

3. Гроссгейм А.А. Типы реликтов // Изв. АзФАН СССР. – 1939. – С. 74-80.

4. Гроссгейм А.А. Реликты Восточного Закавказья. Баку: АзФАН СССР, 1940. – 43 с.

5. Мусаев С.Г. Инвентаризация эндемы флоры Азербайджана // Известия НАН Азербайджана. – Серия биол. науки. – 2005. – Т. 1-2. – С. 125-131.

6. Аскеров А.М. Эндемы флоры Азербайджана // Известия НАН Азербайджана. – Серия биол. науки. – 2011. – Т. 66. – № 1. – С. 99-105.

7. Аскеров А.М. Конспект флоры Азербайджана. – Баку: Элм, 2010. – С. 204.

8. Ахундов Ф.Г. Эндемы флоры Азербайджана: автореф. – Баку: Элм, 1973. – 44 с.

9. Байрамова А.А. Флористическое разнообразие особо охраняемых территорий западных регионов Азербайджана. – Баку: Элм, 2013. – 323 с.

10. Сафаров И.С. Субтропические леса талыша. – Баку, 1979. – 158 с.

11. Гаджиев В.Д., Мусаев С.Г., Акперов З.И., Ибадуллаева С.Д. Биоразнообразие высших растений флоры Азербайджана // Труды Института ботаники НАН Азербайджана. – 2004. – Т. XXV. – С. 88-93.

2. Partenier N.N. Geograficheskiy analiz flory basseina reki Cherek Bezengiiskii (Tsentral'nyi Kavkaz) // Botanicheskiy zhurnal. – 1993. – Т. 78. – № 10. – С. 16-21.

3. Grossgeim A.A. Tipy reliktov // Izv. AzFAN SSSR. – 1939. – С. 74-80.

4. Grossgeim A.A. Relikty Vostochnogo Zakavkaz'ya. – Baku: AzFAN SSSR, 1940. – 43 s.

5. Musaev S.G. Inventarizatsiya endemy flory Azerbaidzhana // Izvestiya NAN Azerbaidzhana. Seriya biol. nauki. – 2005. – Т. 1-2. – С. 125-131.

6. Askerov A.M. Endemy Flory Azerbaidzhana // Izvestiya NAN Azerbaidzhana. Seriya biol. nauki. – 2011. – Т. 66. – № 1. – С. 99-105.

7. Askerov A.M. Konspekt Flory Azerbaidzhana. – Baku: Elm, 2010. – С. 204.

8. Akhundov F.G. Endemy flory Azerbaidzhana: avtoreferat. – Baku: Elm, 1973. – 44 s.

9. Bairamova A.A. Floristicheskoe raznoobrazie osobo okhranyaemykh territorii zapadnykh regionov Azerbaidzhana. – Baku: Elm, 2013. – 323 s.

10. Safarov I.S. Subtropicheskie lesa talysa. – Baku, 1979. – 158 s.

11. Gadzhiev V.D., Musaev S.G., Akperov Z.I., Ibadullaeva S.D. Bioraznoobrazie vysshikh rastenii flory Azerbaidzhana // Trudy Instituta botaniki NAN Azerbaidzhana. – 2004. – Т. XXV. – С. 88-93.

References

1. Yurtsev B.A., Kamelin R.V. Osnovnye ponyatiya i terminy floristiki. – Perm', 1991. – 80 s.



УДК 656.05

С.А. Ульрих, Д.Ю. Каширский, В.И. Ведяшкин
S.A. Ulrich, D.Yu. Kashirskiy, V.I. Vedyashkin

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА

THE STUDY OF TRAFFIC MANAGEMENT TO IDENTIFY OF ENVIRONMENTALLY UNFRIENDLY AREAS OF THE CITY

Ключевые слова: скорость транспортного потока, дорожное движение, исследования скоростного режима, регулируемое пересечение, «узкое» место, выбросы вредных веществ.

Представлено исследование скоростного режима транспортного потока по 22 основным улицам города Барнаула в различные периоды времени и года, определены участки с отклонением скорости от максимально разрешенной, выявлено расположение 60 «проблемных» пересечений в городе, которое может быть использовано при решении организационных и экологических задач в осуществлении транспортного процесса. При проведении исследований учитывались законы пространственной самоорганизации населения, теории

транспортных потоков, методы транспортного планирования и зонирования. Предложено проведение «первичного» исследования скоростного режима улично-дорожной сети с использованием инструментов двух распространенных систем позиционирования, а также частное решение организационной и экологической проблемы на пересечении Павловский тракт – ул. Советской Армии – пр. Строителей г. Барнаула, которое было смоделировано с помощью пакета программного обеспечения по планированию транспортных потоков и организации дорожного движения PTV Vision. Предложенные мероприятия привели к увеличению скорости проезда этого участка более чем на 60% и улучшению экологической ситуации после их практической реализации.

Keywords: *traffic stream speed, road traffic, study of speed rates, signaled crossing, bottle neck, emissions release.*

The research of the traffic speed rates in 22 main streets of the city of Barnaul at different times of a day and year is discussed; the areas with speed rates exceeding the maximum permissible speed limits have been identified. The location of 60 problematic intersections in the city has been revealed; that may be used to solve the management and environmental problems in running the transport process. The studies were based on the laws of spatial self-organization of population, the traffic flow theory

and the methods of transport planning and zoning. It is proposed to conduct a primary research of the speed rates of the road network with the use of two common positioning systems. A specific solution of the management and environmental problems at the crossing of the streets "Pavlovskiy trakt – Sovetskoy Armii – Prospekt Stroiteley" of the city of Barnaul was proposed; that was modeled by using a software package for the planning of the traffic streams and traffic management "PTV Vision". The proposed measures intensified the traffic speed mode of this area by more than 60% and improved the environmental situation.

Ульрих Сергей Александрович, к.т.н., доцент, каф. «Организация и безопасность движения», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Тел.: (3852) 379-356. E-mail: kafedra-obd@mail.ru.

Каширский Дмитрий Юрьевич, к.т.н., доцент, ст. преп., каф. огневой и технической подготовки, Барнаульский юридический институт МВД России. Тел.: (3852) 379-356. E-mail: dimka_kash@mail.ru.

Ведяшкин Валерий Иванович, ст. преп., каф. «Организация и безопасность движения», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Тел.: (3852) 290-809. E-mail: kafedra-obd@mail.ru.

Ulrich Sergey Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Traffic Management and Safety, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. Ph.: (3852) 379-356. E-mail: kafedra-obd@mail.ru.

Kashirskiy Dmitriy Yuryevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Barnaul Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. Тел.: (3852) 379-356. E-mail: dimka_kash@mail.ru.

Vedyashkin Valeriy Ivanovich, Asst. Prof., Chair of Traffic Management and Safety, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. Ph.: (3852) 290-809. E-mail: kafedra-obd@mail.ru.

Введение

На сегодняшний день по г. Барнаулу в утренние и вечерние часы движение по улицам имеет очень стесненный характер. Все это объясняется тем, что за последнее десятилетие парк автотранспортных средств увеличился более чем в два раза. В то же время протяженность городских улиц и проездов увеличилась всего на 4,5%. Средняя скорость движения транспорта снизилась на многих участках улично-дорожной сети (УДС) почти на 40% и составляет 20-40 км/ч, в часы пик падает до 3-10 км/ч, а при неблагоприятных погодных условиях движение на некоторых участках «парализуется». К 2025 г. в городе ожидается уровень автомобилизации порядка 500 авт. на 1000 жителей. С учетом этого уже сегодня требуется пересмотреть всю стратегию развития города с точки зрения организации дорожного движения (ОДД) транспорта и пешеходов, в том числе и для экологической ситуации [1].

Однако для принятия комплексного и эффективного решения проблемы транспортных заторов необходимо тщательное исследование существующей ситуации на дорогах. Кроме того, для улучшения экологической составляющей работы подвижного состава путем повышения средней скорости движения необходимо систематическое изучение организации движения транспортных средств (ТС) и дорожных условий, направленное на выявление «узких» мест. Это возможно выпол-

нить различными способами, но с точки зрения минимизации затрат проводимых исследований для г. Барнаула более эффективными являются современные информационные технологии и программный комплекс АСУ «Навигация».

Цель исследования заключалась в комплексном выявлении «проблемных» транспортных узлов г. Барнаула для улучшения экологии города за счёт проведения мероприятий, повышающих показатели работы автомобильного транспорта.

Объект и методы исследований

В качестве объекта исследования были выбраны основные «транспортные» улицы г. Барнаула Алтайского края, соединяющие его центральную, промышленные и жилые зоны. Получение данных о скоростном режиме проводилось в феврале 2013 и 2014 гг. Скоростной режим по основным магистралям города определялся за 3 дня недели в утренний и вечерний часы пик, а также в период между ними с целью выявления «проблемных» пересечений дорог, в связи с некорректной работой светофорной сигнализации и другими факторами ОДД.

При проведении исследований учитывались законы пространственной самоорганизации населения, теории транспортных потоков, методы транспортного планирования и зонирования.

В рамках «первичного» исследования скоростного режима улично-дорожной сети (УДС) оказалось целесообразным использовать [2] следующие два инструмента распространённых систем позиционирования.

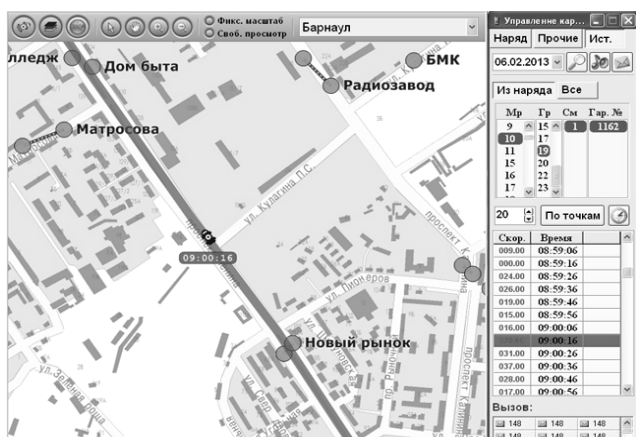


Рис. 1. Параметры движения общественного транспорта в АСУ «Навигация»

Программный комплекс АСУ «Навигация» (функционирующий на базе предприятия «Горэлектротранс» г. Барнаула), основной задачей работы которого является сбор сведений (скорость ТС, место нахождения, отставание/опережение от графика) обо всех подвижных единицах маршрутного пассажирского транспорта, находившихся на маршруте (рис. 1). Эти сведения записываются в архив, что позволяет работать с накопленными базами данных в режиме Off-line, а для стабилизации движения маршрутных транспортных средств работники предприятия в режиме On-line корректируют графики их движения, передавая им уже измененный график движения на устройства Глонасс, находящиеся у каждого водителя в кабине ТС.

Более доступным (мобильным) инструментом оказался сервис программного комплекса «Яндекс пробки» [3], позволяющий проводить анализ по тем же критериям с использованием On-line режима (рис. 2). Использование этого сервиса обусловлено тем, что скорость транспортного потока нельзя оценивать по скорости движения маршрутных ТС в связи с тем, что они производят остановки для посадки/высадки пассажиров, снижение скорости перед остановочными пунктами, маневренность автобусов уступает маневренности легковых транспортных средств и т.п.

При проведении исследования скоростного режима с помощью программного комплекса АСУ «НАВИГАЦИЯ» удалось выявить и проанализировать «узкие» места на УДС города, где маршрутные ТС находились в заторах, и какое время они там пребывали.



Рис. 2. Интерфейс информационного сервиса

Результаты исследования

В результате проведенного анализа скоростного режима с помощью второго инструмента, информационного On-line сервиса, были получены значения скоростей на всех участках (перегонах) исследуемых улиц, но из-за значительного объема информации представлены только средние значения скоростей по улице (табл. 1) в рамках одного дня (понедельник). Также получены графические зависимости скоростного режима для каждой улицы отдельно в обоих направлениях для разных часов суток (рис. 3), позволяющие определить не только динамику скоростного режима, но и границы «узких» мест в рамках пересечений.

Исследование показало, что разница скоростей движения общественного и легкового транспорта весьма значительна и составляет 15-20% в зависимости от числа остановок для посадки-высадки пассажиров, пропускной способности остановочных пунктов, маневренности автобусов и т.д. Поэтому при использовании скорости движения маршрутных ТС в качестве расчетной необходимо вводить соответствующие поправочные коэффициенты, которые являются функцией условий движения автобусов.

В ходе поведения исследования были определены временные интервалы, в период которых наблюдались максимальные по протяженности заторы и резкое снижение скорости транспортного потока на улицах г. Барнаула в 8:9 и 18:19 ч (начало и окончание рабочего дня).

На основании полученных данных по ограничению максимальных разрешенных скоростей на отдельных участках улиц и в ходе обработки результатов определялось отклонение скоростного режима на всех участках относительно значений ограничения максимально разрешенной скорости движения ТС. При определении критерия, позволяющего осуществить выборку неблагоприятных участков, данные по отклонениям скоростей потока от разрешенной скорости усреднялись до единого значения за один день. В результате были выявлены все участки, на которых от-

клонение скорости, от максимально разрешенной, превышает среднее значение по городу за 1 сут. (рис. 4).

Все 60 регулируемых пересечений, на которых отклонения скорости (за половину времени обследования) за 2013 и 2014 гг. превышают среднее значение, представлены на рисунке 5. Участки, на которых в 2014 г. произошло увеличение скорости, благодаря реконструкции полотна дороги, а также изменения схем ОДД выделены зеленым цветом.

Данные пересечения можно рассматривать как предполагаемые объекты для улучшения схемы организации движения и экологических параметров работы транспорта. Но в ходе качественного обследования каждого пересечения их количество может значительно сократиться в связи с высокой интенсивностью пешеходного потока, пересекающего проезжую часть, узкой проезжей частью, плохим состоянием дорожной одежды, неправильно припаркованных автомобилей, пересечение проезжей части детьми и т.д. На оставшихся «проблемных» участках возможно проведение мероприятий, повышающих производительность ТС. Например, по результатам выявленных недостатков в 2012 г.

на пересечении Павловский тракт – ул. Советской Армии – пр. Строителей г. Барнаула было предложено введение светофорного регулирования, при организации которого изменились схема расположения технических средств ОДД и схема организации движения транспортных и пешеходных потоков (рис. 6).

Предлагаемые изменения в схемы организации дорожного движения моделировались с помощью пакета программного обеспечения по планированию транспортных потоков и организации дорожного движения PTV Vision, которое позволило провести: визуализацию дорожного и пешеходного движения, анализ схем организации движения (табл. 2), оптимизацию светофорных циклов при регулировании движения.

Проведенная оценка эффективности предложенных мероприятий по изменению схем организации дорожного движения и реконструкции проезжей части (в межрельсовом участке трамвайных путей) показала, что средняя скорость проезда участка УДС увеличилась на 11,5 км/ч, среднее время задержки транспортного средства составляет 2,6 с, а среднее число остановок транспортного средства – 0,05.

Таблица 1

Средние значения скоростей движения транспортных средств, км/ч

Наименование улицы	Направление движения и время							
	2013 г.		2014 г.		2013 г.		2014 г.	
	утро с 08:00 до 09:00 ч				вечер с 18:00 до 19:00 ч			
	в центр города	из центра города	в центр города	из центра города	в центр города	из центра города	в центр города	из центра города
пр. Космонавтов	26,0	22,0	30,0	33,0	11,0	11,0	30,0	24,4
ул. Солн. Поляна	21,3	20,0	33,8	32,5	26,3	26,3	36,3	38,8
ул. Попова	17,1	19,1	27,1	25,0	18,8	17,9	23,6	28,5
ул. Э. Алексеевой	16,1	17,0	26,1	33,0	20,0	26,0	25,0	31,0
ул. А.Петрова	20,6	25,6	27,1	30,0	22,9	24,4	30,6	25,9
ул. Северо-Западная	15,9	21,4	22,2	32,7	27,7	16,4	30,5	27,7
пр. Ленина	16,5	21,9	20,2	26,9	23,1	19,5	28,6	20,4
пр. Калинина	17,9	18,8	24,6	21,7	17,7	13,3	29,2	24,8
ул. Сизова	-	20	-	20	-	15	-	20
ул. Профинтерна	15,8	21,7	21,7	14,0	18,3	18,3	20,8	15,0
пр. Социалистический	16,7	15,8	23,3	18,3	20,0	7,7	22,2	16,7
пр. Красноармейский	22,9	12,5	25,8	21,7	16,7	16,1	23,3	22,9
ул. Гоголя	17,2	17,2	21,9	20,0	17,7	19,3	17,8	18,3
ул. Партизанская	13,3	16,7	23,9	22,8	17,2	17,8	23,9	20,6
ул. Молодежная	15,6	19,4	17,0	18,5	21,7	15,6	25,0	21,3
ул. Челюскинцев	16,1	15,0	22,2	21,7	13,9	13,3	20,6	13,3
пр. Строителей	15,4	22,5	23,8	27,5	16,3	11,3	27,5	16,9
Павловский тракт	20,2	28,1	23,5	28,5	25,8	17,3	35,8	25,8
ул. Малахова	21,9	18,1	23,8	27,1	16,6	18,0	30,6	27,6
ул. Власихинская	14,4	15,6	21,9	26,9	23,1	23,8	30,6	28,1
Змеиногорский тр-т	27,5	35,8	30,8	31,7	30,8	24,2	45,0	45,0
ул. Сов. Армии	15,0	17,0	24,0	32,0	23,0	21,0	30,0	26,0

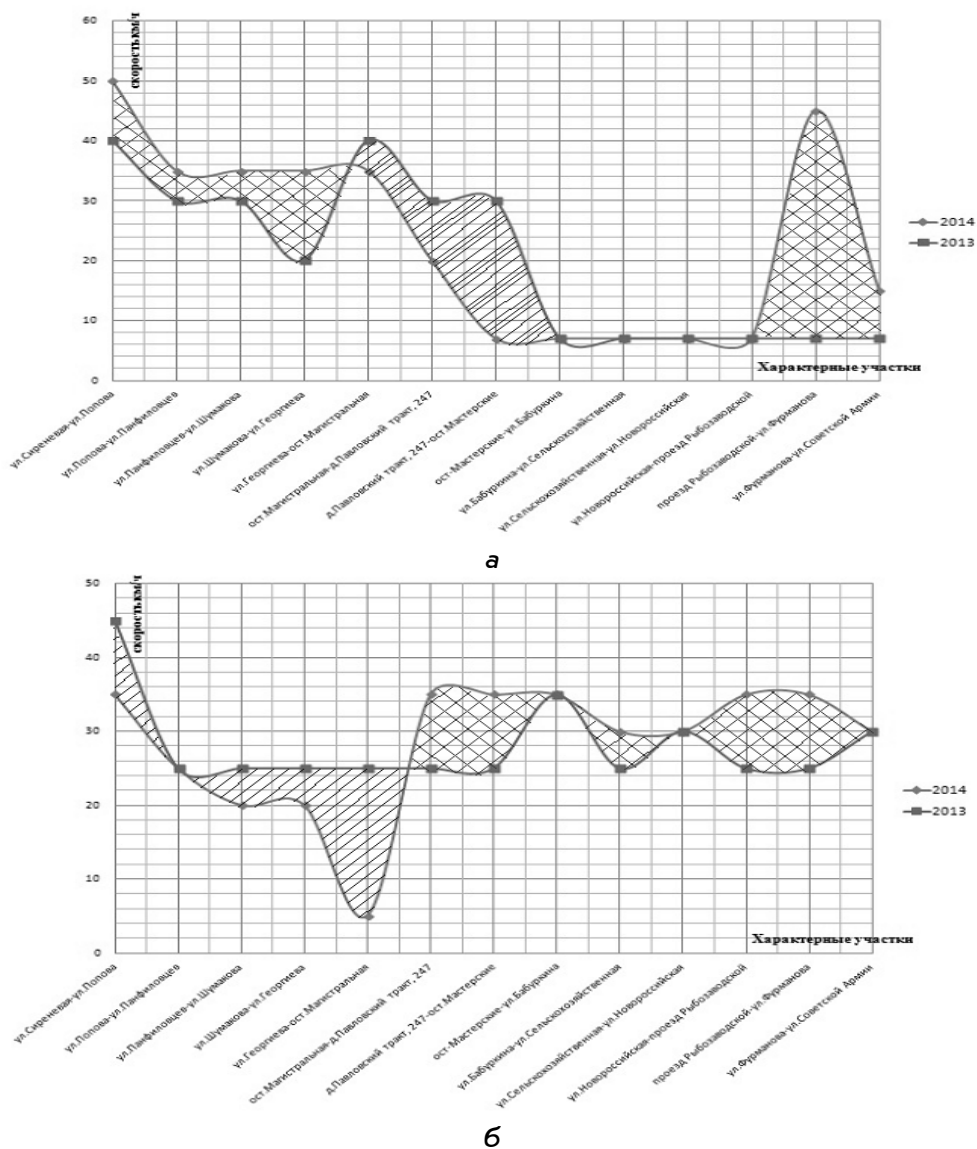


Рис. 3. График скоростного режима на Павловском тракте (пн. 08:00-09:00):
 ▨ – снижение скорости; ▩ – повышение скорости;
 а – направление в центр города; б – направление из центра города

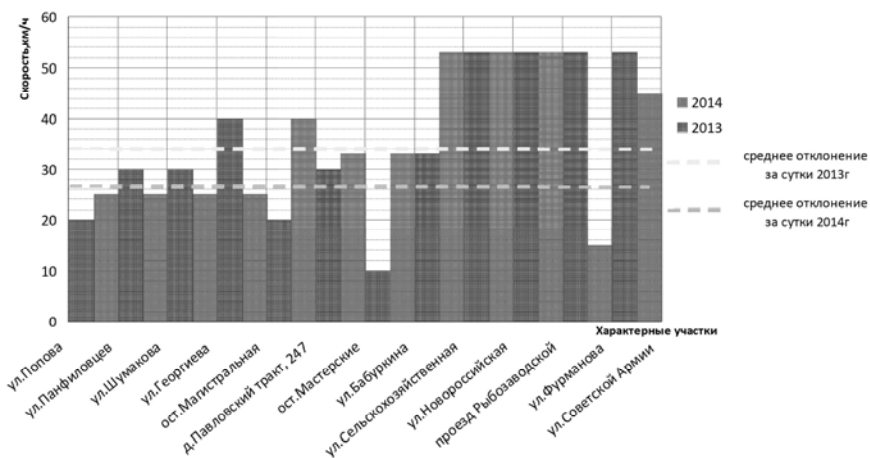


Рис. 4. Выявление участков с отклонением скорости от максимально разрешенной на Павловском тр., движение в центр города (пн. 08:00-09:00)



Рис. 5. Расположение «проблемных» пересечений в городе в 2014 г.:
 ● – «проблемные» пересечения;
 😊 – произошло увеличение скорости по сравнению с 2013 г.

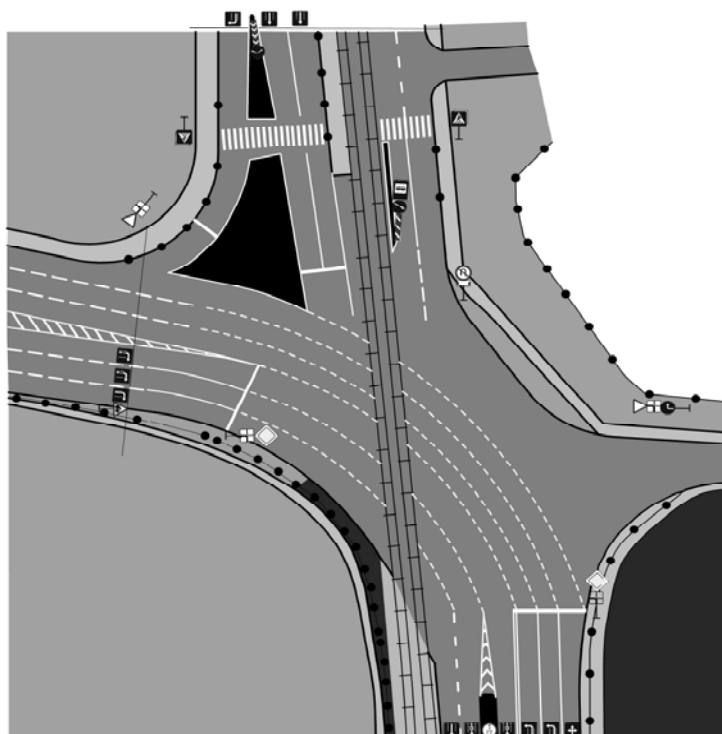


Рис. 6. Предложенная схема расположения технических средств ОДД на перекрёстке Павловский тракт – ул. Советской Армии – пр. Строителей

По результатам проведенного исследования, а также по данным [4] была проведена оценка накопления вредных веществ в воздухе на участке УДС в зависимости от интенсивности движения транспортного потока. Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данному участку M_{Li} , г/с, определялся по выражению:

$$M_{Li} = \frac{L}{3600} \sum_1^k M_{k,i}^{\Pi} \cdot G_k \cdot k_{V_{k,i}}$$

где $M_{k,i}^{\Pi}$ – пробеговой выброс i -го вредного вещества автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации, определяемый по данным [4] таблицы 1, г/км;

k – количество групп ТС;

G_k – фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из k групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения, 1/час;

$k_{V_{k,i}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока (V_k , км/ч) на выбранной автомагистрали (или ее участке), определяемый по данным [4] таблицы 2;

L – протяженность автомагистрали (или ее участка), из которой исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования), км.

Таблица 2
Оценка транспортного потока при изменении схемы ОДД

Показатель ¹	Час пик	
	утренний	вечерний
Среднее время простоя транспортного средства, с	8,427 ²	8,199
Среднее число остановок транспортного средства	0,296	0,277
Средняя скорость, км/ч	19,116	19,490
Среднее время задержки транспортного средства, с	11,80	11,51
	1,96	3,19

Примечание. 1. Скорость на подходе при определении показателей принималась равной 40 км/ч. 2. В числителе указаны значения параметров при существующей схеме ОДД (до 2012 г.), в знаменателе – значения параметров по предлагаемой (введенной) схеме ОДД.

При оценке выбросов в атмосферу рассматриваемый участок задавался протяженностью 1 км. Исходя из выбросов вредных веществ [4] транспортным средством (рис. 7) и количества ТС каждой из групп, полученных натурными наблюдениями, определялся массовый выброс загрязняющих веществ транспортным потоком. Выброс вредных веществ и расход топлива в значительной степени связаны с правильным выбором и последующим прогнозированием изменения скорости движения автомобиля. Ее влияние на эффективность транспортного процесса в реальных условиях эксплуатации даже при одинаковой средней величине весьма заметно [5].

Оценка накопления вредных веществ в воздухе на участке УДС в зависимости от интенсивности движения транспортного потока по представленной методике показала, что при увеличении скорости движения по рассматриваемому участку на 11,5 км/ч количество CO, NO_x, CH сократилось на 17%.

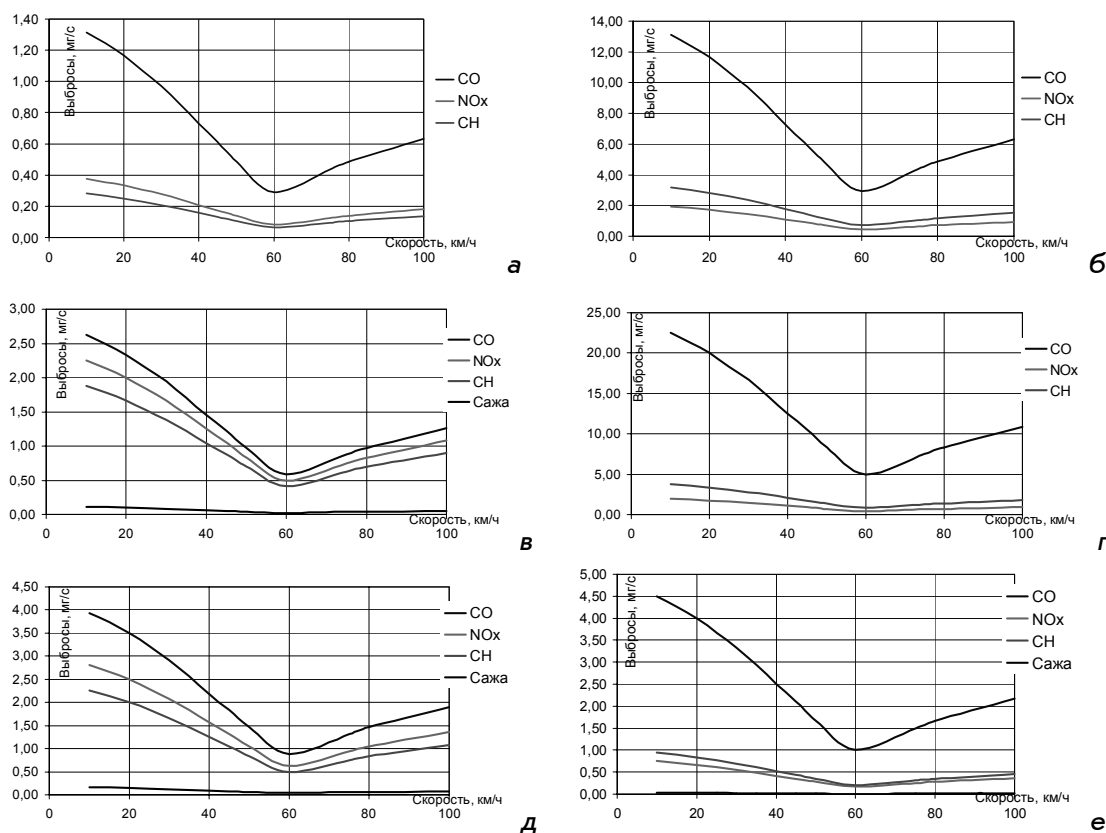


Рис. 7. Выброс вредных веществ транспортным средством на участке УДС (протяженность 1 км) в зависимости от скорости движения транспортного потока:
а – легковое ТС; б – автобус бензиновый; в – автобус дизельный; г – грузовой бензиновый; д – грузовой дизельный; е – микроавтобусы и автофургоны

Заключение

Таким образом, систематический анализ выявленных регулируемых пересечений в рамках проведенного исследования, на которых улучшения скоростного режима не происходит, а также новых «проблемных» пересечений позволяет рассматривать их как объекты с низкими экологическими показателями, нуждающиеся в оптимизации светофорных циклов, а также расчета матрицы транспортной корреспонденции города [6] и иных мероприятиях направленных на повышение пропускной способности УДС города [7]. Все вышеизложенное указывает на необходимость пересмотра существующей системы транспортного обслуживания и существенную корректировку ее показателей, направленную на улучшение экологической ситуации в рассматриваемом населенном пункте.

Библиографический список

1. Информационное агентство «АМИТЕЛ» [электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.amic.ru/news/153177>.
2. Ульрих С.А., Ведяшкин В.И. Получение данных о скоростном режиме на улично-дорожной сети. – Воронеж, 2014. – Т. 2. – С. 201-204.
3. Аналитический центр «Яндекс пробки» [электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://yaprobki.ru>.
4. Дахова О.О. Исследование выбросов автотранспорта в атмосфере города Нальчика // Доклад участников семинара «Экологические проблемы современности» [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mkgfu.ru/docs/KONF_SEM/dahova.pdf.
5. Ерохов В.И., Бондаренко Е.В. Влияние дорожных факторов на выброс вредных веществ и расход топлива автотранспортными средствами // Вестник Оренбургского государственного университета [электронный ресурс]. – 2005. – № 4. – С. 139-151. – Режим доступа: - URL: vestnik.osu.ru/2005_4/25.pdf.

6. Боровиков А.В., Каширский Д.Ю., Ульрих С.А., Ведяшкин В.И. Разработка эффективной матрицы корреспонденции транспортной сети г. Барнаула // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4/3. – С. 185-189.

7. Ульрих С.А., Ведяшкин В.И., Каширский Д.Ю. Разработка алгоритма определения потока насыщения на регулируемых пересечениях г. Барнаула // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4/3. – С. 129-135.

References

1. Informatsionnoe agentstvo «AMITEL» [elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa - URL: <http://www.amic.ru/news/153177>.
2. Ul'rikh S.A., Vedyashkin V.I. Poluchenie dannykh o skorostnom rezhime na ulichno-dorozhnoi seti. – Voronezh, 2014. – T. 2. – S. 201-204.
3. Analiticheskii tsentr «Yandeks probki» [elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa - URL: <http://yaprobki.ru>.
4. Dakhova O.O. Issledovanie vybrosov avtotransporta v atmosfere goroda Nal'chika // Doklad uchastnikov seminarina «Ekologicheskie problemy sovremennosti» [elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://mkgfu.ru/docs/KONF_SEM/dahova.pdf.
5. Erokhov V.I., Bondarenko E.V. Vliyanie dorozhnykh faktorov na vybros vrednykh veshchestv i raskhod topliva avtotransportnymi sredstvami // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta – 2005. – № 4. – S. 139-151. – Rezhim dostupa - URL: vestnik.osu.ru/2005_4/25.pdf.
6. Borovikov A.V., Kashirskii D.Yu., Ul'rikh S.A., Vedyashkin V.I. Razrabotka effektivnoi matritsy korrespondentsii transportnoi seti g. Barnaula // Polzunovskii vestnik. – 2013. – № 4/3. – S. 185-189.
7. Ul'rikh S.A., Vedyashkin V.I., Kashirskii D.Yu. Razrabotka algoritma opredeleniya potoka nasyshcheniya na reguliruemykh peresecheniyakh g. Barnaula // Polzunovskii vestnik. – 2013. – № 4/3. – S. 129-135.

