

Количественные показатели загруженности дорожно-уличной сети г. Москвы

Бродский Г.С., Кашкин М.Ю., AGA Group, Inc.
Рыкунов В.В., ГУ ЦОДД Правительства Москвы
Айвазов А.Р., Виноградова Н.А., СМП АСУД ГИБДД

Развитие инфраструктуры г. Москвы сопровождается постоянным ростом количества и разнообразия транспортных средств, участвующих в дорожном движении. По некоторым оценкам, в настоящее время на каждого из четырех жителей города приходится автомобиль, и число машин продолжает возрастать примерно на 180000 единиц ежегодно [1]. С другой стороны, требования предприятий и граждан к качеству транспортного обслуживания также постоянно возрастают. Обеспечение функционирования улично-дорожной сети (УДС) в этих сложных условиях требует от служб города интенсивной работы в направлениях развития общественного транспорта, организации движения, строительства новых дорог и развязок.

Обоснованность планирования работ по указанным направлениям, правильность выбора приоритетности тех или иных мероприятий в значительной степени определяется полнотой и достоверностью исходных данных о количественных показателях загруженности дорожно-уличной сети г. Москвы.

К сожалению, до настоящего времени, в основу планирования и даже проектирования мероприятий, как по строительству, так и по организации движения закладываются транспортные данные, полученные на основании периодических обследований [2]. Качество таких данных не соответствует современным требованиям и не позволяет обеспечить оптимальное развитие транспортной системы, а тем более – актуальное управление последней [5]. В то же время, данные транспортного мониторинга, в большом количестве накопленные за время существования системы «Старт», практически не используются для обслуживания градостроительных нужд и задач АСУДД. Причиной такого положения является отсутствие удобных методов экстракции и обработки массивов данных, поступающих с детекторов транспорта, а их на улицах Москвы установлено 564 единицы.

В сложившейся ситуации уместно поставить задачу получения информации для развития транспортной инфраструктуры города путем применения современного математического аппарата к накопленным данным транспортного мониторинга. Для определения возможности решения этой задачи была произведена обработка свыше 250 млн. записей об интенсивности, скорости и занятости полос движения, имеющихся в базе данных ВК «Старт», а также на серверах СМП АСУД ГИБДД., осуществившего разработку комплексов GPRS связи и установку детекторов транспорта (ДТ) на МКАД и Дмитровском шоссе (табл. 1). К сожалению, информация с ДТ, установленных на МКАД, была недоступна для анализа

Таблица 1.

Расположение ДТ, по которым имеется статистически значимая информация

| Дорога/зона | Количество ДТ, шт |
|--|-------------------|
| Дмитровское шоссе (основной поток) | 55 |
| Проспект Вернадского (основной поток) | 25 |
| Волгоградский проспект (основной поток) | 14 |
| Комсомольский проспект (основной поток) | 6 |
| Люблинская улица (основной поток) | 18 |
| Садовое кольцо (основной поток) | 42 |
| Бульварное кольцо (основной поток) | 10 |
| Прочие, внутри Садового кольца (основной поток) | 112 |
| Прочие, между ТТК и Садовым кольцом (основной поток) | 24 |
| Прочие (направления на поворот) | 156 |

Перед обработкой вся генеральная 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 качество выборок по показателям стабильности, информативности и полноты (табл.2).

Следует отметить, что показатели качества информации для ДТ, подвергнутых необходимой настройке и наладке, существенно выше. Так, например, математическое ожидание стабильности работы детекторов на Дмитровском шоссе было доведено до 84,4% , при результатах 95-99% по многим отдельным выборкам. Тем не менее, очевидно, что в целом качество данных детектирования транспортных потоков г. Москве нельзя считать удовлетворительным с точки зрения современных метрологических требований [5]. Однако, значительный размер выборок, а также

обнаруженные закономерности в цикличности данных позволяют улучшить качество информации как за счет отбраковки, так и за счет репликации результатов. Кроме того, используемые при обработке математические методы позволяют устранить искажения в измерениях по крайним полосам, неизбежные при использовании радарных ДТ – а все используемые в Москве детекторы именно такого типа - в городских условиях.

Таблица 2. Статистические характеристики стабильности, информативности и полноты данных об интенсивности движения

| Характеристика | Формула | m_0 , % | γ , % |
|--|--|-----------|--------------|
| 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 | | | |

Таким образом, имеется возможность произвести анализ по крайней мере некоторых количественных показателей дорожного движения в г. Москве с удовлетворительной информативностью и достоверностью. При обработке данных использовалась специализированная программа статистического анализа данных транспортного мониторинга - StaTran 2.0.

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

Максимальная пропускная способность одной полосы современной дороги составляет 2100-2500 легковых автомобилей в час [3]. Разумеется, в стесненных городских условиях, а также с учетом грузового и общественного транспорта (рис. 1) эта величина не достигается, и реальная пропускная способность полосы, с учетом методологии [4], может быть рассчитана по формуле:

$$I_1 = I_{ideal} / (k_{peak} * k_{ovsize} * k_{driv})$$

Здесь k_{peak} , k_{ovsize} , k_{driv} – коэффициенты, параметры которых, применительно к Московским условиям, приведены в табл. 4.

Расчетная величина интенсивности беззаторового движения на Московской УДС находится в интервале {668, 1824} при $m_0(I_{IC}) = 1428$ автомашин на полосу в час. Однако статистический анализ показывает, что даже в самые загруженные часы реальная величина математического ожидания пропускной способности полосы движения в г. Москве составляет $m_0(I_{IR}) = 394$ ам/ч (рис. 2). Даже если принимать во внимание лишь полосы, обслуживающие основной поток (см. табл. 1), то значение $m_0(I_{IR})$ составит 506 ам/ч (по некоторым магистралям до 623 ам/ч), что не достигает и 50% расчетной величины (рис. 3, табл. 5). При интерпретации данных рис. 2-3 следует иметь в виду, что для каждого направления был определен календарный час наибольшей загрузки, и эти часы, естественно, не совпадают.

Таблица 4. Коэффициенты для вычисления пропускной способности полосы

| Коэффициент | | Величина | | |
|--|--------------|----------|-------|-------|
| Наименование | Обозн. | мин. | m_0 | макс. |
| Коэффициент пиковых нагрузок (магистрали) | k_{peak} | 1,202 | 1,366 | 1,996 |
| Коэффициент пиковых нагрузок (УДС в целом) | | 1,108 | 2,073 | 3,204 |
| Коэффициент состава потока | k_{ovsize} | 1,026 | 1,098 | 1,435 |
| Коэффициент управления транспорт. средствами | k_{driv} | 1,000 | 1,050 | 1,175 |

Табл. 5. Характеристики интенсивности дорожного движения по некоторым магистралям г. Москвы.

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

Таким образом, очевидно, что, основной резерв повышения пропускной способности Московской УДС лежит в области оптимизации управлением светофорным движением. Естественно, организация автоматического оптимального

управления должна производиться с учетом цикличности нагрузок на конкретные участки трасс. Прежде всего следует констатировать, что общепринятая трактовка попеременной загруженности трассы в противоположных направлениях в общем случае неверна (рис. 4), а значит - краткосрочные закономерности (недельный и дневной циклы) дорожного движения, знание которых должно лежать в основе разработки планов координации, следует устанавливать применительно к каждому сегменту (сектору, маршруту). Естественно, подобная работа невозможна без применения специальных программных и аппаратных средств, автоматизирующих технологический процесс транспортных обследований.

Следует также отметить высокую амплитуду и частоту колебаний параметров транспортного потока (рис. 5). Подобная транспортная динамика делает невозможным местное гибкое регулирование по мгновенным значениям, и вынуждает переходить к осреднению и локальному прогнозированию управляющих значений непосредственно в дорожном контроллере. Таким образом, особенности дорожного движения вынуждают применять в г. Москве центрально-распределенную архитектуру АСУДД, что однозначно приводит к необходимости использования интеллектуальных контроллеров с открытым протоколом доступа на большинстве основных перекрестков.

1. Резник И. Москва приехала в транспортный тупик. Росбизнесконсалтинг, 25 апр. 2006 г.
2. АСУД на пересечении ул. Ф. Энгельса - Гавриков пер. Книга 1. Временная схема. Шифр 30-437 доп. 2/99-4016/01-4036. Мосгортрансниипроект, 2005.
3. Crowdhury M.A., Sadek A. Fundamentals of Intelligent Transportation System planning, Boston – London, Artech House, 2005, 190 p.
4. Hunter-Zaworski K., Fowler J., Bardwell T. et al, Transportation Engineering. Lab Manual. Oregon State Univ.-Portland State Univ.-Univ. of Idaho, USA, 2003
5. Klein L. Sensor technologies and data requirements for ITS. Boston – London, Artech House, 2005, 549 p.

Рисунки

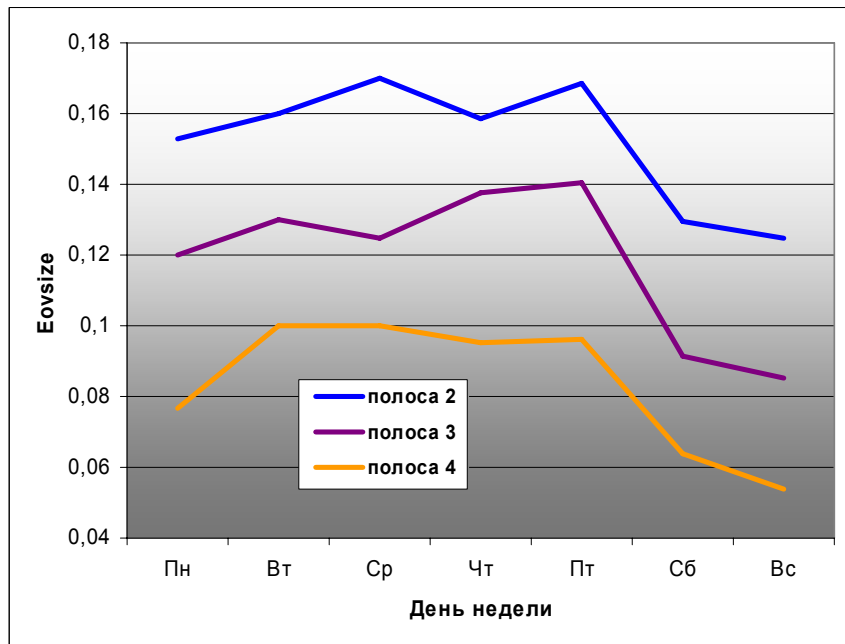


Рис. 1. Доля большегрузного и общественного транспорта (E_{ovsize}) на Московских магистралях (средние значения)

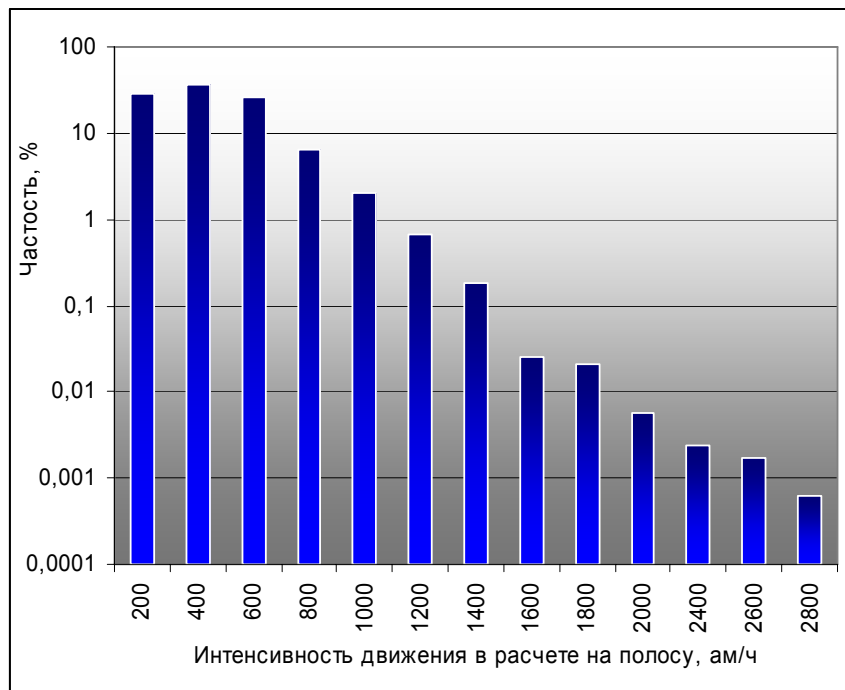


Рис. 2. Распределение величины I_1 в г. Москве. По данным 1002141 измерений 397 ДТ на 578 направлениях.

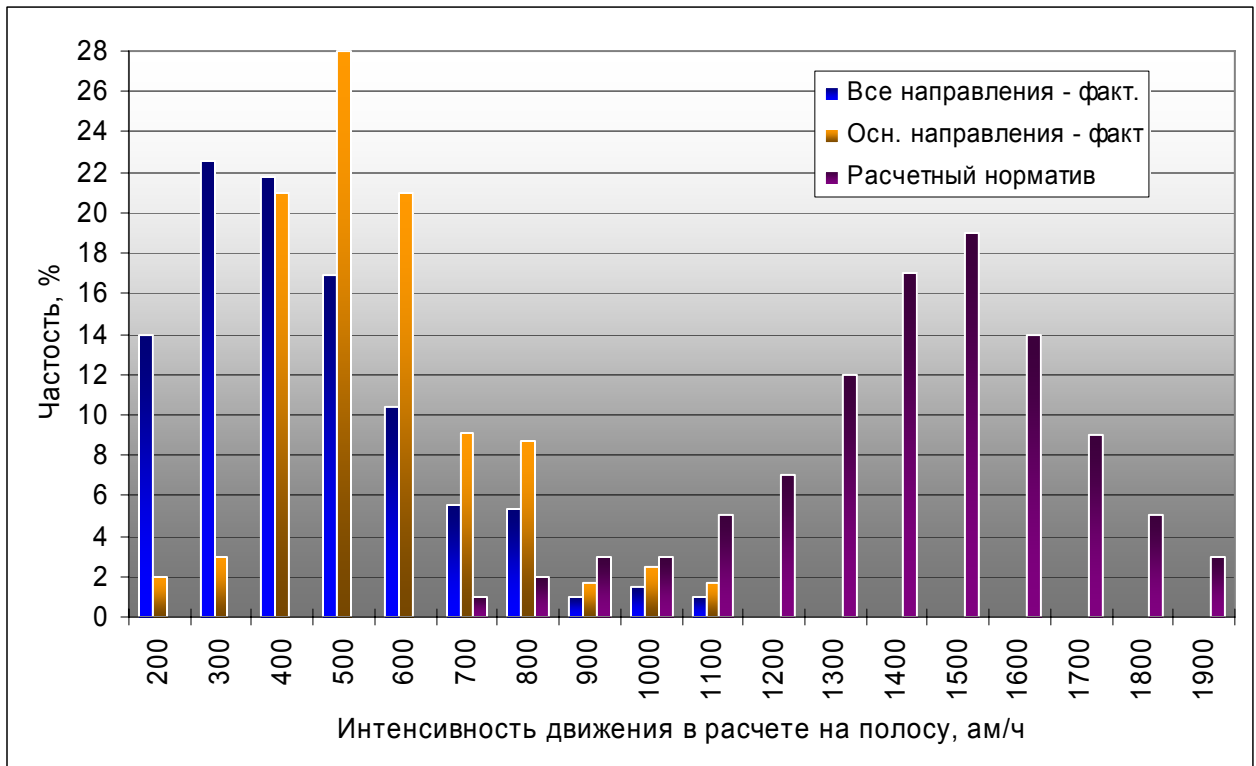


Рис. 3. Распределение величины I_1 в г. Москве.
По откорректированным данным измерений 296 ДТ, в сравнении с расчетными значениями

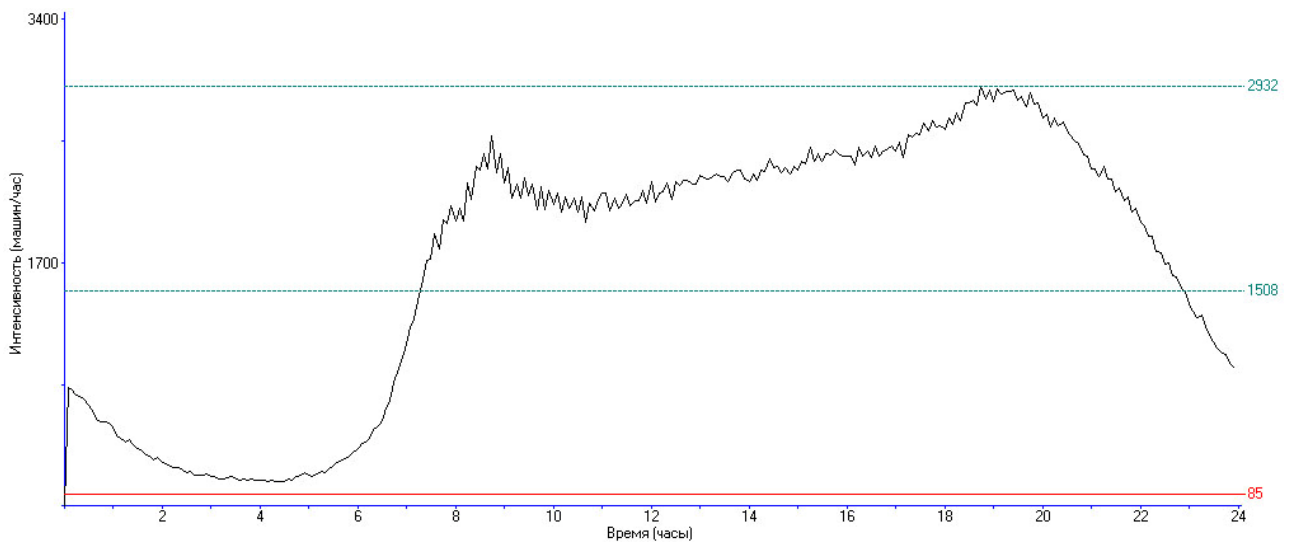


Рис. 4а. Интенсивность движения по Волгоградскому проспекту (в область).
Четверги, средние значения за 24 недели.

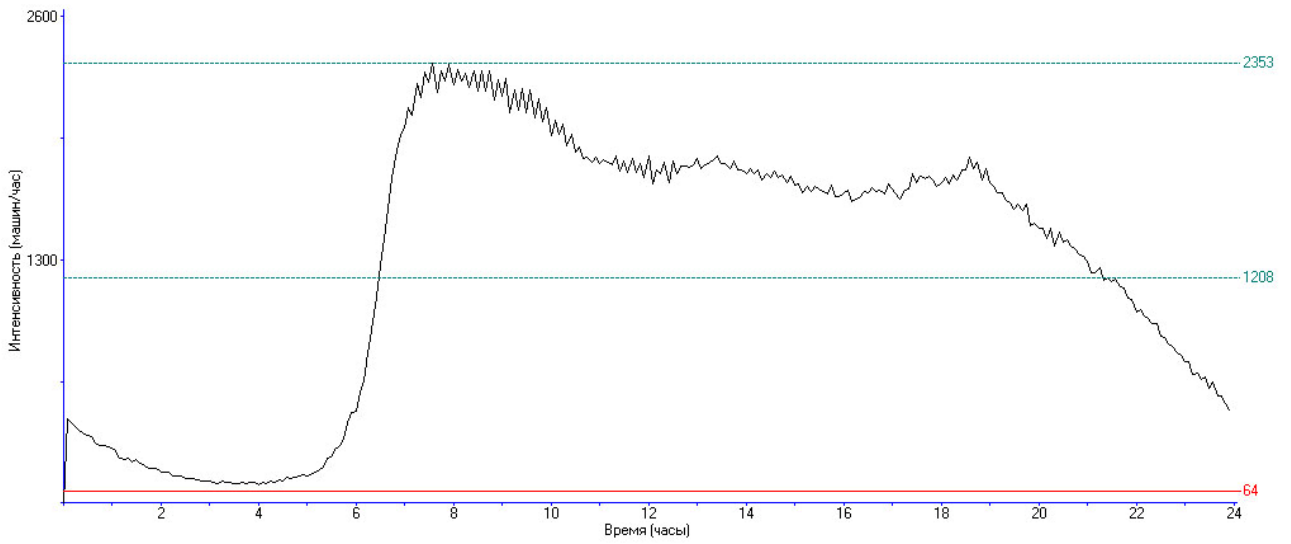


Рис. 4б. Интенсивность движения по Волгоградскому проспекту (в центр). Четверги, среднее значение за 24 недели.

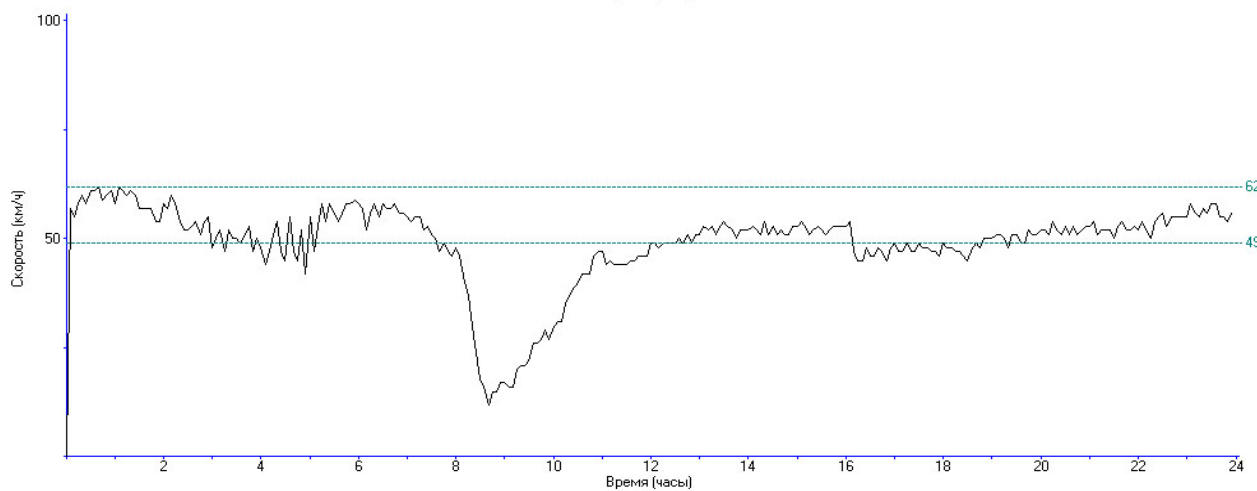
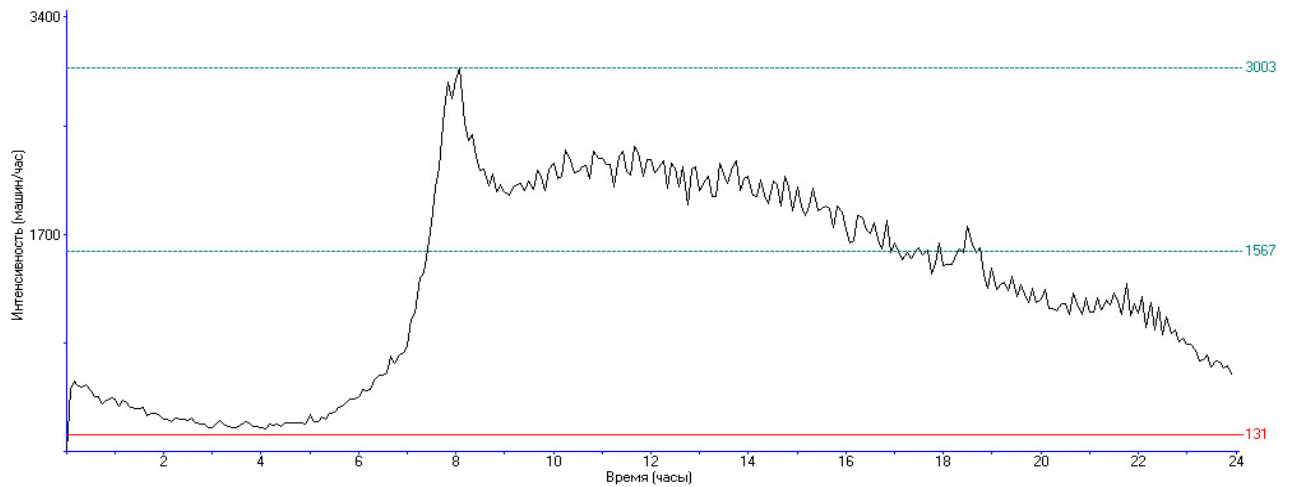


Рис. 4в. Интенсивность и средняя скорость движения по проспекту Вернадского (в центр). Четверги, средние значения за 24 недели

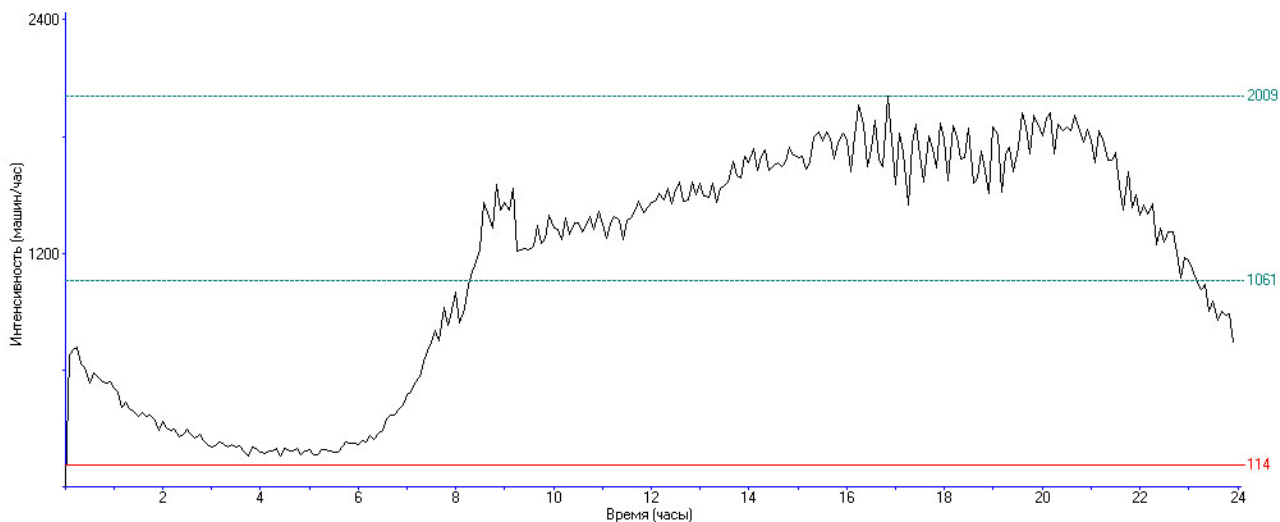


Рис. 4в. Интенсивность движения по проспекту Вернадского (в область).
Четверги, средние значения за 24 недели

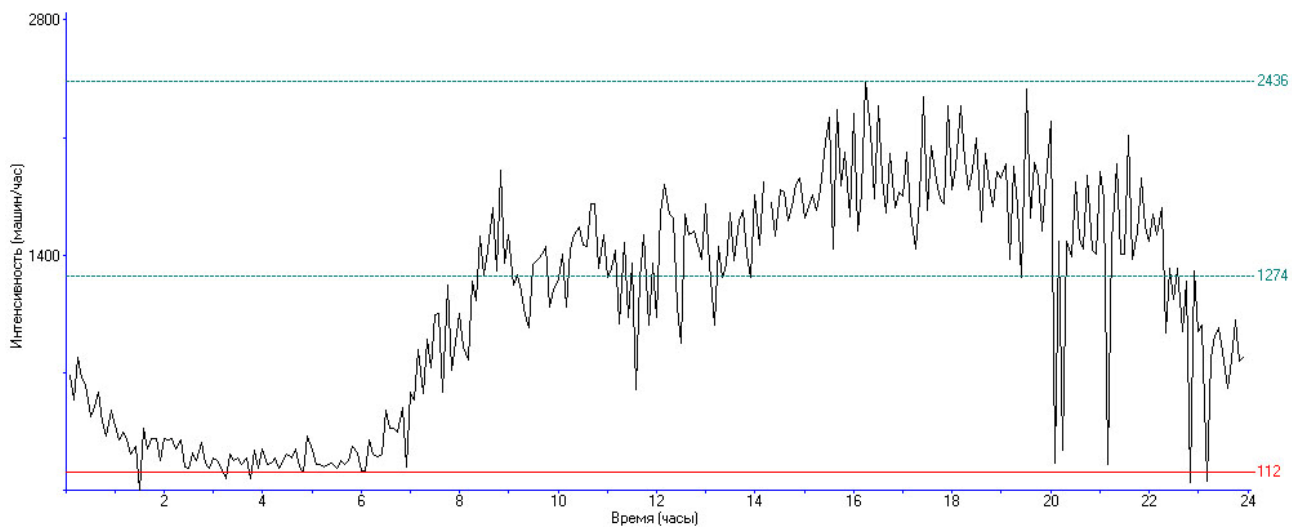


Рис. 5. Интенсивность движения по проспекту Вернадского (в область).
Четверг, мгновенные значения за 03 мая 2006 года недели