



**Алексей
Алексеевич
Цариков**
Aleksey A.
Tsarikov



**Наталья
Александровна
Обухова**
Natalya A.
Obukhova



**Ничад
Загид Оглы
Мирзоев**
Nichad Z.
Ogly Mirzoev

Эволюция системы заторов на улично-дорожной сети города Екатеринбурга

Evolution of congestion system on the road network of Ekaterinburg

Аннотация

В статье приводятся результаты исследования нарастания транспортных затруднений на УДС г. Екатеринбурга в 2000–2013 гг. Для пространственного анализа образования заторов и выявления тенденций выделено три зоны города Екатеринбурга: центральная, срединная и периферийная.

Ключевые слова: затор, улично-дорожная сеть (УДС), интенсивность движения.

DOI: 10.20291/2311-164X-2015-4-74-86

Summary

The article presents the results of a study of the growth of traffic congestions on Ekaterinburg road network in 2000–2013. Three zones have been defined in Ekaterinburg to perform spatial analysis of congestions and identify trends: central, middle and peripheral zone.

Keywords: congestion, road network, traffic density.

DOI: 10.20291/2311-164X-2015-4-74-86

Авторы Authors

Алексей Алексеевич Цариков, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), Екатеринбург; e-mail: Zarikof@mail.ru. | **Наталья Александровна Обухова**, аспирант ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), Екатеринбург; e-mail: tasiiao@rambler.ru | **Ничад Загид Оглы Мирзоев**, соискатель ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), Екатеринбург; e-mail: mnizhad@mail.ru.

Aleksey Alekseevich Tsarikov, PhD in Engineering, Associate Professor, FGBOU VPO Ural State Forestry University (USFEU), Ekaterinburg; e-mail: Zarikof@mail.ru | **Natalya Aleksandrovna Obukhova**, PhD student, FGBOU VPO Ural State Forestry University (USFEU), Ekaterinburg; e-mail: tasiiao@rambler.ru | **Nichad Zagid Ogly Mirzoev**, PhD student, FGBOU VPO Ural State Forestry University (USFEU), Ekaterinburg; e-mail: mnizhad@mail.ru.

Первоначально необходимо рассмотреть само понятие «затор». В источнике [1] понятие «дорожный затор», или «автомобильная пробка», определяется как скопление на дороге транспортных средств, движущихся со средней скоростью, значительно меньшей, чем нормальная скорость для данного участка дороги.

Вместе с этим в действующих в Российской Федерации правилах дорожного движения не содержатся прямые определения понятий «затор» и «пробка». При этом п. 13.2 косвенно указывает на один из признаков затора при проезде перекрестка — ситуацию, когда водитель вынужден остановиться на перекрестке, «создав препятствие для движения транспортных средств в поперечном направлении». Во избежание создания пробки для всех направлений движения выезд на перекресток в такой обстановке запрещен, независимо от сигналов светофора [2].

В целом затор (пробка) для транспортной науки РФ понятие новое и малоизученное. Фактически отсутствуют исследования в данной области, а также серьезные монографии и пособия по причинам образования заторов и методам борьбы с ними.

В настоящее время транспортная система Екатеринбурга не отвечает существующим потребностям в обеспечении пассажирских и грузовых перевозок автомобильным транспортом. Наиболее значимой проблемой городской транспортной системы в настоящее время является несоответствие темпов развития и технического состояния сети магистральных улиц сложившемуся спросу на грузовые и пассажирские передвижения на автомобильном транспорте.

Темпы роста уровня автомобилизации в последние несколько лет превышают темпы развития городской дорожно-транспортной инфраструктуры, что привело к превышению спроса над транспортным предложением. Как следствие, происходит увеличение транспортной нагрузки на элементы транспортной системы, ухудшение условий движения автотранспорта, регулярное возникновение заторовых ситуаций на городских магистралях. Не соответствующий транспортным потокам уровень развития дорожной инфраструктуры, невысокий уровень транспортной доступности различных городских территорий также приводят к снижению скорости движения автомобильного транспорта.

Появление транспортных затруднений в Екатеринбурге в середине 80-х годов прошлого века не выглядело угрожающим, и казалось, что со временем по мере развития города они исчезнут [3]. Год от года, однако, ситуация менялась в худшую сторону.

Исследования проблемных мест в 2001 г. показали наличие около 40 пересечений, где необходимо было повышение пропускной способности.

В 2004 г. немногочисленными специалистами Екатеринбурга по организации движения была предпринята масштабная работа по изменению схем регулирования на пересечениях — всего за год было изменено более 70 схем и режимов светофорного регулирования. Несмотря на это, количество заторов увеличилось и зафиксировано на 50 перекрестках.

Уже в 2005 г. количество заторов резко возросло и в вечерние часы пик достигло 93 [4, 5]. Стало ясно, что проблемы достигли катастрофических масштабов и для их решения необходимы системные мероприятия по всему городу и УДС (рис. 1, 2).

Как видно из рис. 1 и 2, уже в 2005 г. структура и направленность заторов, а точнее очередей перед перекрестками, отличалась в утренний и вечерний часы пик. Поскольку Екатеринбург уже в начале 2000-х годов был постиндустриальным городом с ярко выраженным центром, то в утренние часы пик все потоки были направлены в сторону центра. Это означает, что заторы наблюдались при движении от периферии к центру (рис. 1). При этом при движении от центра к периферии движение было относительно свободным (кроме центральной зоны города).

Напротив, в вечерние часы пик работники предприятий, расположенных в центре города, двигались от центра к периферии, что приводило к росту заторов от центра к окраинам (рис. 2). Необходимо отметить, что крайне сложная ситуация в 2005 г. наблюдалась именно в центральной зоне: преодолев центр, автолюбители в большинстве случаев отмечали снижение количества затруднений.

Данный период примечателен тем, что в вечерние часы пик часто наблюдались сетевые заторы. То есть очереди из автомобилей перекрывали стоп-линию следящего перекрестка, что парализовало работу поперечных магистралей, а это, в свою очередь, приводило к сетевому затору. Обычно сетевые заторы возникали в вечерние часы пик и парализовывали движение в центральной зоне. При этом сетевые заторы центральной части города оказывали влияние и на движение в срединных районах.

В 2005 г. специалистам стало понятно, что проблема заторов достигла значительных масштабов и решить проблемы движения в городе можно только снижением интенсивности движения по всей сети, то есть практически все мероприятия по реконструкции сети в центральной и срединной зоне уже в 2005 г. не давали положительного эффекта. Стоило улучшить условия движения на одном узле, как через неделю интенсивность возрастала за счет перераспределения транспортных потоков по сети, и перекресток «вставал» в такую же пробку.

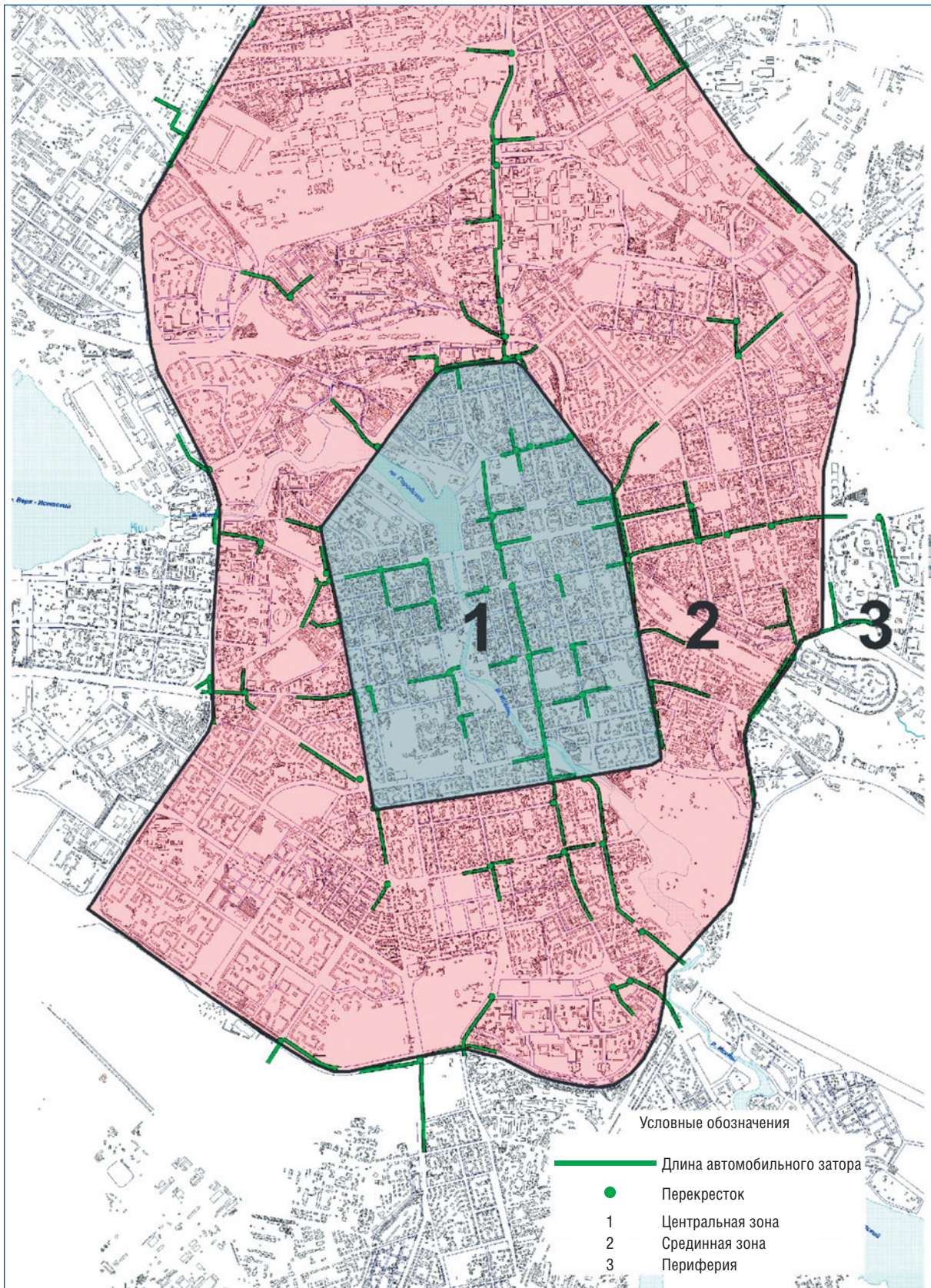


Рис. 1. Схема утренних заторов на улично-дорожной сети г. Екатеринбурга в 2005 г.

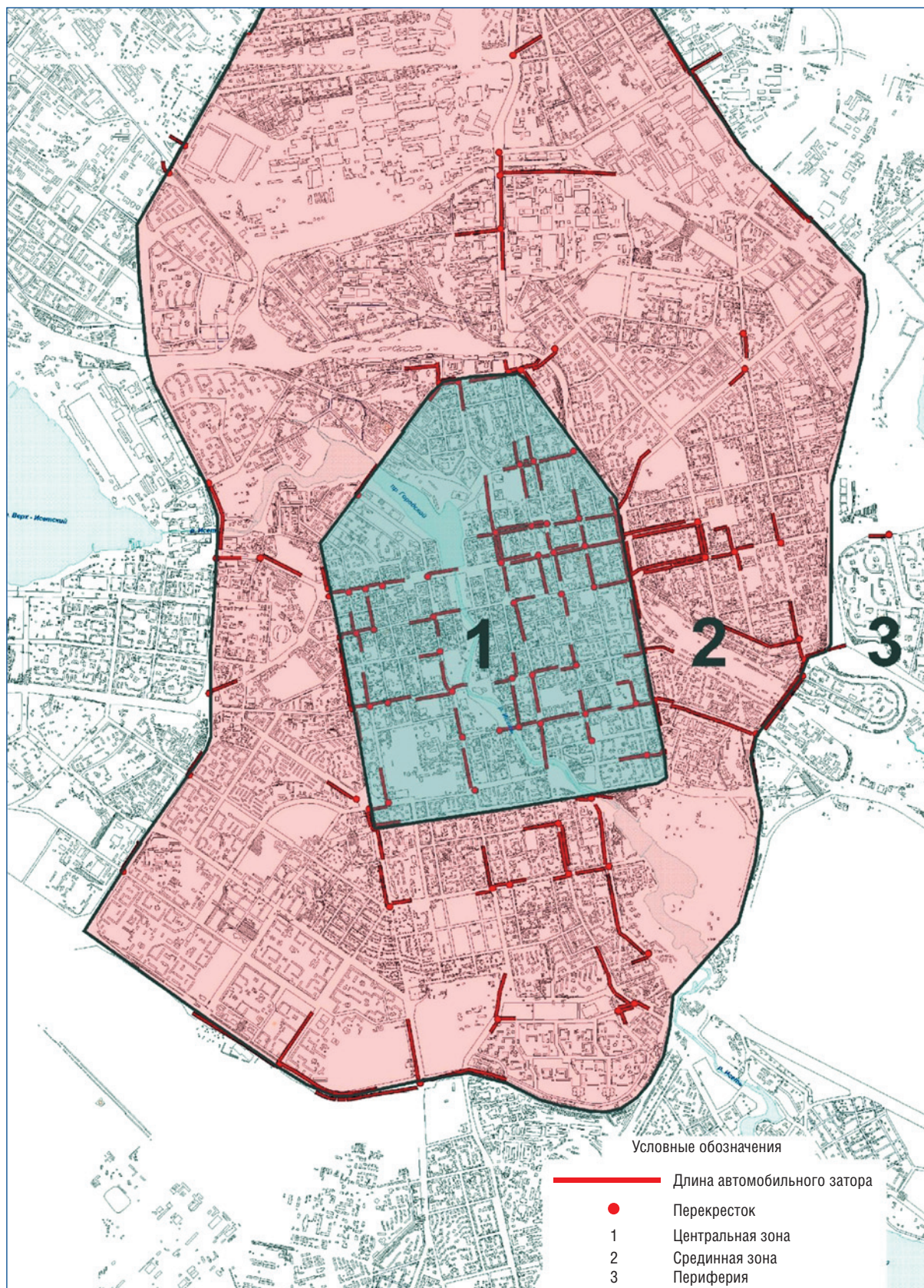


Рис. 2. Схема вечерних заторов на улично-дорожной сети г. Екатеринбурга в 2005 г.

Дальнейшие исследования 2007 г. показали, что количество заторов за два года выросло до 130 [4, 5]. Как видно из рис. 3, наиболее существенный рост заторов зафиксирован в срединной зоне. В данный период времени у специалистов сложилось четкое мнение, что через 2–3 года в городе наступит транспортный коллапс. Прогнозы отягощались тем, что небольшой прирост количества автомобилей, двигающихся одновременно по улицам, давал значительное (в некоторых случаях двукратное) снижение скорости. Таким образом, перспективы роста заторов представлялись крайне негативными. При этом администрация города не понимала того, что проблема заторов приобрела огромные масштабы и необходимо срочно переходить к мероприятиям по снижению объемов перемещений на индивидуальном транспорте в рабочие дни.

Как сказано выше, первоначально заторы появлялись в центральной зоне города; казалось, что срединная и периферийная зоны имеют запас прочности по пропускной способности УДС. Но рост уровня автомобилизации привел к тому, что очень быстро стали появляться заторы, а потом и пробки, в срединной и периферийной зоне. Поэтому процесс движения перешел на новый уровень сложности. Если раньше достаточно было преодолеть центр, и путь для движения был свободен, то с появлением проблем в срединной и периферийной зонах движение по городу в часы пик стало крайне затруднительным.

Данный факт подтвердился при разработке комплексной транспортной схемы Екатеринбургской агломерации (КТС). В рамках КТС также проводилось обследование заторов на улично-дорожной сети городов агломерации, которое показало что к 2013 г. количество заторов выросло до 217. При этом стоит отметить рост количества перекрестков, работающих в режиме заторов в утренний час пик. В предыдущие периоды исследований вечерний час пик имел большее количество заторов [6].

Отметим тот факт, что уже давно не только в часы пик, но и в межпиковые периоды пробки на УДС охватывают в Екатеринбурге и центральную, и срединную зоны города, и даже частично периферийную зону (рис. 4, 5). Как видно из рис. 6, заторы образуют 5–6 периметров вокруг центрального ядра. После прохождения одного из периметров автомобилисты «натываются» на следующий периметр, а за ним на третий. Попытки объезда пробок заканчиваются безрезультатно, поскольку на других направлениях существуют аналогичные периметры заторов. Особенно сложная ситуация с заторами возникает в срединной и центральной зонах, несмотря

на более высокую плотность УДС в этих зонах по сравнению с периферийной зоной.

Данный факт опровергает утверждение, что в пробках стоят неосведомленные водители, и если знать, каким путем ехать, то можно избежать затруднений. Поэтому на определенных этапах эволюции заторов осведомленность о транспортной ситуации на улично-дорожной сети не позволяла выбирать оптимальные маршруты движения.

Исследования 2013 г. выявили несколько интересных фактов. Первый факт опроверг прогноз 2007 г. о том, что в ближайшие 2–3 года в городе наступит транспортный коллапс. В действительности, несмотря на значительный рост количества заторов и ухудшения условий транспортного обслуживания, коллапс не наступил.

Сравнение интенсивности движения транспортных потоков на перекрестках в 2005 и 2013 гг. показал, что на 70 % перекрестков интенсивность движения практически не изменилась, на 15 % — увеличилась незначительно, а на 15 % — перераспределилась внутри узла по направлениям. Таким образом, можно констатировать второй факт: несмотря на практически двукратный рост уровня автомобилизации населения, общий рост интенсивности движения оказался незначительным. Основная причина этого — отсутствие резервов пропускной способности. По сути, улично-дорожная сеть уже в 2005 г. не могла принимать то количество автомобилей, которое хотело передвигаться по ней.

Несмотря на это, оставался еще один вопрос. Уровень автомобилизации вырос практически в два раза, интенсивность движения выросла незначительно, а объемы перевозок общественным транспортом упали на 30–40 %. Что же произошло с транспортными перемещениями населения? Дальнейшие обследования дали ответ и на этот вопрос. Жители города, которых не устраивала скорость сообщения (это касалось как пассажиров общественного транспорта, так и владельцев личных автомобилей), начали перемещаться по городу в часы пик пешком или на велосипеде. Действительно, каждый житель выбирает способ передвижения в зависимости от группы предпочтительных факторов. Если скорость перемещения на автомобиле в ряде случаев сравнивалась со скоростью пешехода или велосипеда, то можно выбирать любой тип перемещения, который удобен на данный момент. Третий факт доказал, что жителям города для перемещений крайне важна скорость, поэтому по мере снижения скорости транспорта они будут искать альтернативные способы перемещения.

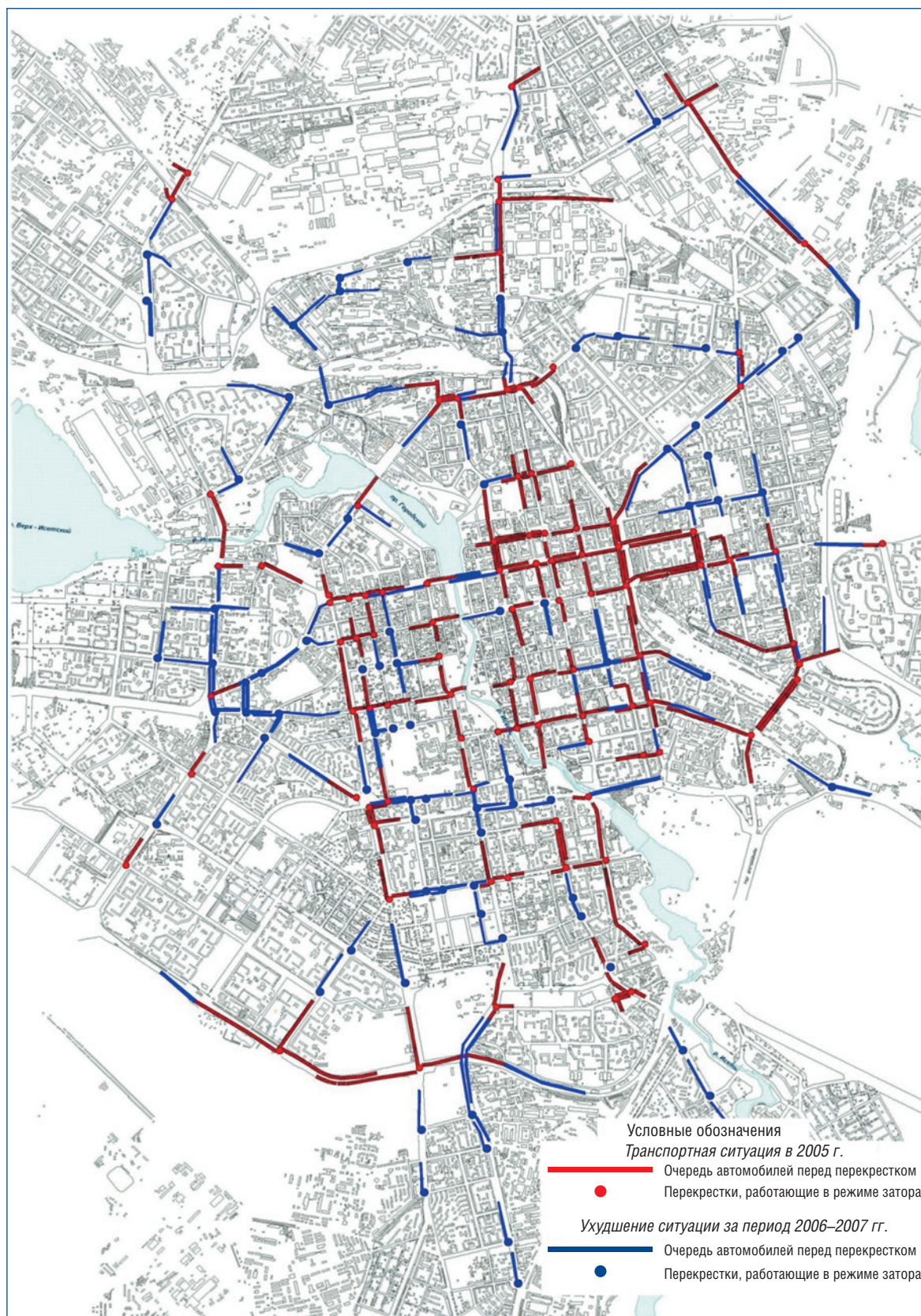


Рис. 3. Пространственное сравнение роста заторов в г. Екатеринбурге в вечерний час пик в 2007 г. по сравнению с 2005 г.

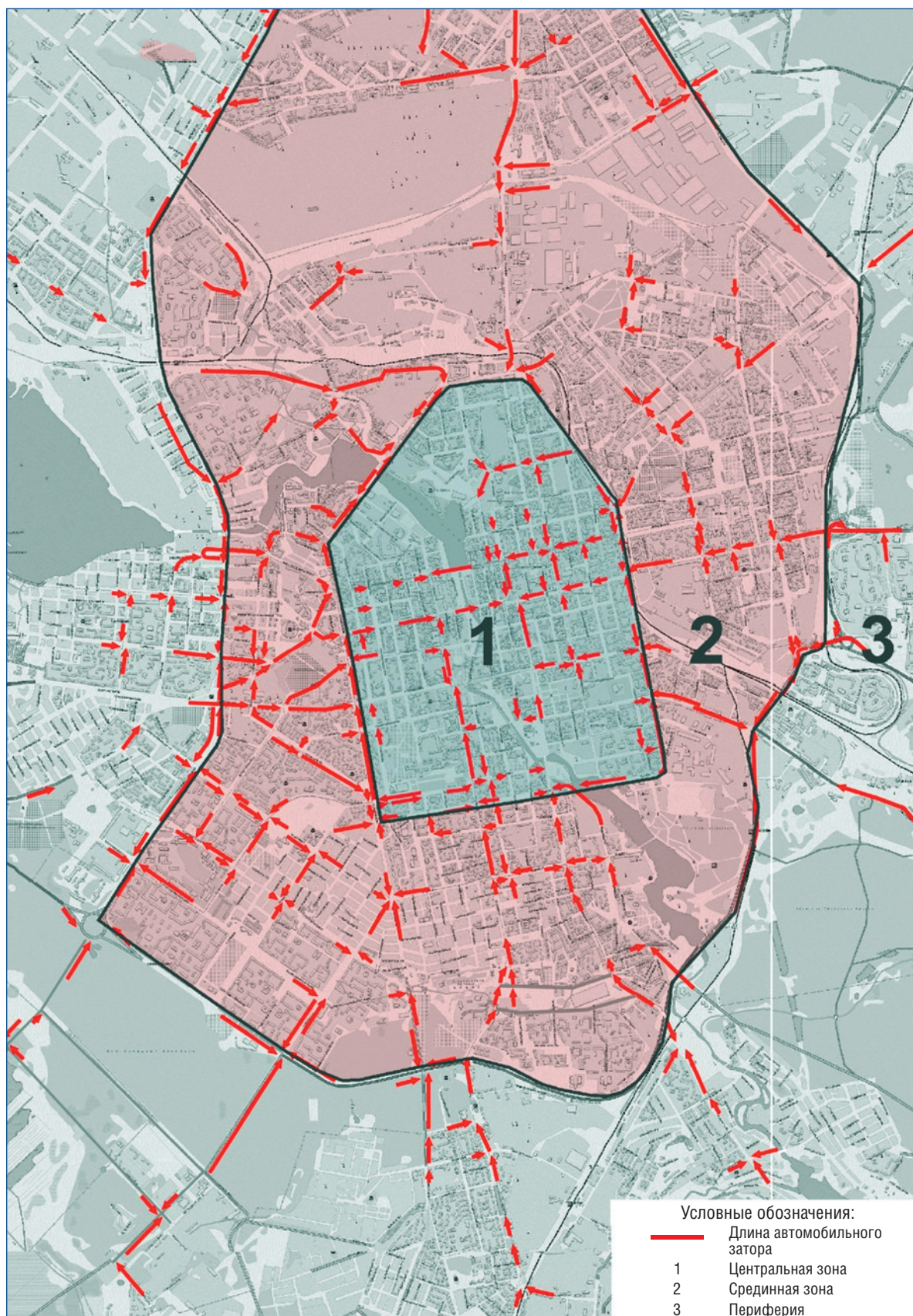


Рис. 4. Схема утренних заторов на улично-дорожной сети г. Екатеринбурга в 2013 г.

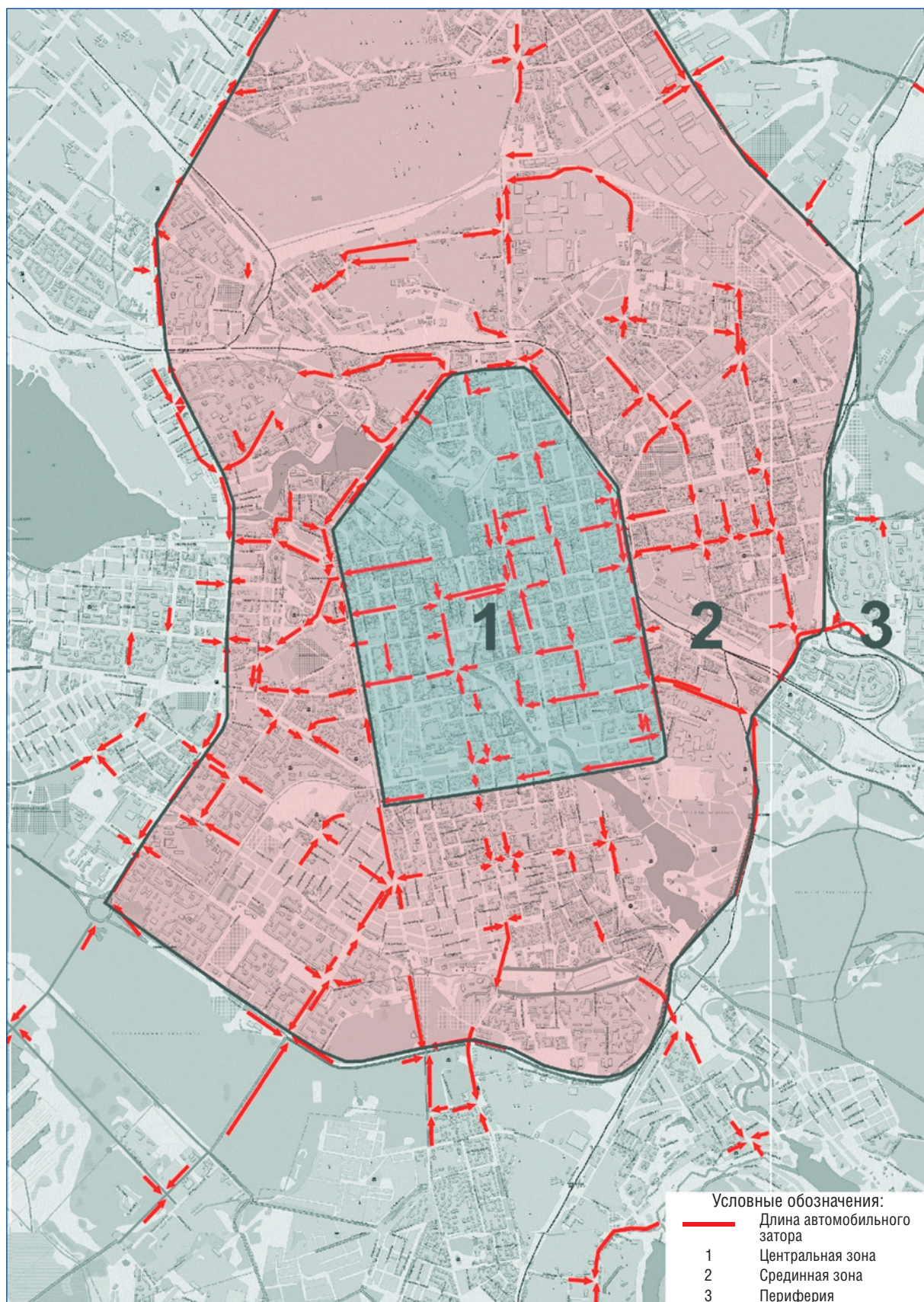


Рис. 5. Схема вечерних заторов на улично-дорожной сети г. Екатеринбурга в 2013 г.



Рис. 6. Схема современного состояния заторов на улично-дорожной сети города Екатеринбург в утренний час пик:

1 — центральная зона; 2 — срединная зона;
3 — периферийная зона

Для сравнения роста заторов за 8 лет с 2005 по 2013 г. проведем сравнение основных характеристик в пиковые периоды. Как видно из табл. 1, протяженность заторов в утренние часы пик достигала 305 км (рост 124% по сравнению с 2005 г.), в которых более 60 000 автомобилей одновременно стоят в пробках или движутся с очень низкими скоростями.

За последние 8 лет, несмотря на критическую ситуацию в центре города, количество заторов выросло на 90%, при этом срединная зона показала рост на 135%. Периферия, которая 8 лет назад не имела транспортных проблем, показала увеличение количества проблемных узлов в 32,5 раза.

Протяженность заторов по городу выросла за последние годы на 124%. При этом значительный рост показали периферийные районы и гораздо меньший рост — срединные и центральные. Меньший рост количества заторов в центре связан с высокой загруженностью центра (перекрестков без заторов практически не осталось), а также значительной перегруженностью срединной зоны, которая не может пропустить большее количество автомобилей, тем самым создавая барьер для полного коллапса центра.

Таблица 1

Характеристика заторов в утренние часы пик г. Екатеринбург в 2013 г. и сравнение с 2005 г.

Зона города	Вид затора	2013 год	2005 год	Прирост за 8 лет
Заторы на пересечениях, ед.				
Центральная	Всего	78	41	90 %
	Первичные	48	30	60 %
	Вторичные	30	11	172 %
Срединная	Всего	87	37	135 %
	Первичные	58	23	152 %
	Вторичные	29	14	107 %
Периферийная	Всего	52	2	2500 %
	Первичные	41	2	1950 %
	Вторичные	11	0	—
По городу	Всего	217	80	171 %
	Первичные	147	55	167 %
	Вторичные	70	25	180 %
Заторы на пересечениях по количеству направлений, ед.				
Центральная	Всего	138	78	77 %
	Первичные	101	61	66 %
	Вторичные	37	17	117 %

Продолжение табл. 1

Зона города	Вид затора	2013 год	2005 год	Прирост за 8 лет
Срединная	Всего	183	66	177 %
	Первичные	139	44	216 %
	Вторичные	44	22	100 %
Периферийная	Всего	89	2	4350 %
	Первичные	73	2	3550 %
	Вторичные	16	0	—
По городу	Всего	410	146	181 %
	Первичные	313	107	193 %
	Вторичные	97	39	149 %
Протяженность заторов, м				
Центральная	Всего	40 000	27 820	44 %
	Первичные	29 500	23 040	28 %
	Вторичные	10 500	4 780	119 %
Срединная	Всего	67 000	29 910	124 %
	Первичные	50 500	20 280	149 %
	Вторичные	16 500	9 630	71 %
Периферийная	Всего	35 700	1000	3470 %
	Первичные	28 300	1000	2730 %
	Вторичные	7 400	0	—
По городу	Всего	142 700	58 730	142 %
	Первичные	108 300	44 320	144 %
	Вторичные	34 400	14 410	139 %
Средняя протяженность заторов, м				
Центральная	Всего	290	357	-19 %
	Первичные	292	378	-23 %
	Вторичные	284	281	1 %
Срединная	Всего	366	453	-19 %
	Первичные	363	461	-21 %
	Вторичные	375	438	-14 %
Периферийная	Всего	401	500	-20 %
	Первичные	388	500	-22 %
	Вторичные	462	0	—
По городу	Всего	348	402	-13 %
	Первичные	346	414	-16 %
	Вторичные	355	369	-4 %
Общая длина заторов с учетом количества полос, м				
Центральная	Всего	94 400	67 350	40 %
	Первичные	73 000	55 090	33 %
	Вторичные	21 400	12 260	74 %

Зона города	Вид затора	2013 год	2005 год	Прирост за 8 лет
Срединная	Всего	143 900	67 350	114 %
	Первичные	108 500	55 090	97 %
	Вторичные	35 400	12 260	188 %
Периферийная	Всего	66 800	2000	3240 %
	Первичные	55 500	2000	2675 %
	Вторичные	11 300	0	—
По городу	Всего	305 100	136 840	124 %
	Первичные	237 000	101 850	134 %
	Вторичные	68 100	34 990	94 %

Таблица 2

Характеристика заторов в вечерние часы пик г. Екатеринбурга в 2013 г. и сравнение с 2005 г.

Зона города	Вид затора	2013 год	2005 год	Рост за 8 лет
Заторы на пересечениях, ед.				
Центральная	Всего	76	56	136 %
	Первичные	40	37	108 %
	Вторичные	36	19	189 %
Срединная	Всего	76	36	211 %
	Первичные	55	29	190 %
	Вторичные	21	7	300 %
Периферийная	Всего	24	1	2400 %
	Первичные	23	1	2300 %
	Вторичные	1	0	—
По городу	Всего	176	93	189 %
	Первичные	118	67	176 %
	Вторичные	58	26	223 %
Заторы на пересечениях по количеству направлений, ед.				
Центральная	Всего	126	115	110 %
	Первичные	74	74	0 %
	Вторичные	52	41	127 %
Срединная	Всего	170	65	261 %
	Первичные	130	51	255 %
	Вторичные	40	14	286 %
Периферийная	Всего	52	1	5200 %
	Первичные	51	1	5100 %
	Вторичные	1	0	—
По городу	Всего	348	181	192 %
	Первичные	255	126	202 %
	Вторичные	93	55	169 %

Окончание табл. 2

Зона города	Вид затора	2013 год	2005 год	Рост за 8 лет
Протяженность заторов, м				
Центральная	Всего	37 300	34 540	108 %
	Первичные	26 800	22 700	118 %
	Вторичные	10 500	11 840	89%
Срединная	Всего	74 300	31 200	238 %
	Первичные	59 500	24 210	246 %
	Вторичные	14 800	6910	214 %
Периферийная	Всего	23 400	150	15 600%
	Первичные	22 400	150	14900%
	Вторичные	1000	0	—
По городу	Всего	135 000	65 810	205 %
	Первичные	108700	47 060	231 %
	Вторичные	26 300	18 750	140 %
Средняя протяженность заторов, м				
Центральная	Всего	296	300	99%
	Первичные	362	307	118 %
	Вторичные	202	289	70%
Срединная	Всего	437	479	91%
	Первичные	458	475	96 %
	Вторичные	370	494	75%
Периферийная	Всего	450	150	300%
	Первичные	439	150	293 %
	Вторичные	1000	0	—
По городу	Всего	387	364	106%
	Первичные	426	373	114 %
	Вторичные	283	341	83%
Общая длина заторов с учетом количества полос, м				
Центральная	Всего	89 700	80 360	111 %
	Первичные	66 500	53 600	124 %
	Вторичные	23 200	26 760	87 %
Срединная	Всего	151 700	79 010	192 %
	Первичные	125 500	67 030	187 %
	Вторичные	26 200	11 980	218 %
Периферийная	Всего	44 800	300	14 900%
	Первичные	43 800	300	14600%
	Вторичные	1000	0	—
По городу	Всего	286 200	159 670	179 %
	Первичные	235 800	120 930	195 %
	Вторичные	50 400	38 740	130 %

А. А. Цариков, Н. А. Обухова, Н. Э. Оглы Мирзоев | Эволюция системы заторов налично-дорожной сети города Екатеринбургa

Стоит отметить, что за 8 лет, несмотря на значительный рост протяженности и количества заторов, средняя их протяженность снизилась на 19%. Данный фактор — результат работы центра организации движения Екатеринбурга по борьбе с вторичными и сетевыми заторами. Иными словами, специалисты центра искусственно распределяли очереди перед светофорами для того, чтобы не происходило блокирования движения из-за выехав-

ших на перекресток автомобилей во время затора. Необходимо указать, что расстояние между светофорами в центре менее 400 метров, а в срединной зоне — менее 550. В связи с этим для борьбы с вторичными заторами необходимо распределять очереди из автомобилей так, чтобы имелся запас. В ином случае малейший сбой в работе будет приводить к сетевым заторам, что снизит скорость сообщения до 1–2 км/ч. **ИТ**

Список литературы

1. Дорожный затор [Электронный ресурс]. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дорожный_затор
2. Новые правила дорожного движения (со всеми последними изменениями). — М. : Эксмо, 2015. — 96 с.
3. Ваксман С. А. Исследование закономерностей автотранспортной загрузки сети магистральных улиц (на примере городов Урала и Казахстана) : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. — Свердловск : УПИ им. С. М. Кирова, 1970. — 25 с.
4. Ваксман С. А., Цариков А. А. Системные заторовые ситуации на улично-дорожной сети крупного города // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XIII международной (16-й Екатеринбургской) науч.-практ. конф. — Екатеринбург : Издательство АМБ, 2007. — С. 122–127.
5. Ваксман С. А. Цариков А. А. Влияние геометрических характеристик УДС на организацию уличного движения // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XII международной (15-й Екатеринбургской) науч.-практ. конф. — Екатеринбург : Издательство АМБ, 2006. — С. 77–82.
6. Ваксман С. А. Цариков А. А. Системные заторовые ситуации на улично-дорожной сети крупного города: сравнение 2005 и 2013 годов // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XX международной (23-й Екатеринбургской) науч.-практ. конф. — Екатеринбург : Издательство АМБ, 2014. — С. 387–393.