

УДК 625.72

*С. В. Алексиков,
М. И. Альшанова***ПОВЫШЕНИЕ
ПРОПУСКНОЙ
СПОСОБНОСТИ
УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ
г. ВОЛГОГРАДА**

Рассмотрены вопросы повышения эффективности функционирования улично-дорожной сети г. Волгограда. В качестве основных показателей эффективности приняты уровень загрузки дорог движением автотранспорта и средней скорости транспортных потоков в зависимости от числа полос движения магистралей, режима работы светофоров, интенсивности движения, длины перегона между регулируемыми перекрестками, состояния проезжей части.

Ключевые слова:
улично-дорожная сеть,
уровень загрузки,
средняя скорость,
интенсивность движения,
проезжая часть.

*S. V. Aleksikov,
M. I. Alishanova***INCREASING THE CAPACITY
OF THE STREET AND ROAD
NETWORK IN VOLGOGRAD**

This article discusses the issues of improving the efficiency of the street and road network in Volgograd. The main indicators of efficiency are the level of road traffic congestion and the average speed of traffic flows, depending on the number of lanes of highways, traffic lights, traffic intensity, the length of the stretch between regulated intersections, and the state of the roadway.

Key words:
road network,
load level,
average speed,
traffic intensity,
roadway.

Введение

Для Российской Федерации проблема повышения пропускной способности улично-дорожной сети (УДС) и увеличения скорости сообщения на городских дорогах приобрела общенациональный масштаб, и ее решение относится к приоритетам социально-экономической политики государства [1, 2]. Рост автомобилизации населения до 7—13 % в год привел к снижению средней скорости транспортных потоков до 10—25 км/ч при оптимальной 30—35 км/ч [3, 4]. На 30—100 % возросли затраты времени на перевозки, до 25—30 % повысился расход топлива, ежегодно растет число ДТП и ухудшается экология. Сложившаяся ситуация привела к снижению качества и надежности функционирования транспортных систем больших городов, снижению эффективности работы всех городских служб. В условиях дефицита бюджета актуально повышать эффективность мероприятий по увеличению пропускной способности городских магистралей в кратчайшие сроки с минимальными денежными затратами. Разработку таких мероприятий необходимо производить на основе оценки взаимодействия транспортных потоков с городскими дорогами, что позволит определить и снизить негативное влияние дорожных условий на пропускную способность УДС.

Причинами низкой пропускной способности УДС являются: близко расположенные регулируемые пересечения, недостаточная ширина проезжей части (ПЧ), высокая интенсивность движения, движение крупногабаритных грузовых автомобилей в транспортном потоке, неудовлетворительное состояние дорожного покрытия и др. [3—5].

Острая ситуация сложилась в городе с пропускной способностью перекрестков. Из 86 обследованных перекрестков Волгограда более 40 % работают в утренний час пик в напряженном режиме: уровень загрузки $Z \geq 0,9$, задержки движения — от 15 мин и выше (рис. 1).

До 24 % обследованных перекрестков в утренний час пик работают на полном пределе, задержки достигают 20 мин и более, перед перекрестками выстраиваются длинные очереди (рис. 2).

Продолжительность задержки транспорта на перекрестках T зависит от уровня их загрузки $Z_{пер}$ (рис. 3):

$$T = 16,88 \cdot Z_{\text{пер}}^{2,22} \quad (1)$$

**Об авторах:
Алексиков**

*Сергей Васильевич –
д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
строительства и эксплуатации
транспортных сооружений,
Волгоградский государственный
технический университет.
Российская Федерация,
400074, г. Волгоград,
ул. Академическая, 1;
AL34rus@mail.ru*

*Aleksikov Sergey Vasil'evich –
Doctor of Engineering Sciences,
Professor, the Head of Construction
and Operation of Transport
Works Department,
Volgograd State Technical
University (VSTU),
1, Akademicheskaya st., Volgograd,
400074, Russian Federation;
ORCID: 0000-0002-9017-8739,
Scopus ID: 57190962527,
AL34rus@mail.ru*

**Альшанова Марина Игоревна –
магистрант,
Волгоградский государственный
технический университет.
Российская Федерация,
400074, г. Волгоград,
ул. Академическая, 1;**

*Alshanova Marina Igorevna –
Master's Degree student,
Volgograd State Technical
University (VSTU),
1, Akademicheskaya st., Volgograd,
400074, Russian Federation*

Одним из эффективных и наименее затратных методов повышения пропускной способности перекрестков является координированное регулирование движения автотранспорта по методу «Зеленая волна». Использование данного метода позволяет снизить транспортные потери с минимальными финансовыми затратами за счет повышения средней скорости и сокращения числа остановок транспорта у регулируемых перекрестков [3].

Излишнее количество регулируемых пересечений характерно для Волгограда и других старых городов со сложившейся застройкой. Короткие перегоны до 300 м наиболее часто встречаются на магистральной УДС. Неудовлетворительное дорожное покрытие, близко расположенные регулируемые пересечения и высокая загруженность движением не позволяют транспортному потоку при малой длине перегона набрать достаточно высокую скорость. Обеспечение минимальной длины перегона между регулируемыми пересечениями, достаточной для развития максимальной скорости потока в заданных дорожных условиях, позволяет значительно повысить пропускную способность магистральной УДС.

Низкая ровность ПЧ части городских дорог на 10–30 % снижает скорость транспортных потоков, увеличивает в 2–4 раза вредные выбросы от автотранспорта в окружающую среду, приводит к росту потерь от дорожно-транспортных происшествий до 20 %.

Цель данной статьи — обоснование эффективных мероприятий по повышению пропускной способности УДС Волгограда.

Основная часть

Обоснование мероприятий по повышению пропускной способности УДС в условиях плотных транспортных потоков необходимо производить на основе оценки их взаимодействия с городскими магистралями, учитывая при этом количество полос движения, интенсивность и состава потоков, состояние дорожного покрытия и режимы светофорного регулирования.

Анализ состояния магистральной сети Волгограда показал, что для УДС характерны: малая длина перегона (перегоны до 500 м составляют более 60 %

протяженности городских магистралей); плотные транспортные потоки (интенсивность движения на 3- и 4-полосных магистралях превышает 2000 прив. ед.); преимущественно легковое движение (71 % перегонов имеют в составе потока более 80 % легковых автомобилей); 2-фазное светофорное регулирование с долей разрешающего такта от общей длительности цикла 0,6.

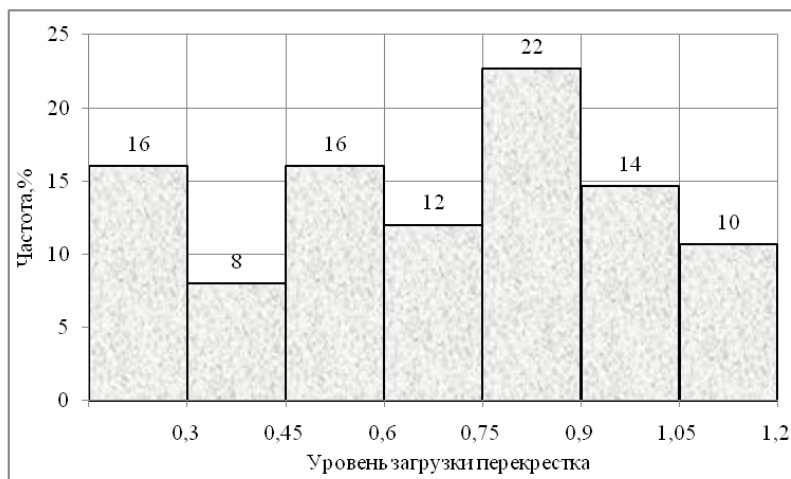


Рис. 1. Гистограмма уровня загрузки перекрестков г. Волгограда



Рис. 2. Автомобильная очередь на пересечении пр. Жукова и ул. Еременко

Установлено, что коэффициент загрузки дорог Z в середине перегона оказывает определяющее влияние на максимальную установившуюся скорость $V_{уст. макс}$. Влияние длины перегона снижается по мере увеличения коэффициента загрузки движением. Выделены три зоны изменения скорости транспортного потока на перегонах: зоны разгона после перекрестка, максимальной установившейся скорости движения, торможения до перекрестка. Максимальная установившаяся скорость $V_{уст. макс}$ наблюдается на перегонах, где регулируемые

перекрестки не оказывают существенного влияния на режимы движения потоков. При коэффициенте загрузки 0,6—0,8 скорость $V_{уст. макс}$ изменяется от 29 до 80 км/ч, в отдельных случаях превышает разрешенную скорость 60 км/ч.

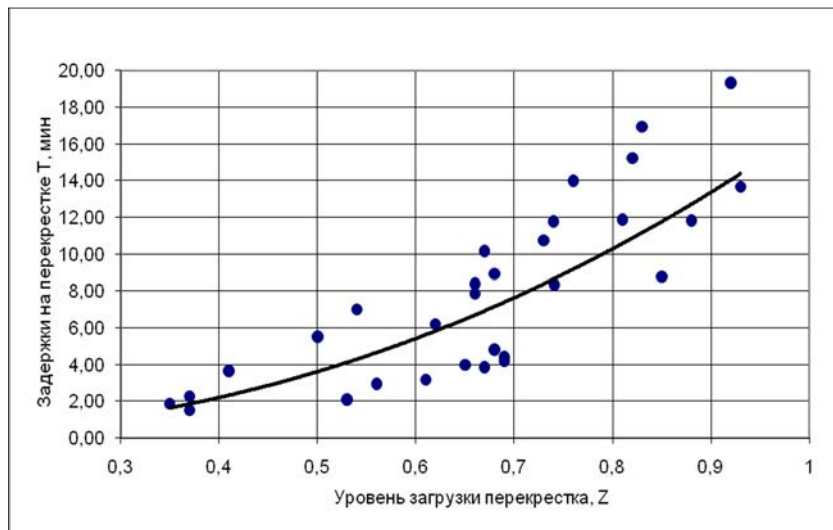


Рис. 3. Зависимость продолжительности задержки на перекрестке T от его уровня загрузки $Z_{пер}$

Установившаяся скорость $V_{уст. макс}$ не наблюдается на перегонах, где регулируемые перекрестки оказывают влияние на режимы движения потока. Скорость сообщения на 30—60 % ниже $V_{уст. макс}$, задержки у регулируемых перекрестков составляют 20—40 % времени проезда.

На основе исследований выделены четыре типа перегонов УДС:

1-й тип перегонов характеризуется наличием участка с постоянной скоростью транспортного потока в середине перегона. Наблюдается на длинных перегонах 760—1450 м и более. Максимальная скорость на перегоне $V_{уст. макс}$ более 50 км/ч.

2-й тип перегонов характеризуется наложением зон влияния смежных перекрестков. Участок с установившейся скоростью движения транспортного потока отсутствует. Наблюдается на коротких перегонах менее 760—1450 м при достаточной пропускной способности перекрестков. Максимальная скорость $V_{уст. макс}$ более 40 км/ч.

3-й тип перегонов характеризуется доминирующим влиянием одного из перекрестков с низкой пропускной способностью. Наблюдается на коротких перегонах менее 760—1450 м. Наблюдается, когда затор, образовавшийся в зоне торможения, распространяется на весь перегон. Зона разгона при этом очень мала. Максимальная скорость $V_{уст. макс}$ более 40 км/ч.

4-й тип перегонов характеризуется отсутствием четко выраженных зон изменения скорости потока. Наблюдается на перегонах любой длины, работающих в режиме затора. Максимальная скорость транспортного потока на перегоне $V_{уст. макс}$ не более 30—40 км/ч.

На перегонах 1-го типа состояние ПЧ на скорость автомобилей не является определяющим, в большинстве случаев длина перегона достаточна для

объезда локальных повреждений покрытия. Максимальная скорость потока зависит от длины перегона L_n и коэффициента загрузки участка z_{ci} :

– для 1-й полосы (коэффициент корреляции 0,89):

$$V_{\text{ус. max } i} = 30 \cdot L_n^{0,07} \cdot z_{ci}^{-0,27}, \quad (2)$$

– для 2-й полосы (коэффициент корреляции 0,91):

$$V_{\text{ус. max } i} = 20,71 \cdot L_n^{0,13} \cdot z_{ci}^{-0,28}, \quad (3)$$

– для 3-й полосы (коэффициент корреляции 0,92):

$$V_{\text{ус. max } i} = 9,06 \cdot L_n^{0,25} \cdot z_{ci}^{-0,29}, \quad (4)$$

– для 4-й полосы (коэффициент корреляции 0,85):

$$V_{\text{ус. max } i} = 16,58 \cdot L_n^{0,17} \cdot z_{ci}^{-0,33}, \quad (5)$$

– общее для направления (коэффициент корреляции 0,85):

$$V_{\text{ус. max } i} = 20,39 \cdot L_n^{0,13} \cdot z_c^{-0,30}. \quad (6)$$

На коротких перегонах 2 и 3-го типов маневры автомобилей для объезда повреждений на дорожном покрытии ограничены, поэтому состояние ПЧ влияет на установившуюся скорость транспортного потока:

$$V_{\text{ус. пер}} = 35,4 \cdot L_n^{0,02} \cdot z_c^{-0,55} \cdot S^{-0,11}, \quad (7)$$

где S — площадь деформированной поверхности дорожного покрытия, %; z_c — коэффициент загрузки перегона между перекрестками. Коэффициент корреляции равен 0,82.

На перегонах 2, 3 и 4-го типов небольшая длина перегона между регулируемы перекрестками и высокий коэффициент их загрузки не позволяют транспортному потоку развить максимально возможную скорость $V_{\text{ус. max}}$. Повысить скорость и пропускную способность перегонов возможно увеличением их длины, достаточной для разгона потока до максимальной установившейся скорости ($V_{\text{ус. max}}$) и последующего торможения перед перекрестком (рис. 4).

Минимальная длина перегона должна находиться в пределах от 760—1450 м в зависимости от коэффициента загрузки в зоне торможения и разгона, а также количества полос движения (табл. 1).

Коэффициент загрузки перекрестков оказывает большее влияние на минимальную длину перегона, чем количество полос движения. Поэтому мероприятия по повышению скоростного режима должны быть направлены в первую очередь на снижение коэффициента загрузки в зоне влияния перекрестков, что позволит снизить минимальное расстояние до 760—900 м.

На участках с повреждениями ПЧ скорость транспортных потоков снижается до 30 %. Установлено, что состояние ПЧ не влияет на максимальную скорость транспортного потока в следующих случаях:

- а) на перегонах с площадью деформаций покрытия до 7 %;
- б) на перегонах длиной более 350 м;
- в) на участках в зоне разгона или торможения вблизи регулируемых перекрестков.

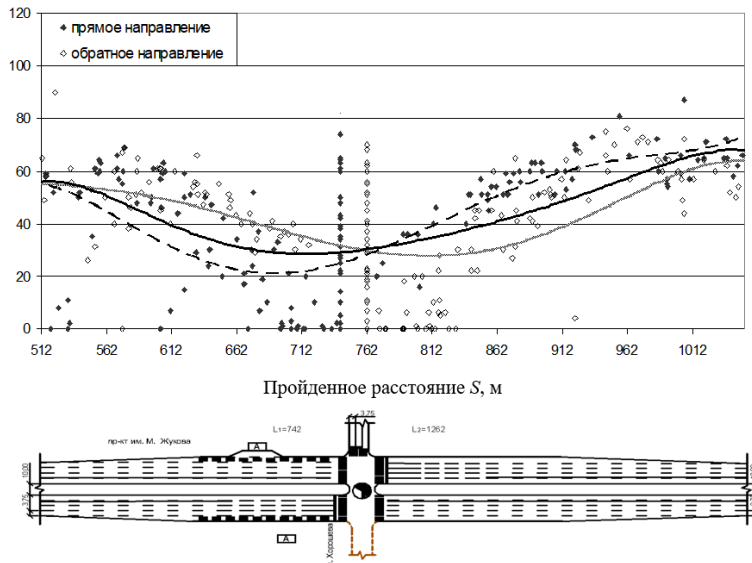


Рис. 4. Изменение скорости транспортного потока на пересечении пр. Жукова – ул. Хорошева

Таблица 1. Минимальная длина дороги между перекрестками

Число полос движения в одном направлении	Коэффициент загрузки перекрестка в зоне		Минимальная длина		
	разгона	торможения	зоны разгона	зоны торможения	перегона
2	0,3—0,7	0,3—0,5	410	350	760
		0,5—0,7		450	860
		0,7—1		650	1060
		1—1,2		700	1110
	0,7—1	0,3—0,5	520	350	870
		0,5—0,7		450	970
		0,7—1		650	1170
		1—1,2		700	1220
	1—1,2	0,3—0,5	620	350	970
		0,5—0,7		450	1070
		0,7—1		650	1270
		1—1,2		700	1320
3,4	0,3—0,7	0,3—0,5	460	400	860
		0,5—0,7		450	910
		0,7—1		650	1100
		1—1,2		750	1210
	0,7—1	0,3—0,5	550	400	950
		0,5—0,7		450	1000
		0,7—1		650	1200
		1—1,2		750	1300
	1—1,2	0,3—0,5	650	400	1050
		0,5—0,7		450	1100
		0,7—1		650	1300

На перегонах длиной более 350 м максимальная скорость проезда снижается в зависимости от площади повреждений ПЧ (рис. 5). На коротких перегонах до 350 м влияние регулируемых пересечений доминирующее. В таких условиях транспортные средства вынуждены медленно двигаться независимо от наличия повреждений.

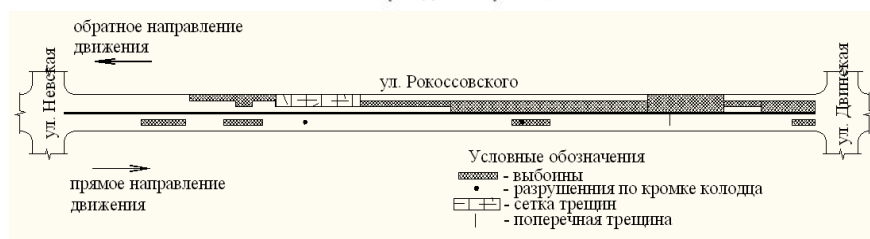
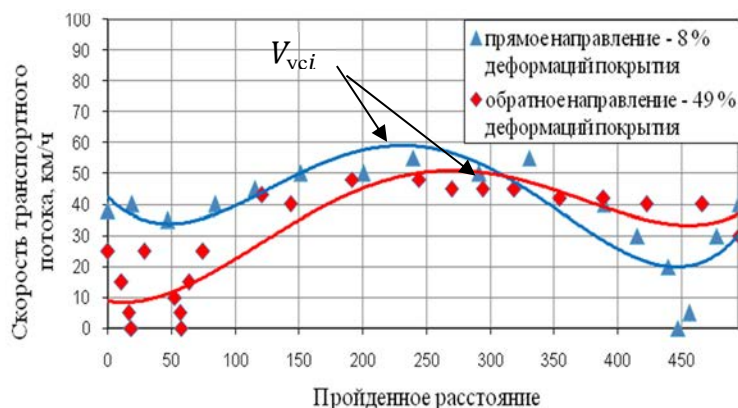


Рис. 5. Изменение скорости транспортного потока на перегоне по ул. Рокоссовского (от ул. Невской до ул. Двинской; $L_n = 495$ м, $z_c = 0,4$)

Площадь деформированного покрытия линейным образом зависит от показателя ровности ПЧ IRI (рис. 6), который легко фиксируется при диагностике ПЧ ходовой дорожной лабораторией [6, 7].

Изменения показателя ровности ПЧ по участкам УДС позволяют определить среднюю скорость транспортного потока в пределах перегонов более 350 м (рис. 7), оценить экономическую эффективность ремонта дорожного покрытия [8].

В качестве основных мероприятий по повышению пропускной способности УДС предлагаются [3]:

- корректировка параметров светофорного цикла (увеличение доли горения основного такта);
- совершенствование схемы организации дорожного движения (запрет левых поворотов);
- введение координированного регулирования движения «Зеленая волна»;
- уширение ПЧ в зоне перекрестков;
- уширение ПЧ в середине перегона;
- увеличение длины перегона между перекрестками путем перекрытия (ликвидации) одного из перекрестков или примыкания;
- повышение ровности ПЧ путем ее ремонта.

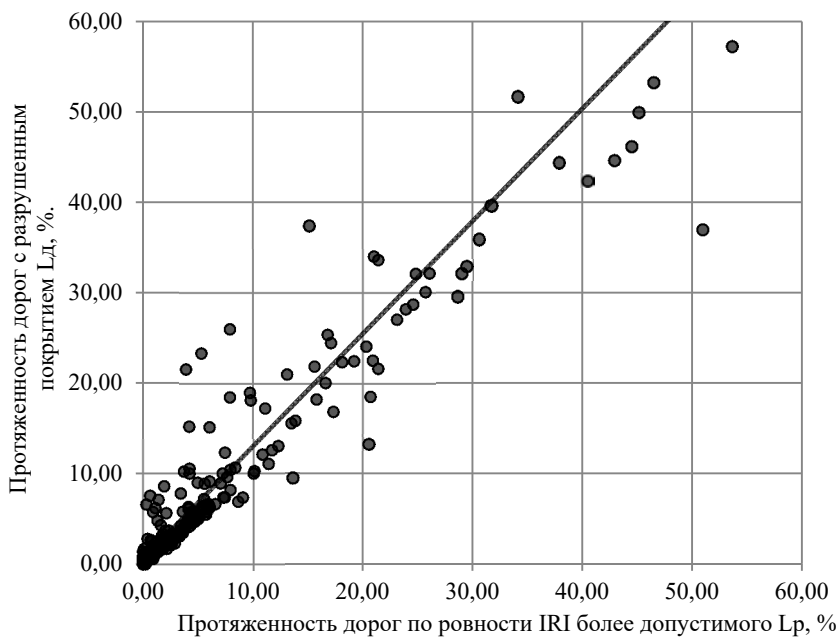


Рис. 6. Зависимость протяженности дорог с разрушенным покрытием от показателя ровности IRI более допустимого

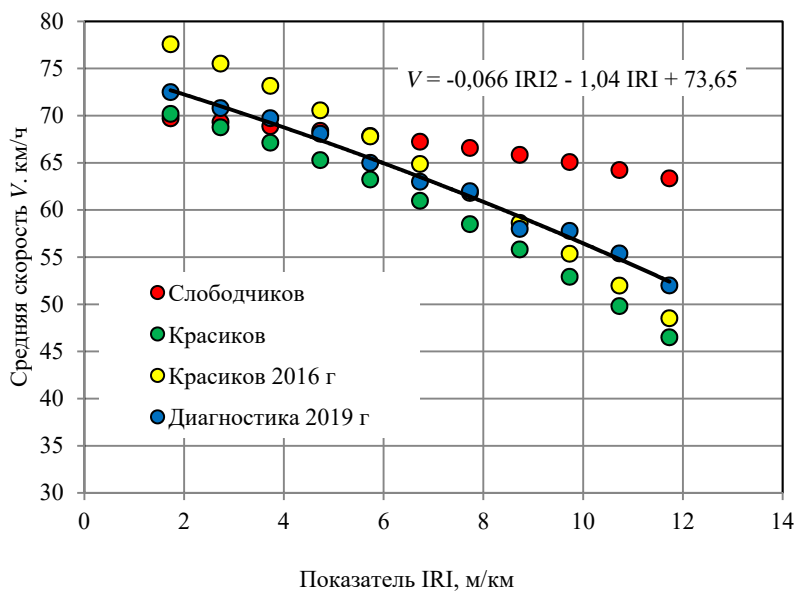


Рис. 7. Зависимость средней скорости транспортного потока от ровности покрытия

Мероприятия по повышению пропускной способности необходимо назначать в зависимости от дорожно-транспортных условий, которые формируются при одновременном влиянии нескольких факторов: количества полос движения, доли разрешающего такта светофоров, интенсивности движения и длины перегона, состояния ПЧ.

За критерий эффективности следует принимать коэффициент загрузки перегона z_c , который учитывает влияние длины перегона, числа полос движения, параметров светофорного регулирования и состояния дорожного покрытия на пропускную способность городской магистрали.

При коэффициенте загрузки перекрестков до 0,7 рекомендуются мероприятия по корректировке светофорного цикла и схемы организации дорожного движения. Введение режима «Зеленая волна» рекомендуется при коэффициенте загрузки перекрестков 0,7—1,0. В случае, когда перекрестки работают в состоянии затора (коэффициенты загрузки перекрестков больше 1,0), необходимо проводить уширение ПЧ в зоне влияния перекрестков. В условиях плотных транспортных потоков, когда коэффициент загрузки перегона больше 1, рекомендуется уширение по всей длине перегона или перекрытие перекрестков (примыканий) на перегоне между перекрестками.

Увеличение длительности основного такта зеленого сигнала светофора на $0,2T_c$ необходимо предусматривать после проведения других альтернативных мероприятий (запрета левых поворотов и (или) устройства «Зеленой волны»), поскольку данное мероприятие приводит к увеличению загруженности на второстепенных направлениях перекрестков, ограничивающих перегон.

Ведение режима «Зеленая волна» на городских магистралях с двумя полосами движения в одном направлении позволяет обеспечивать увеличение пропускной способности УДС на 15—30 %. Мероприятия по увеличению доли зеленого сигнала с 0,6 до 0,8 позволяют повысить пропускную способность перекрестков до 500 приведенных авт./ч. При этом увеличение доли зеленого сигнала эффективно на перегонах длиной до 900 м.

Повышение ровности дорожного покрытия до нормативных значений путем ремонта дороги позволяет повысить среднюю скорость транспортного потока и пропускную способность городской магистрали до 30 %.

Выводы

1. Рост автомобилизации населения до 7—13 % в год привел к снижению средней скорости транспортных потоков до 10—25 км/ч при оптимальной 30—35 км/ч. На 30—100 % возросли затраты времени на перевозки, ежегодно растет число ДТП и ухудшается экология. Причинами низкой пропускной способности УДС являются: близко расположенные регулируемые пересечения, недостаточная ширина ПЧ, высокая интенсивность движения, движение крупногабаритных грузовых автомобилей, неудовлетворительное состояние дорожного покрытия. Сложившаяся ситуация привела к снижению качества и надежности функционирования транспортной системы Волгограда, эффективности работы всех городских служб. В условиях дефицита бюджета актуально повышать эффективность мероприятий по увеличению пропускной способности городских магистралей в кратчайшие сроки с минимальными денежными затратами.

2. Установлено влияние протяженности перегонов между перекрестками и уровня их загрузки движением транспорта, состояния и ширины ПЧ, режимов работы светофоров на скорость транспортных потоков и пропускную способность УДС Волгограда.

3. Обоснованы эффективные мероприятия по повышению скорости транспортных потоков и пропускной способности УДС Волгограда в зависимости от дорожно-транспортных условий, которые формируются при совместном влиянии нескольких факторов: числа полос движения магистрали, доли разрешающего такта светофоров, интенсивности движения, длины перегона между регулируемыми перекрестками, состояния ПЧ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антюфеев А. В., Птичникова Г. А. Линейный город. Градостроительная система «Большой Волгоград». Волгоград : ВолГТУ, 2018. 196 с.
2. Антюфеев А. В., Антюфеева О. А. Транснациональные коридорные структуры расселения: анализ теоретических концепций // Социология города. 2019. № 4. С. 33—43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41708310>.
3. Алексиков С. В., Волченко С. В. Повышение пропускной способности городских дорог на основе оценки скоростного режима транспортных потоков // Дороги и мосты. 2013. № 2. С. 237—249. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21069191>.
4. Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Фоменко Н. А. Парковки на городских дорогах // Социология города. 2019. № 4. С. 62—69. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41708313>.
5. Сильянов В. В., Домке Э. Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. М.: Академия, 2008. 352 с.
6. Красиков О. А. Обоснование требований к ровности дорожных покрытий в период эксплуатации // Дороги и мосты. 2016. № 2 (36). С. 132—136. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28090405>.
7. Чванов В. В., Стрижевский Д. А. Исследование влияния продольной ровности поверхности дорожного покрытия на безопасность дорожного движения // Дороги и мосты. 2009. № 1(21). С. 191—198. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17255383>.
8. Чванов В. В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом работы водителя. М. : Инфра-М, 2010. 416 с.

REFERENCES

1. Antyufeev A. V., Ptichnikova G. A. *Lineinyi gorod. Gradostroitel'naya sistema «Bol'shoi Volgograd»* [Linear city. Town-planning system “Large Volgograd”]. Volgograd, Volgograd State Technical University, 2018. 196 p.
2. Antyufeev A. V., Antyufeeva O. A. [Transnational urban corridor: analysis of theoretical concepts. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of the City], 2019, no. 4, pp. 33—43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41708310>.
3. Aleksikov S. V., Volchenko S. V. Increase the traffic capacity of urban roads on the basis of an assessment of speed limits traffic flows. *Dorogi i mosty* [Roads and Bridges], 2013, no. 2, pp. 237—249. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21069191>.
4. Aleksikov S. V., Leskin A. I., Goffman D. I., Fomenko N. A. [Passing parking on city roads]. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of the City], 2019, no. 4, pp. 62—69. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41708313>.
5. Silyanov V. V., Domke E. R. *Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits* [Transport and operational qualities of highways and city streets]. Moscow, Academy, 2008. 352 p.
6. Krasikov O. A. [Justification of requirements for the evenness of road surfaces during operation]. *Dorogi i mosty* [Roads and Bridges], 2016, no. 2, pp. 132—136. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28090405>.
7. Chvanov V. V., Strizhevskiy D. A. Investigation of the influence of the longitudinal flatness of the road surface on road safety. *Dorogi i mosty* [Roads and Bridges], 2009, no. 1, pp. 191—198. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17255383>.

8. Chvanov V. V. *Metody otsenki i povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya s uchetom raboty voditelya* [Methods for evaluating and improving road safety with consideration of the driver's work]. Moscow, Infra-M, 2010. 416 p.

© Алексиков С. В., Альшанова М. И., 2020

Поступила в ноябре 2020

Received in November 2020

Ссылка для цитирования: Алексиков С. В., Альшанова М. И. Повышение пропускной способности улично-дорожной сети г. Волгограда // Социология города. 2020. № 4. С. 58—68.

For citation: Aleksikov S. V., Alishanova M. I. [Increasing the capacity of the street and road network in Volgograd]. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of City], 2020, no. 4, pp. 58—68.