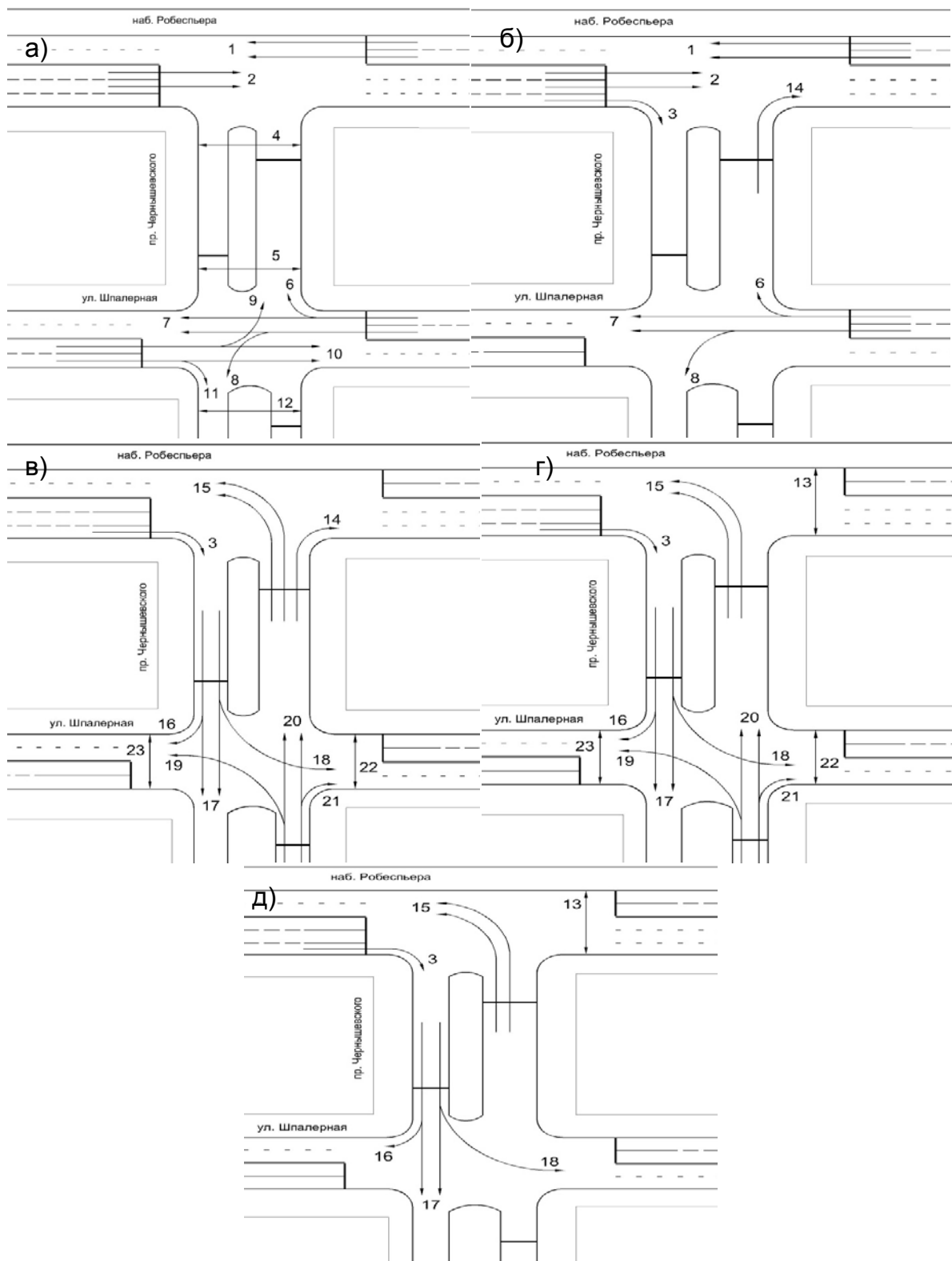


Рис. 5. Модернизированная схема организации движения транспортных и пешеходных потоков:
 а – фаза 1; б – квазифаза 2; в – фаза 3; г – квазифаза 4; д – квазифаза 5.

Конфликтная загрузка существующей СОД, определенной по формуле (1) $R=5,2$ ед. более соответствует действительности - «малоопасному» пересечению. Результат же расчета по формуле (2) $R_{\max}=9,5$ ед. указывает на «опасное» пересечение, которое требует изменять СОД в сторону повышения уровня дорожной безопасности.

Ka , ед.	0–3	3,1–8	8,1–12	>12
Опасность пересечения	неопасное	малоопасное	опасное	очень опасное

Повысить безопасность движения на РП такого типа можно, если учесть фактор неравномерности транспортных и пешеходных потоков с сохранением комбинированной специализации полос движения. Для реализации существующей СОД необходимо внести изменения в дислокацию технических средств ОДД, путем введения в схему дополнительных светофоров типа Т.1.п, пешеходных светофоров типа П.1 и дорожного знака 5.15.2 левого поворота вместо среднего (в группе знаков) знака, разрешающего левый и правый повороты (рис. 1).

Интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков позволяют организовать модернизированную СОД согласно рис. 5, повышающую безопасность более чем на 20 % относительно существующей.

Неравномерность встречных транспортных потоков № 7 и № 10 позволяет потокам № 6 и № 8 предоставить 25 % длительности зеленого сигнала для движения без конфликта на пересечение с транспортными и пешеходными потоками № 5, 10, 12. Аналогичная ситуация для потоков № 17 и № 20, где также предоставляется возможность исключить конфликт транспортного потока № 14 и пешеходного потока № 13.

Модернизированная СОД с повышенным уровнем дорожной безопасности для РП и режимом управления по отдельным направлениям в пять квазифаз не изменяет пропускную способность перекрестка, так как ее цикл работы светофорной сигнализации лежит в пределах исходной длительности цикла двухфазного регулирования ($T_{\text{ц}}=101$ с) и здесь не приводится.

Сводные результаты оценки безопасности движения на перекрестке после модернизации по выше перечисленным трем вариантам представлены в табл. 3.

Таблица 3

Ka [3]	R [4,1]	R	R_{max}
2	13,2	4	6,2

На рис. 6 показаны конфликтные точки новой модернизированной СОД:

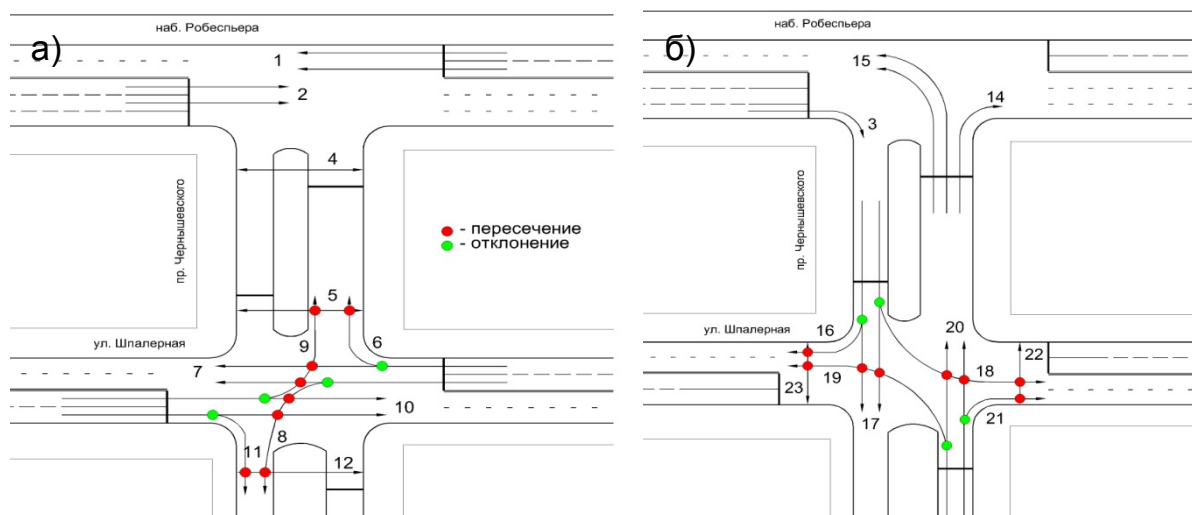


Рис. 6. Конфликтные точки модернизированной СОД:
а) фаза 1 (конфликтные точки квазифазы 2 частично повторяются)
б) фаза 3 (конфликтные точки квазифазы 4 и квазифазы 5 частично повторяются)

Конфликтная загрузка такой СОД с учетом неравномерности длительности горения разрешающих сигналов составляет: $R=4,0$ ед.

Выводы

1. Получено 23 % -е повышение эффективности системы управления дорожным движением на реальном регулируемом перекрестке в центре Санкт-Петербурга за счет применения прогрессивного принципа управления по отдельным направлениям в его СОД, что позволило снизить конфликтную загрузку в исходной СОД с 5,2 ед. до 4,0 ед. в новой СОД;

2. Приведенная реализация методики повышения безопасности дорожного движения с многовариантной оценкой конфликтной загрузки СОД на регулируемых пересечениях обладает рядом преимуществ, среди которых простота, наглядность и малозатратность финансовых ресурсов на ее внедрение в процесс проектирования одноуровневых пересечений.

Литература

1. *Плотников А.М.* Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках: учебное пособие для вузов. - С-Пб. Нестор-История, 2010-110 с., 58 ил.
2. *Плотников А.М.* О неиспользуемом ресурсе модернизации технологий проектирования регулируемых перекрестков. Безопасность дорожного движения: Сборник научных трудов, выпуск 12. – М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2012. – с.106-113.
3. *Лобанов Е.М.*, Транспортная планировка городов – М.: Транзит, 1990. – 194 с.
4. Организация дорожного движения в городах: Методическое пособие; Под общ. ред. *Ю. Д. Шелкова* / Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России. – М.:1995.-143с.
5. *Плотников А.М., Кравченко П.А., Архестов Р.М., Андреев А.В.* «Система управления движением на многополосных перекрестках». Патент на полезную модель №111330. Российская Федерация. Зарегистрирован и опубликован 10.12.2011г. Бюл. №34.
6. *Плотников А.М., Кравченко П. А., Архестов Р. М., Григорьева В. С.* Система управления транспортными и пешеходными потоками через перекресток. Патент на полезную модель №114203. Российская Федерация. Зарегистрирован и опубликован 10.03.2012 г. Бюлл. № 7.
7. *Плотников А.М., Кравченко П.А., Архестов Р.М., Андреев А.В.* ФИПС (РОСПАТЕНТ). РЕШЕНИЕ от 19 июля 2012г. о выдаче патента ООО «СПбГАСУ-ТУДД» на изобретение. «Система управления движением на многополосных перекрестках» Заявка №2011113707/11(020354).
8. Рекомендации по обеспечению БД на автомобильных дорогах (Росавтодор). Утверждено распоряжением Минтранса России №ОС-557-р от 24.06.2002 г.
9. *Плотников А.М., Григорьева В. С. Андреев А. В.*, Оценка ресурса безопасности дорожного движения на регулируемых перекрестках с надземными переходами // Транспорт Российской Федерации. – 2012. - №1 (38). – С. 58 – 61.