



Федеральный журнал «Мир дорог» — специализированное издание для профессионалов, работающих в отрасли дорожного строительства. Журнал выходит при официальной поддержке ассоциаций РАДОР и АСПОР. Сотрудничает с Главгосэкспертизой, РосдорНИИ, СоюздорНИИ, МАДИ ГТУ и другими проектными и научными организациями.

Мир ДОРОГ

«Мир дорог» — это:

- самая актуальная информация;
- новости регионов;
- комментарии специалистов;
- полемика с властью;
- презентации дорожной техники и передовых технологий;
- отчеты о строительстве новых объектов.



Полноцвет.
Формат А4.
Объем — от 80 полос.
Тираж — 15 000 экземпляров.

190068 Санкт-Петербург,
пер. Бойцова, 7, офис 517
тел./факс: (812) 336-8027, 336-8024
e-mail: md@mirpress.ru

«СВЕТОФОРЫ, ДАЙТЕ ВИЗУ!»

Количественные показатели дорожного движения Москвы

Развитие инфраструктуры г. Москвы сопровождается столь интенсивным ростом числа транспортных средств, что в настоящее время на каждые четырех жителей столицы приходится один автомобиль, и число машин продолжает увеличиваться. Ужесточаются требования предприятий и граждан к качеству транспортного обслуживания. Эти условия заставляют задумываться об улучшении организации движения, внедрении ИТС-технологий, строительстве новых дорог и развязок. Эффективность подобных мер во многом зависит от полноты и достоверности исходных данных о количественных показателях загруженности дорожно-уличной сети.

До настоящего времени в основу планирования мероприятий, как по строительству, так и по организации движения в Москве, закладываются транспортные данные, полученные на основании периодических обследований. Используются устаревшие методы ручных подсчетов интенсивности движения, а также определения скоростных параметров с помощью мобильных лабораторий. Не говоря уже об очевидной статистической недостаточности подобных данных (например, в отчете «Проведение ежегодного обследования условий движения на улично-дорожной сети г. Москвы в 2006 г.», выполненном Центром Исследований транспортной инфраструктуры (ЦИТИ) выводы о загрузке всей Московской УДС делаются на основании информации менее, чем по 70 узловым точкам, причем замеры производились всего лишь в течение нескольких дней, максимум – в течение

месяца), точность и достоверность каждого измерения невозможно определить в связи с использованием несертифицированных методов подсчета.

Проведенные нами исследования, в ходе которых результаты отчета ЦИТИ и данные определения интенсивности движения на Волоколамском шоссе сравнивались с информацией, полученной от тарифованных детекторов транспорта (погрешность не более 6%), показали, что ошибки ручного счета могут превышать 150% (рис. 1а). По нашему мнению, основная причина столь значительных ошибок – высокая динамика транспортных потоков, всегда плохо фиксируемая органолептическими методами. Усреднение полученных результатов измерения интенсивности в масштабах района, а тем более города, естественно, повышает достоверность, но и приводят к тривиальным выводам, полностью игнорирующим

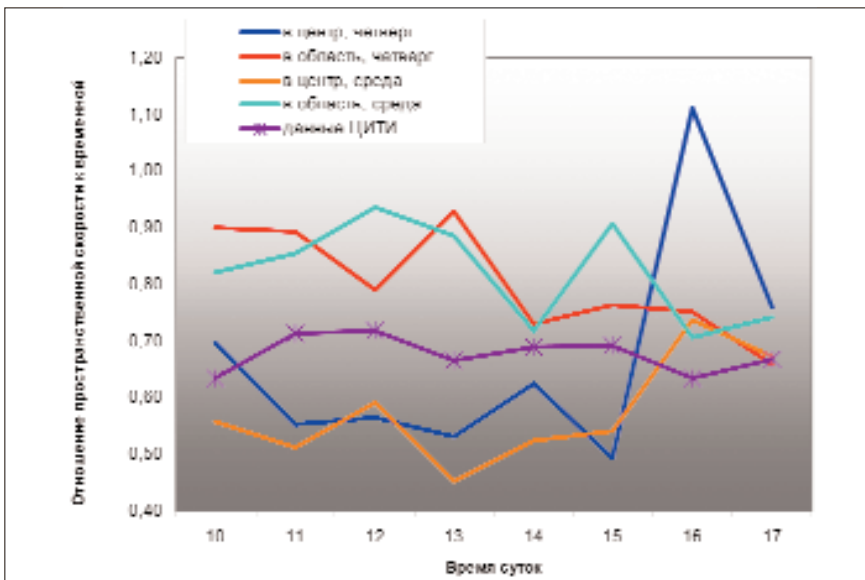


Рис. 1б. Усредненные данные анализа пространственной скорости (получены методом "плавающего автомобиля") в сравнении с актуальными данными по конкретному сечению (получены с использованием непрерывного мониторинга)

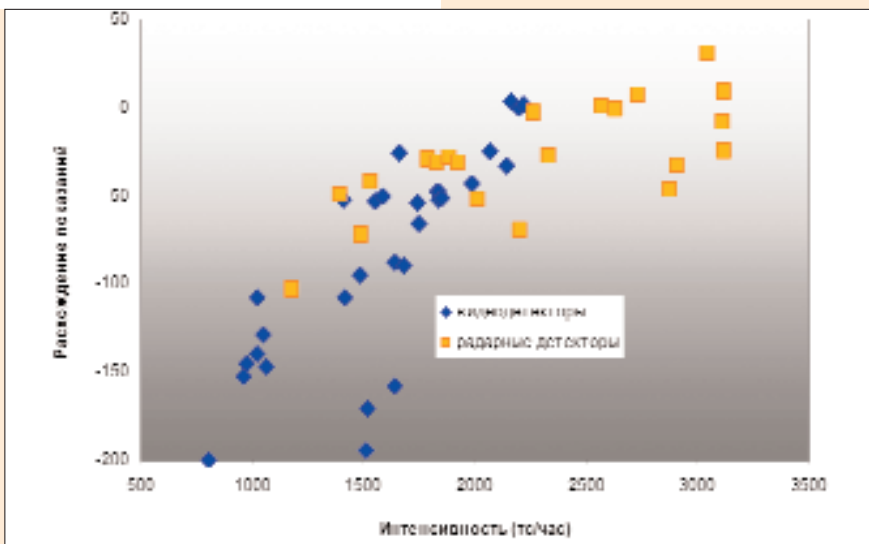


Рис. 1а. Ошибка оценок величин интенсивности движения методом ручного счета

разнообразие реальных условий движения транспорта. А значит - не позволяет обеспечить оптимальное планирование развития транспортной системы. Аналогично и определение скоростных параметров транспортных потоков в ходе периодических обследований, в том числе с применением метода «плавающего автомобиля», вызывает либо значительное увеличение трудоемкости эксперимента, либо необходимость глобального усреднения, что приводит к неприменимости полученных результатов (рис. 1б), по крайней мере, для управления движением.

Альтернативой периодическим обследованиям служит непрерывный мониторинг с использованием де-

Табл. 1. Статистические характеристики стабильности, информативности и полноты данных об интенсивности движения

Характеристика	Формула	$m_0, \%$	$\gamma, \%$
Стабильность	$k_{stDT} = N_{gtDT} / N_{progDT}$	67,53	29,83
Информативность	$k_{infDT} = (N_{gtDT} - N_{0iDT}) / N_{gtDT}$	83,60	3,15
Полнота	$k_{pDT} = k_{stDT} * k_{infDT}$	56,53	27,19

Обозначения: N_{progDT} – количество запрограммированных посылок
 N_{gtDT} – количество записей, полученных в БД
 N_{0iDT} – количество нулевых записей в БД
 m_0 – математическое ожидание, γ – коэффициент вариации

текторов транспорта. Так могут быть получены практически любые данные, в том числе и величины пространственной скорости, если, конечно, располагать технологией обработки результатов измерений с учетом параметров топологических моделей участков УДС.

Аппаратной основой проведенного авторами исследования закономерностей дорожного движения в Москве послужила сеть детекторов транспорта (ДТ), эксплуатируемая в настоящее время ЦТАУ ДТ «Старт», а также детекторные комплексы на Дмитровском, Волоколамском и Ленинградском шоссе, установленные и обслуживаемые СМП АСУД ГИБДД. Экстракция, визуализация и обработка массивов данных, поступающих с ДТ, производилась с использованием программы StaTran 2.2. Применение этого инструмента автоматизированной статистической обработки поступающей с детекторов информации позволило не только проанализировать текущую ситуацию, но и оценить ее в исторической ретроспективе с 2003 г. При этом, впервые за время транспортных наблюдений в столице, был сформирован упорядоченный архив транспортных данных. Следует отметить, что в ходе обработки с использованием формальных математических методов оценивалась достоверность данных, то есть, в конечном счете, качество работы детектора.

География существующей сети транспортного мониторинга Москвы достаточно обширна и насчитывает 518 ДТ, расположенных в центре города и на многих ключевых магистралях (рис. 2). Была произведена обработка свыше 250 млн записей

об интенсивности, скорости и занятости полос движения, что обеспечило информативность, в тысячи раз превышающую аналогичный показатель для самого квалифицированного периодического обследования.

чество выборок по показателям стабильности, информативности и полноты (табл. 1).

Из таблицы видно, что качество данных детектирования явно ниже пас-

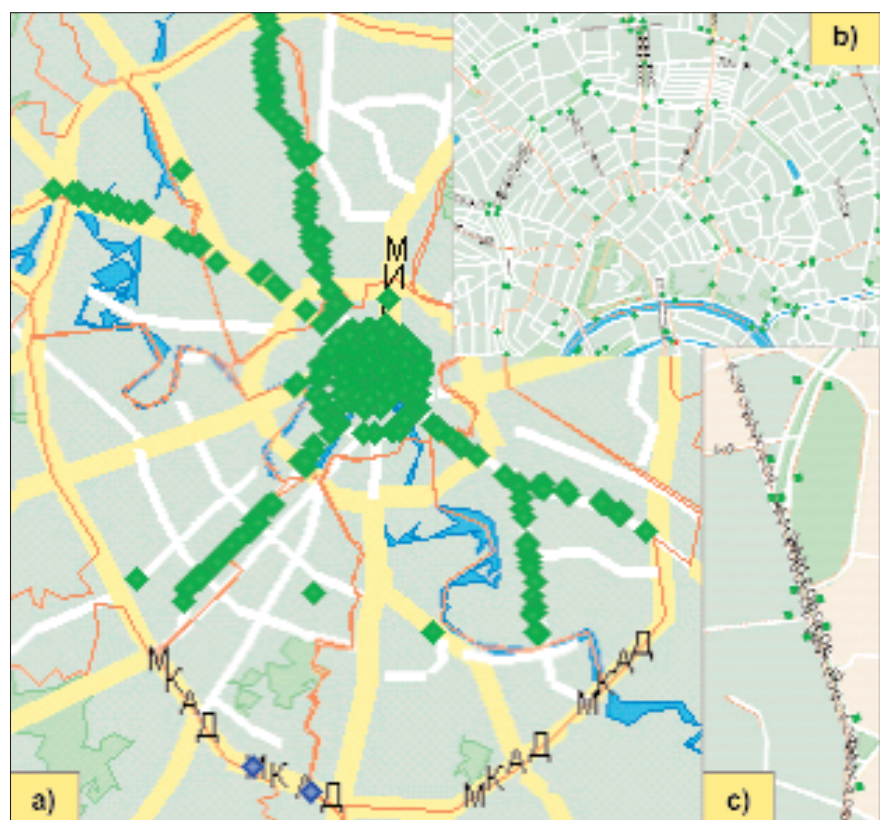


Рис. 2. Расположение детекторов транспорта на всей УДС (а), в центральной части города (б) и на участке одной из основных магистралей - Дмитровского шоссе (с)

Перед обработкой вся совокупность данных была поделена на 633 локальных выборки, по количеству контролируемых направлений, каждое из которых может содержать от 1 до 8 полос движения. Прежде всего анализировалось ка-

портных величин. Такая ситуация объясняется тем, что соответствующие городские службы в Москве не уделяют достаточного внимания настройке и проверке детекторов, и это особенно существенно сказывается на достоверности измерения

Табл. 2. Характеристики интенсивности дорожного движения по некоторым магистралям г. Москвы.

Дорога	Период анализа, лет	$\Delta I, \%$ в год	$I_{1max}, \text{ам}/(\text{п.ч})$	Распределение величины I	Сезонные закономерности
Волгоградский пр.	1,71	10,64	351	логнормальное	зимой снижение интенсивности
Варшавское ш.	2,17	6,19	532	нормальное	
Рязанский пр.	2,17	7,38	372	логнормальное	нет
Каширское ш.	1,13	-10,96	535	нормальное	
Люблинская ул.	2,17	1,28	352	нормальное	
Садовое кольцо	2,17	2,68	443	логнормальное	
Пр. Вернадского	2,17	-1,30	426	нормальное	

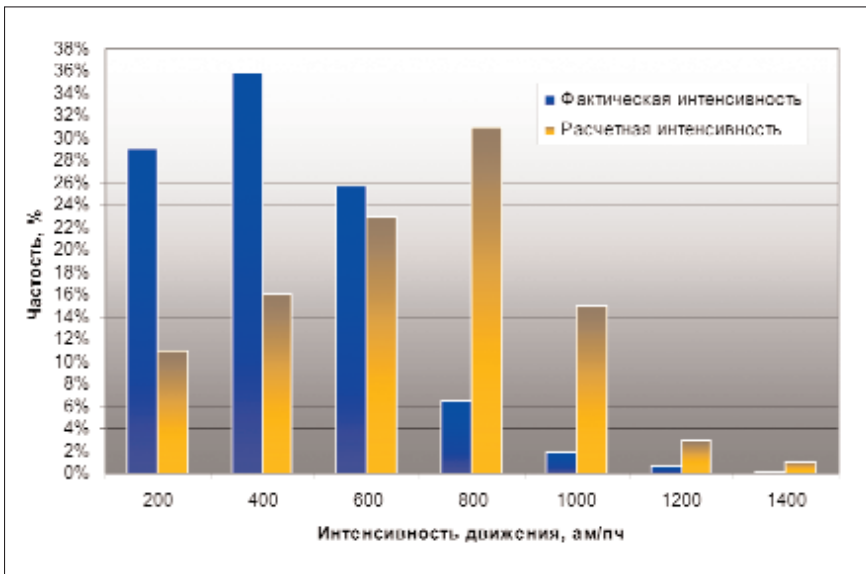


Рис. 3. Расчетное и фактическое распределение интенсивности движения на УДС г. Москвы

скоростных характеристик транспортных потоков. Работа, проведенная на Дмитровском и Волоколамском шоссе, доказала, что периодическая наладка позволяет существенно повысить качество работы аппаратуры, в том числе в части измерений скоростных параметров. В 2006 г. математическое ожидание стабильности работы детекторов на этих магистралях было доведено до 84,4%, при результатах 95–99% по многим отдельным выборкам.

Что же касается данных городской детекторной сети, то значительный размер выборки, длительность наблюдений, а также применение специальных математических методов обработки данных позволяют улучшить качество информации, как за счет отбраковки, так и за счет репликации результатов. Дополнительно производится устранение искажений в измерениях по крайним полосам, неизбежных при использовании некоторых типов детекторов в городских условиях, что гарантирует статистическую достоверность результатов анализа. Так обеспечивается возможность проведения анализа основных количественных показателей дорожного движения в Москве с удовлетворительной информативностью и достоверностью.

В качестве базового показателя при анализе была выбрана интенсивность движения в расчете на 1 полосу (I_1), поскольку основной задачей управления дорожным движением в Москве в настоящее время является повышение пропускной способности УДС.

Статистический анализ показал, что даже в самые загруженные часы реальная величина математического ожидания пропускной способности полосы движения в столи-

це составляет $m_0(I_{1R}) = 394$ ам/ч. Даже если принимать во внимание лишь полосы, обслуживающие основной поток, то значение $m_0(I_{1R})$ составит 506 ам/ч, а по некоторым магистралям до 623 ам/ч (табл. 2). Эти показатели существенно ниже расчетных величин, вычислявшихся с учетом особенностей состава и характеристик транспортных средств, а также топологии элементов Московской УДС. Выяснилось, что номинальная величина интенсивности беззаторового движения на Московской УДС находится в интервале {564, 1540} при $m_0(I_{1C}) = 1206$ автомашин на полосу в час. Принимая во внимание параметры светофорного регулирования, эквивалентная пропускная способность будет описана интервалом {367, 1001} при $m_0(I_{1C}) = 784$ ам/пч. Дополнительно при интерп-

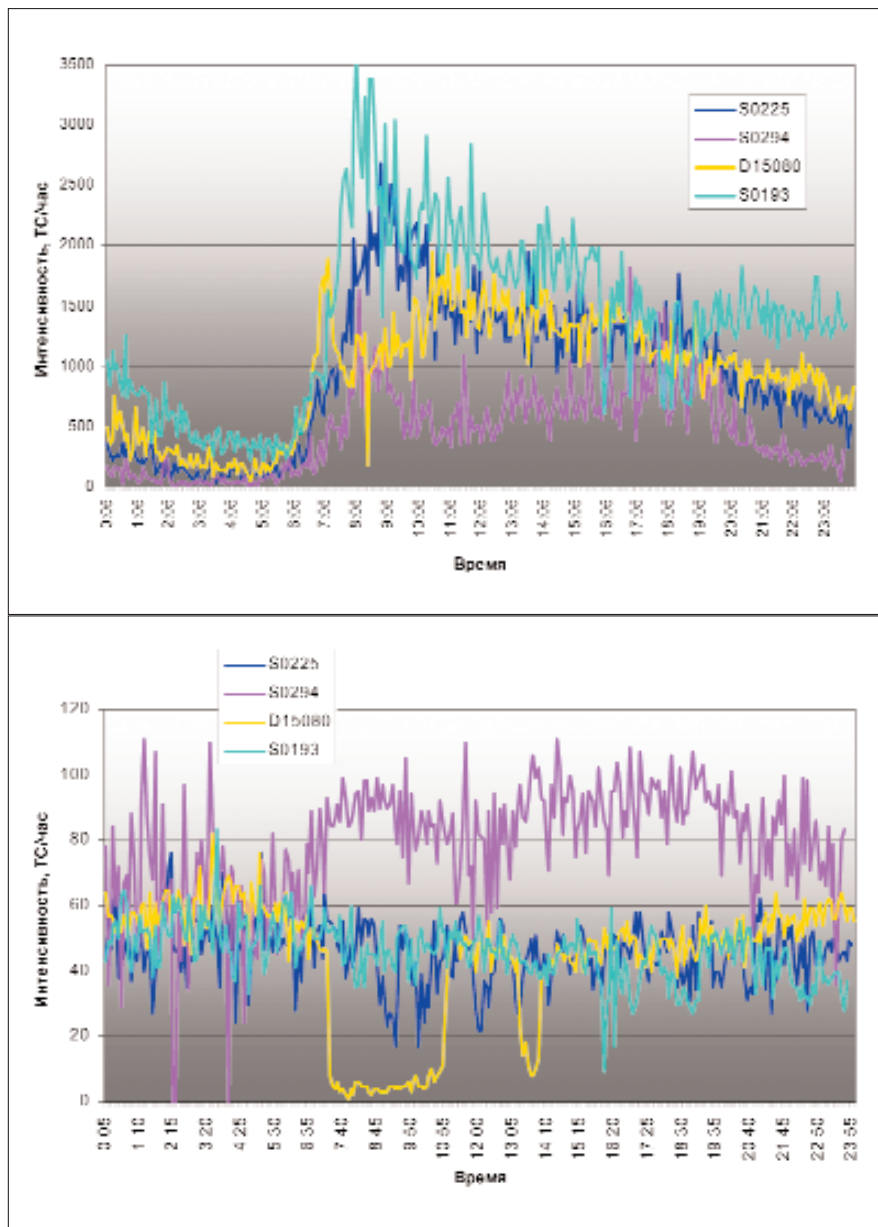


Рис. 4. Динамика интенсивности (вверху) и скорости (внизу) движения в течение суток 12 января 2007г., по различным элементам УДС (направление движения во всех случаях - в центр города) Детекторы: S0225 - Волгоградский пр-т, S0294 - пр-т Вернадского, D15080 - Волоколамское шоссе, S0193 - ул. Большая Полянка

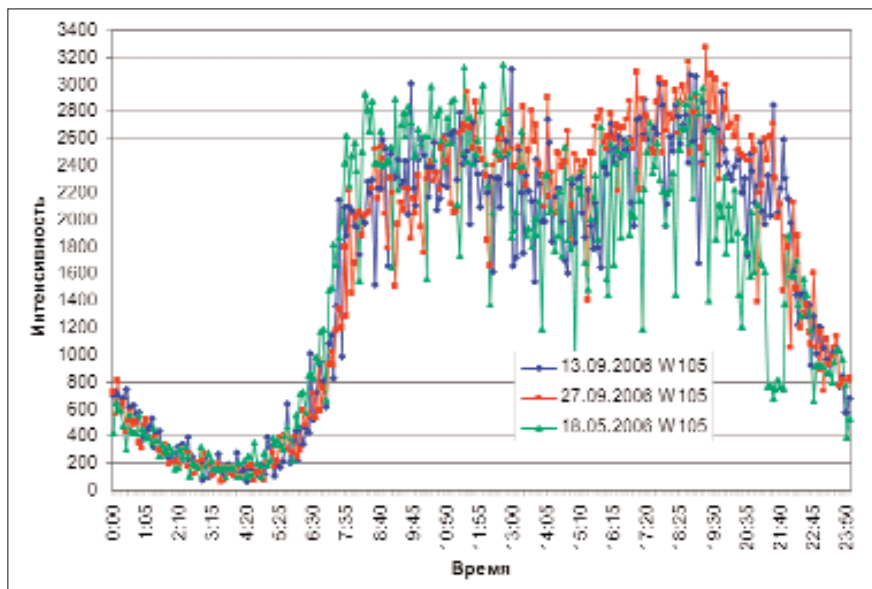


Рис. 5. Изменения мгновенных значений интенсивности движения на ул. Яблочкова в одноименные дни в течение 4 месяцев

ретации данных следует иметь в виду, что для каждого направления был определен календарный час наибольшей загрузки, и эти часы, естественно, не совпадают, что повышает оптимистичность оценки.

Таким образом, вопреки распространенному мнению, УДС Москвы имеет значительный резерв пропускной способности (рис. 3), возможности реализации которого лежат в области оптимизации управления светофорным движением. В частности, расчеты планов координации светофорных объектов должны производиться с учетом реальной цикличности нагрузок на конкретные участки трасс. При этом следует констатировать, что общих для всего города закономерностей дорожного движения не существует, и наглядным тому доказательством служит, например, сравнение показаний детекторов, установленных на различных направлениях (рис. 4). Не наблюдается и цикличность «будни-пятницы-выходные», принятая сегодня в ЦТАУ «Старт» при расчете планов координации. Известная трактовка попеременной загруженности трассы в противоположных направлениях в общем случае также неверна. Таким образом, краткосрочные закономерности (недельный и дневной циклы) дорожного движения, знание которых должно лежать в основе разработки режимов работы светофорных объектов, следует устанавливать применительно к каждому сегменту (сектору, маршруту). В целом, оптимальное управление большинством светофорных объектов в Москве требует изменения режимов их работы в среднем каждые 4-6 часов, а в часы пик – каждые 20-30 мин., что может быть обеспечено лишь при смене от 30 до 120 планов координации

в неделю. Для сравнения отметим, что в настоящее время планы координации меняются в лучшем случае 3-7 раз в день, а на многих объектах вообще остаются неизменными в течение нескольких лет. Поэтому актуализация режимов работы светофоров в Москве, хотя и облегчаемая относительно небольшим дрейфом параметров транспортных потоков во времени (рис. 5), невозможна без применения специальных программных и аппаратных средств, автоматизирующих и консолидирующих технологические процессы транспортного мониторинга, анализа его результатов, проведения оптимизационных расчетов и загрузки информации в управляющие контроллеры.

Следует также отметить высокую амплитуду (до 120%) и частоту колебаний (до 0,001 Гц) параметров транспортных потоков, характерные для многих элементов УДС Москвы. Подобная динамика делает невозможным местное гибкое регулирование по мгновенным значениям, и вынуждает переходить к осреднению и локальному прогнозированию управляющих величин непосредственно в дорожном контроллере. По нашим оценкам, для обеспечения актуального управления до 30% перекрестков города должны быть оснащены интеллектуальными контроллерами с открытым протоколом доступа.

Необходимость быстрого и гибкого реагирования систем АСУД на изменение условий движения усугубляется еще и тем, что образование заторов оказывается связанным не только с величиной, но и со скоростью изменения интенсивности движения во времени. Этот тезис иллюстрируется рис. 6, из которого видно, что затруднения движения в период от 7 до 8 часов обусловлены такой величиной I_t , которая в дальнейшем (в районе 14 часов) не вызывает заторообразования. Наличие подобных явлений создает необходимость гибкого управления светофорами с учетом величины первой производной интенсивности движения транспорта.

Бродский Г. С., д.т.н.,
Бродская Е. С.,
Айвазов А. Р.,
Рыкунов В. В.,
Королев И. Г.

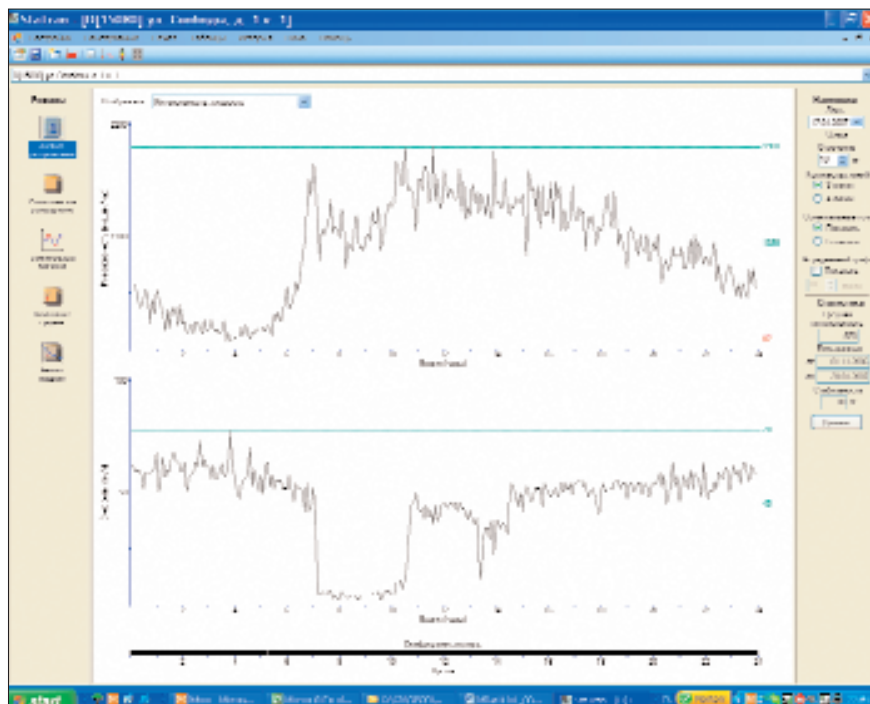


Рис. 6. Заторообразование в связи с резким повышением интенсивности движения в утренние часы на ул. Свободы