

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА СКОРОСТЬ СООБЩЕНИЯ НА СЕГМЕНТАХ ГОРОДСКИХ УЛИЦ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Ж. Т. Пиров¹, А. Ю. Михайлов²

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

¹e-mail: Vilia-7@mail.ru

²e-mail: mikhaylov_ay@mail.ru

Аннотация. Целью данного этапа выполняемого исследования является выявление закономерностей влияния на скорость сообщения распределения транспортных потоков на замыкающем сегменте регулируемого перекрестке. В современной мировой практике организации дорожного движения (ОДД) параметр «скорость сообщения» используется как основной критерий оценки уровня обслуживания (level of service – LOS) транспортных потоков регулируемой улично-дорожной сетью. При этом базовым элементом анализа регулируемых улично-дорожных сетей является сегмент, включающий перегон улицы и замыкающий его перекресток.

На предыдущем этапе исследования для 156 сегментов с регулируемым движением в г. Душанбе были получены регрессионные уравнения «скорость – интенсивность», свободные члены которых приняты значениями скорости в свободных условиях. На основе полученных значений скорости в свободных условиях разработаны оценочные шкалы уровня обслуживания.

После разработки оценочной шкалы уровней обслуживания принято решение выявить закономерности влияния на скорость сообщения и уровень обслуживания характеристик ОДД на регулируемых сегментах.

Перечень характеристик ОДД на регулируемых сегментах довольно широк, поскольку включает геометрические параметры сегмента, наличие точек доступа к проезжей части с прилегающих территорий, наличие остановочных пунктов общественного пассажирского транспорта, наличие или отсутствие средств успокоения движения. В зарубежных исследованиях уже рассматривалось влияние на скорость сообщения сочетания плотности транспортного потока и протяженности сегмента. Поэтому на данном этапе выполняемого нами исследования принято решение выявить закономерности влияния на скорость сообщения распределения транспортных потоков по направлениям движения на замыкающем сегменте пересечения, включая эффект наличия или отсутствия конфликта левоповоротного движения.

Рассмотреть широкий диапазон сочетаний длины сегмента и распределения транспортных потоков по направлениям движения на замыкающем пересечении возможно лишь с применением микромоделирования и для этого выбрана программа PTV VISSIM.

Выполненный этап исследования подтвердили влияние на скорость сообщения неравномерности распределения транспортных потоков по направлениям движения на замыкающем пересечении, включая эффект наличия или отсутствия конфликта левоповоротного движения. На следующих этапах следует рассмотреть: влияние остановочных пунктов общественного пассажирского транспорта; наличие или отсутствие уличных парковок; наличие или отсутствие средств успокоения дорожного движения.

Ключевые слова: сегмент городской улицы, скорость сообщения, скорость движения в свободных условиях, уровень обслуживания.

Для цитирования: Пиров Ж. Т., Михайлов А. Ю. Влияние распределения транспортных потоков на скорость сообщения на сегментах городских улиц с регулируемым движением // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2. – С. 115–124. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-115.

INFLUENCE OF THE DISTRIBUTION OF TRAFFIC FLOW ON THE SPEED OF COMMUNICATION ON SEGMENTS OF CITY STREETS WITH CONTROLLED TRAFFIC

Zh. T. Pirov¹, A. Yu. Mikhailov²

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

¹e-mail: Vilia-7@mail.ru

²e-mail: mikhaylov_ay@mail.ru

Abstract. The aim of this stage of the study is to identify patterns of influence on the speed of communication of the distribution of traffic flows at the closing segment of the regulated intersection. In modern world practice of traffic management (ODD), the parameter «message speed» is used as the main criterion for assessing the level of service (level of service– LOS) of traffic flows by a regulated street-road network. At the same time, the basic element of the analysis of regulated street-road networks is the segment, which includes driving the street and closing its intersection.

At the previous stage of the study, regression equations «speed – intensity² were obtained for 156 segments with controlled movement in Dushanbe, the free terms of which are accepted as the values of speed in free conditions. Based on the obtained speed values in free conditions, service level rating scales have been developed.

After developing an assessment scale for service levels, it was decided to identify patterns of influence on the message speed and service level of the ODD characteristics in regulated segments.

The list of ODD characteristics in regulated segments is quite wide, since it includes the geometric parameters of the segment, the availability of access points to the carriageway from the adjacent territories, the presence of public passenger transport stopping points, and the presence or absence of means to calm traffic. In foreign studies, the influence of the combination of traffic density and segment length on the communication speed has already been examined. Therefore, at this stage of our study, we decided to identify patterns of influence on the speed of communication of the distribution of traffic flows in the traffic directions at the closing intersection segment, including the effect of the presence or absence of a left-turn conflict movement.

It is possible to consider a wide range of combinations of segment length and the distribution of traffic flows along the directions of movement at the closing intersection using micromodeling, and the PTVVISSIM program was chosen for this.

The performed stage of the study confirmed the effect on the speed of communication of uneven distribution of traffic flows in the directions of movement at the closing intersection, including the effect of the presence or absence of a left-turn conflict. The following steps should be considered: the impact of public passenger transport stopping points; the presence or absence of street parking; the presence or absence of means to calm the traffic.

Keywords: segment of a city street, communication speed, speed in free conditions, level of service.

Cite as: Pirov, Zh. T., Mikhailov, A. Yu. (2020) [Influence of the distribution of traffic flows on the speed of communication on segments of city streets with controlled traffic]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 2, pp. 115–124. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-115.

Введение

Эффективность функционирования автомобильного транспорта во многом зависит от качества организации дорожного движения (ОДД). В настоящее время в мировой практике оценки условий движения транспортных потоков и качества ОДД, а также надежности функционирования

УДС широко используется понятие сегмент, под которым понимается сочетание перегона улицы и замыкающего его пересечения (нерегулируемого, регулируемого или кольцевого) [1, 2, 9–11]. При этом сегмент является базовым элементом анализа как улично-дорожной сети (УДС), так и ее участков (рисунок 1).




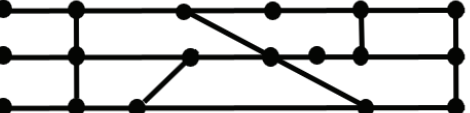
	Сегмент (Segment) – связь и замыкающее его пересечение
	Секция (Section) – сочетание сегментов, имеющих одинаковый тип пересечений
	Линейный участок УДС (Facility) – сочетание сегментов, имеющих разные типы пересечений
	УДС (Ariawide Analysis) – сочетание секций и линейных участков

Рисунок 1. Обобщенное представление структуры УДС – Quality/Level of Service Handbook 2013 [11]

Критерием оценки качества обслуживания транспортного потока сегментом городской улицы с регулируемым движением принята скорость со-

общения потока транспортных, последняя версия границ уровней обслуживания HCM 6th Edition [10] представлена в таблице 1. Выбор критерия ско-

рость сообщения обусловлен тем, что он обладает целым рядом важных свойств. Его значения могут измеряться на местности, определяться аналитиче-

ски на основе расчетных методик или микромоделированием.

Таблица 1. Градация уровней обслуживания транспортных потоков на сегментах городских улиц с регулируемым движением [10]

Уровни обслуживания LOS	Граничные значения скорости сообщения S_T при скорости в свободных условиях S_f , миль/ч							Отношение интенсивности к пропускной способности v/c
	$S_f = 55$	$S_f = 50$	$S_f = 45$	$S_f = 40$	$S_f = 35$	$S_f = 30$	$S_f = 25$	
A	> 44	> 40	> 36	> 32	> 28	> 24	> 20	$v/c \leq 1,0$
B	> 37	> 34	> 30	> 27	> 23	> 20	> 17	
C	> 28	> 25	> 23	> 20	> 18	> 15	> 13	
D	> 22	> 20	> 18	> 16	> 14	> 12	> 10	
E	> 17	> 15	> 14	> 12	> 11	> 9	> 8	
F	≤ 17	≤ 15	≤ 14	≤ 12	≤ 11	≤ 9	≤ 8	
F	Любое значение скорости сообщения							$v/c > 1,0$

Разработанная шкала уровней обслуживания

Ранее в рамках выполняемого исследования 156 сегментов улиц с регулируемым движением в г. Душанбе на основе данных обработки GPS-треков автомобиля-лаборатории получены следующие результаты [2]:

- установлены регрессионные зависимости «удельная интенсивность движения – скорость»,

свободные члены которых приняты значениями скорости движения в свободных условиях;

- на основе значений скорости движения в свободных условиях S_f установлены 5 типов сегментов улиц с регулируемым движением;
- предложена градация уровней обслуживания, учитывающая установленные типы сегментов улиц с регулируемым движением и наблюдаемые значения скорости сообщения S_T (таблица 2).

Таблица 2. Шкалы уровней обслуживания транспорта на сегментах улиц с регулируемым движением

Уровень обслуживания LOS	Отношение скорости сообщения к скорости в свободных условиях S_T/S_f	Типы сегментов				
		I	II	III	IV	V
		Скорость в свободных условиях, км/ч				
		$S_f \leq 30$	$30 < S_f \leq 40$	$40 < S_f \leq 50$	$50 < S_f \leq 55$	$S_f \geq 55$
Скорость сообщения S , км/ч						
A	$S_T/S_f > 85\%$	> 26	> 34	> 42	> 47	> 51
B	$S_T/S_f \leq 85\%$	≤ 26	≤ 34	≤ 42	≤ 47	≤ 51
C	$S_T/S_f \leq 67\%$	≤ 20	≤ 27	≤ 34	≤ 37	≤ 40
D	$S_T/S_f \leq 50\%$	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 28	≤ 30
E	$S_T/S_f \leq 40\%$	≤ 12	≤ 16	≤ 20	≤ 22	≤ 24
F	$S_T/S_f \leq 30\%$	≤ 9	≤ 12	≤ 15	≤ 17	≤ 18

Исследование влияния на скорость сообщения распределения транспортных потоков по направлениям движения на замыкающем перекрестке

Задачей следующих этапов продолжаемого исследования стало установление зависимостей, характеризующих влияние дорожных условий на скорость сообщения S_T и уровень обслуживания LOS.

Скорость сообщения на сегменте улицы S_T (км/ч) определяется как [10]

$$S_T = \frac{3,6 L_{seg}}{t_r + d}, \quad (1)$$

где

L_{seg} – длина сегмента, включая пресечение (рисунк 2), м;

t_r – продолжительность движения при проезде сегмента, с;

d – продолжительность задержки, с.

Соотношение продолжительности движения t_r и задержки d зависит от протяженности сегмента и уровня загрузки пересечения (рисунок 2). С уменьшением длины сегмента и увеличением уровня загрузки пересечения зона влияния пересечения (то

есть зона снижения скорости и накопления очереди перед стоп-линией) занимает все большую часть перегона улицы, что соответственно ведет к снижению скорости сообщения S_T .

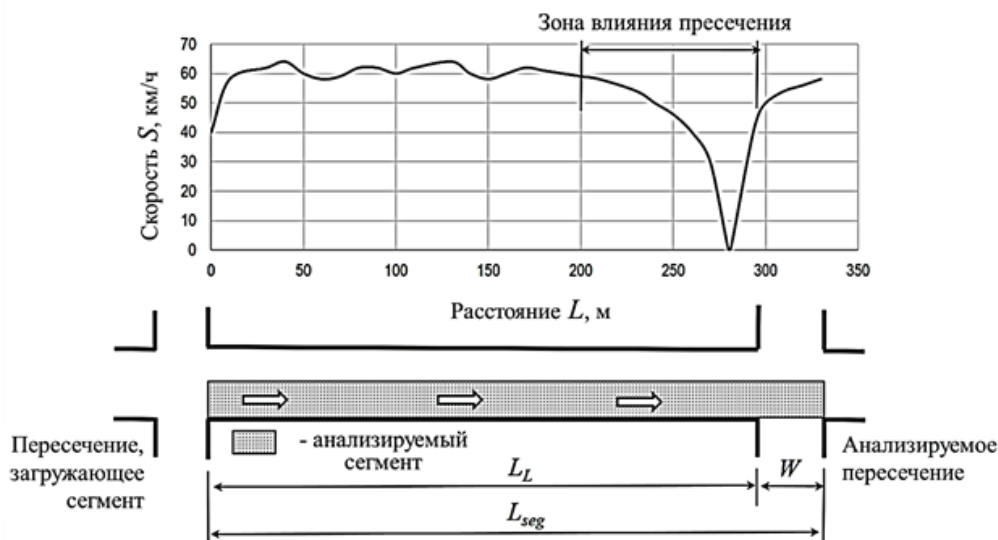


Рисунок 2. График «расстояние – скорость движения» на сегменте с регулируемым движением: L_L – длина перегона; W – протяженность перекрестка; L_{seg} – длина сегмента

Средняя задержка d , входящая в состав уравнения (1), определяется аналитически на основе методики, представленной в HCM 2000, HCM 2010, HCM 6th [10] и не требующей адаптации к условиям других стран. Другая составляющая – средняя продолжительность движения при проезде сегмента t_r определяется на основе эмпирических зависимостей «скорость – дорожные условия», полученных для условий движения городов США. В американских руководствах HCM 2000 и 2010 [9, 10] влияние длины сегмента на скорость рассматривается для свободных условий движения

$$S_f = S_{fo} f_L, \quad (2)$$

где

S_f – скорость в условиях свободного потока, миль/ч,

S_{fo} – базовая скорость в условиях свободного потока, миль/ч,

f_L – коэффициент учитывающий расстояние между светофорными объектами (регулируемыми перекрестками);

Для коэффициента f_L применяется следующая эмпирическая зависимость

$$f_L = 1,02 - 4,7 \frac{S_{fo} - 19,5}{\max(L_s, 400)} \leq 1,0, \quad (3)$$

где

S_{fo} – базовая скорость в условиях свободного потока, миль/ч,

L_s – расстояние между перекрестками (длина перегона), футов.

Кроме влияния протяженности на скорость в условиях свободного в руководствах HCM 2000 и 2010 также учитывается в виде коэффициентов влияние поперечного профиля улицы и наличия точек доступа к проезжей части с прилегающих территорий.

В предыдущих исследованиях [3, 6, 8, 12, 13, 16] из числа факторов, влияющих на скорость сообщения на регулируемых сегментах пока изучены коэффициент загрузки и интенсивность движения. Поэтому на новом этапе выполняемого нами исследования принято решение выявить закономерности влияния на скорость сообщения S_T факторов, которые еще не рассматривались в исследованиях зарубежных авторов. В первую очередь решено изучить влияние распределения транспортных потоков по направлениям движения на замыкающем сегменте пересечения, включая эффект наличия или отсутствия конфликта левоповоротного движения с потоком, движущимся в прямом направлении.

Рассмотреть широкий диапазон сочетаний длины сегмента и распределения транспортных потоков по направлениям движения на замыкающем пересечении на основе практических данных очень

сложно. Возможное решение этой задачи – применение микромоделирования и для этого выбрана программа VISSIM [15]. Пакет основан на модели Вейдемманна (Wiedemann's Car following model) позволяющей моделировать, в том числе, маневры смены полос движения на многополосных проезжих частях [7]. Специалисты отмечают [5], что значения средней задержки на регулируемых пересечениях, получаемые при использовании пакета VISSIM, наиболее близки к расчетным значениям методики руководства HCM 2000, 2010. Следует также отметить, что микромоделирование с использованием VISSIM уже применялось в исследованиях влияния интенсивности движения на скорость сообщения [12–14].

Влияние длины сегмента и распределения потоков по направлениям движения на замыкающем сегмент перекрестке рассмотрено для следующих условий (рисунок 3):

- сегменты, имеющие 2–4 полосы движения, протяженность от 200 до 2500 м;
- фазы регулирования с конфликтом левоповоротного потока и без конфликта (рисунок 3);
- широко распространенные в практике ОДД длительность цикла регулирования 90 с и относительная длительность зеленого сигнала для рассматриваемого сегмента 40%;
- удельная интенсивность движения 810 авт./ч на полосу;
- распределение транспортных потоков на замыкающем пересечении: вправо – 10%; прямо от 80% до 30%; влево от 10% до 60%;
- скорость движения в свободных условиях 60 км/ч (то есть разрешаемая скорость);
- продолжительность моделирования 16,6 мин (1000 с).

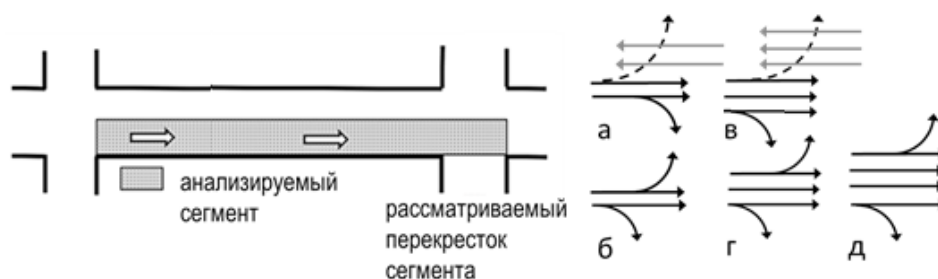


Рисунок 3. Рассмотренные варианты сегментов и фаз регулирования на замыкающем сегмент пересечении: а, в – фазы с конфликтом левоповоротного движения с прямым потоком встречного направления; б, г, д – фазы регулирования без конфликта

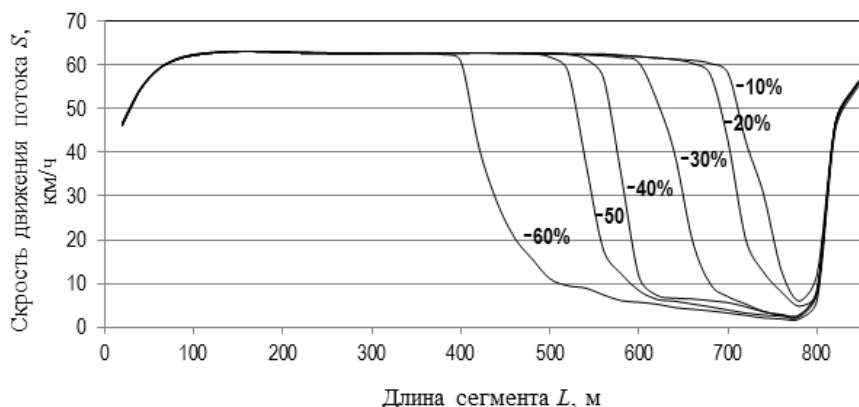
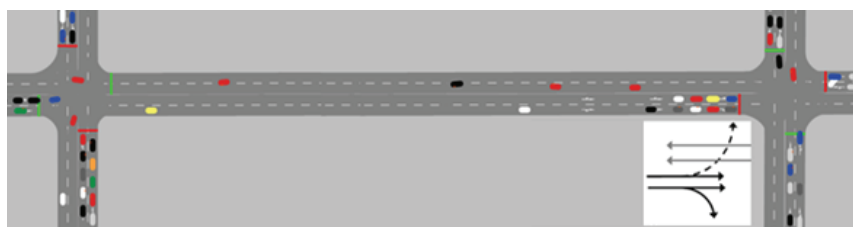
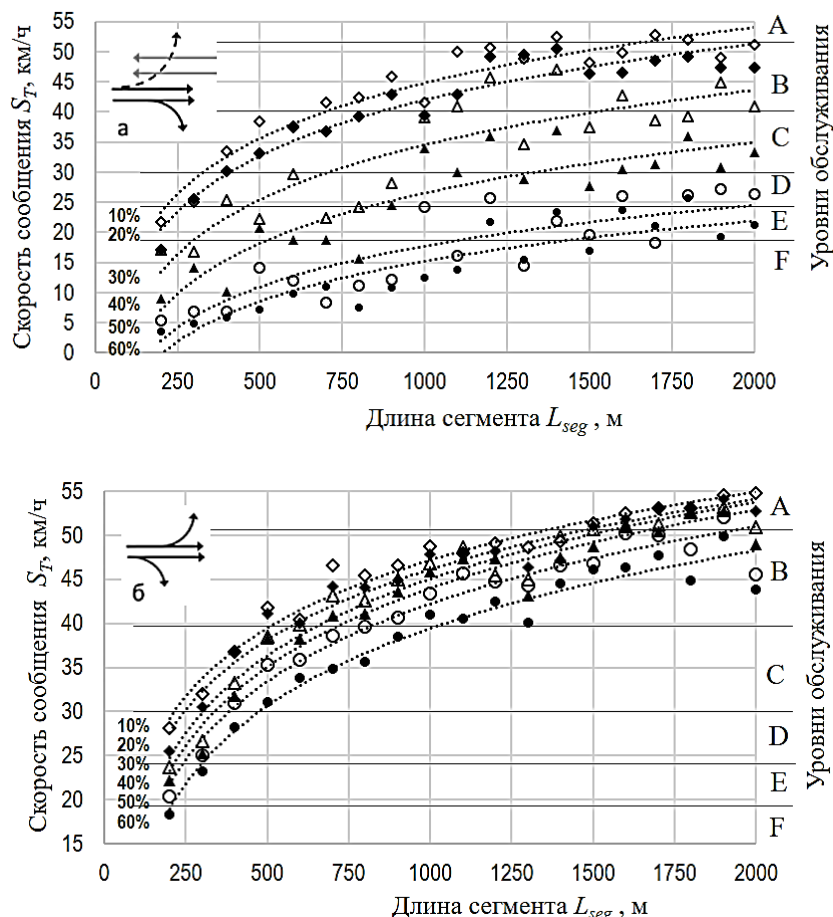


Рисунок 4. Влияние доли левоповоротного потока на скорость движения потока на 2-х полосном сегменте длиной 800 м, обслуживаемого фазой с конфликтом

Один из результатов выполненного микро- моделирования и оценки уровня обслуживания на основе полученных значений скорости сообщения представлен на рисунках 4 и 5. В данном примере рост доли левоповоротного потока приводит к тому, что зона снижения скорости на подходе к замыкающему сегменту перекрестку достигает 45–55% про-

тяженности перегона (рисунок 4), а условия движения транспортного потока соответствуют уровням обслуживания D, E и F (рисунок 5). Кроме того, приведенный пример убедительно доказывает чувствительность критерия скорость сообщения к характеристикам ОДД.



a – фаза с конфликтом			б – фаза без конфликта		
α	Уравнение регрессии	R^2	α	Уравнение регрессии	R^2
10%	$S_T = 8,67 \ln(L_{seg}) - 12,91$	0,83	10%	$S_T = 10,32 \ln(L_{seg}) - 23,99$	0,97
20%	$S_T = 10,03 \ln(L_{seg}) - 24,36$	0,92	20%	$S_T = 10,46 \ln(L_{seg}) - 25,72$	0,96
30%	$S_T = 10,87 \ln(L_{seg}) - 36,80$	0,84	30%	$S_T = 10,51 \ln(L_{seg}) - 26,65$	0,96
40%	$S_T = 9,99 \ln(L_{seg}) - 38,02$	0,90	40%	$S_T = 10,88 \ln(L_{seg}) - 30,42$	0,92
50%	$S_T = 8,68 \ln(L_{seg}) - 35,68$	0,78	50%	$S_T = 10,73 \ln(L_{seg}) - 31,06$	0,77
60%	$S_T = 8,59 \ln(L_{seg}) - 40,69$	0,76	60%	$S_T = 11,54 \ln(L_{seg}) - 38,88$	0,80

Рисунок 5. График зависимости «длина сегмента – скорость сообщения», отражающий влияние доли левоповоротного потока α (доля правоповоротного потока $\gamma = 10\%$), полученный для 2-полосного сегмента, обслуживаемого фазами: a – с конфликтом; б – без конфликта

Результаты моделирования скорости сообщения S_T на 2-х, 3-х, 4-х полосных сегментах с разными распределениями потоков по направлениям представлены в таблице 4.

Таблица 4. Зависимости влияния долей левоповоротного потока α , правоповоротного потока γ и суммарной доли лево и правоповоротных потоков β на скорость сообщения S_T на 2-х, 3-х, 4-х полосных сегментах длиной L_{seg} , обслуживаемых фазами с конфликтом левого поворота и без конфликта

Уравнение регрессии для сегментов	2 полосы	α	Фаза с конфликтом	R^2	α	Фаза без конфликта	R^2
		10%	$S_T = 8,67\ln(L_{seg}) - 12,91$	0,83	10%	$S_T = 10,32\ln(L_{seg}) - 23,99$	0,97
		35%	$S_T = 9,69\ln(L_{seg}) - 32,88$	0,75	35%	$S_T = 11,28\ln(L_{seg}) - 33,25$	0,97
	60%	$S_T = 8,59\ln(L_{seg}) - 40,69$	0,76	60%	$S_T = 11,54\ln(L_{seg}) - 38,88$	0,80	
	β <th>Фаза с конфликтом</th> <th>R^2</th> <th>β</th> <th>Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th>	Фаза с конфликтом	R^2	β	Фаза без конфликта	R^2	
	20%	$S_T = 10,03\ln(L_{seg}) - 23,08$	0,84	20%	$S_T = 12,32\ln(L_{seg}) - 38,22$	0,96	
	40%	$S_T = 10,94\ln(L_{seg}) - 39,67$	0,92	40%	$S_T = 12,82\ln(L_{seg}) - 43,02$	0,94	
	70%	$S_T = 10,75\ln(L_{seg}) - 45,02$	0,84	70%	$S_T = 13,32\ln(L_{seg}) - 47,82$	0,87	
	γ <th>Фаза с конфликтом</th> <th>R^2</th> <th>γ</th> <th>Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th>	Фаза с конфликтом	R^2	γ	Фаза без конфликта	R^2	
	10%	$S_T = 11,54\ln(L_{seg}) - 32,58$	0,96	10%	$S_T = 11,61\ln(L_{seg}) - 32,99$	0,97	
	30%	$S_T = 11,14\ln(L_{seg}) - 37,78$	0,96	30%	$S_T = 12,38\ln(L_{seg}) - 39,63$	0,96	
	60%	$S_T = 13,11\ln(L_{seg}) - 46,30$	0,90	60%	$S_T = 12,99\ln(L_{seg}) - 44,92$	0,95	
	α <th>Фаза с конфликтом</th> <th>R^2</th> <th>α</th> <th>Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th>	Фаза с конфликтом	R^2	α	Фаза без конфликта	R^2	
	10%	$S_T = 9,97\ln(L_{seg}) - 20,12$	0,93	10%	$S_T = 11,13\ln(L_{seg}) - 27,91$	0,96	
	35%	$S_T = 11,78\ln(L_{seg}) - 50,82$	0,96	35%	$S_T = 12,35\ln(L_{seg}) - 38,32$	0,95	
	60%	$S_T = 9,18\ln(L_{seg}) - 48,96$	0,87	60%	$S_T = 14,77\ln(L_{seg}) - 58,53$	0,83	
	β <th>Фаза с конфликтом</th> <th>R^2</th> <th>β</th> <th>Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th>	Фаза с конфликтом	R^2	β	Фаза без конфликта	R^2	
	20%	$S_T = 9,97\ln(L_{seg}) - 20,14$	0,93	20%	$S_T = 10,54\ln(L_{seg}) - 23,67$	0,97	
	40%	$S_T = 12,11\ln(L_{seg}) - 50,25$	0,97	40%	$S_T = 11,71\ln(L_{seg}) - 33,17$	0,94	
	70%	$S_T = 14,03\ln(L_{seg}) - 72,98$	0,90	70%	$S_T = 12,17\ln(L_{seg}) - 37,14$	0,95	
	γ <th>Фаза с конфликтом</th> <th>R^2</th> <th>γ</th> <th>Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th>	Фаза с конфликтом	R^2	γ	Фаза без конфликта	R^2	
	10%	$S_T = 11,54\ln(L_{seg}) - 32,57$	0,96	10%	$S_T = 11,13\ln(L_{seg}) - 27,91$	0,96	
	35%	$S_T = 12,14\ln(L_{seg}) - 37,78$	0,94	35%	$S_T = 11,20\ln(L_{seg}) - 28,69$	0,96	
	60%	$S_T = 13,21\ln(L_{seg}) - 46,94$	0,91	60%	$S_T = 11,33\ln(L_{seg}) - 30,0$	0,94	
	α <th>Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th> <th>β</th> <th>Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th>	Фаза без конфликта	R^2	β	Фаза без конфликта	R^2	
	10%	$S_T = 10,45\ln(L_{seg}) - 21,78$	0,95	10%	$S_T = 10,47\ln(L_{seg}) - 22,43$	0,93	
	35%	$S_T = 10,46\ln(L_{seg}) - 22,42$	0,94	35%	$S_T = 11,04\ln(L_{seg}) - 26,74$	0,94	
	60%	$S_T = 10,69\ln(L_{seg}) - 23,92$	0,95	60%	$S_T = 11,10\ln(L_{seg}) - 27,33$	0,93	
	γ <th colspan="5">Фаза без конфликта</th> <th>R^2</th>	Фаза без конфликта					R^2
	10%	$S_T = 10,47\ln(L_{seg}) - 22,43$					0,95
	35%	$S_T = 12,07\ln(L_{seg}) - 35,37$					0,93
	60%	$S_T = 12,83\ln(L_{seg}) - 44,38$					0,86

Полученные результаты моделирования значений скорости сообщения (таблица 4) позволяют делать следующие выводы:

- в условиях отсутствия конфликта на скорость сообщения большее влияние оказывает длина сегмента. У сегментов длиной 200–300 м скорость на 30–40% меньше, чем у сегментов протяженностью более 1000 м;
- при наличии конфликта на скорость сообщения оказывает более значительное влияние доля

левоповоротного движения. Так при увеличении этой доли до 60% скорость сообщения снижается 80–90%.

Альтернативой полученных зависимостей «длина сегмента – скорость» (таблица 4) являются зависимости изменения коэффициента снижения скорости – отношения скорости сообщения S_T к разрешаемой скорости 60 км/ч

$$f_L = S_T / 60. \quad (4)$$

В качестве примера представлены зависимости коэффициента снижения скорости сообщения f_L от длины 2-х полосного сегмента L_{seg} при доле левопо-

воротного потока $\alpha = 35\%$ и доле правоповоротного потока $\gamma = 10\%$ (таблица 5 и рисунок 6).

Таблица 5. Зависимости «скорость сообщения – длина сегмента» и «коэффициент снижения скорости – длина сегмента» в случае 2-х полосного сегмента при доле левоповоротного потока $\alpha = 35\%$ и доле правоповоротного потока $\gamma = 10\%$

Фаза с конфликтом	R^2	Фаза без конфликта	R^2
$S_T = 9,69 \ln(L_{seg}) - 32,88$	0,75	$S_T = 11,28 \ln(L_{seg}) - 33,25$	0,97
$f_L = 0,198 \ln(L_{seg}) - 0,866$	0,92	$f_L = 0,199 \ln(L_{seg}) - 0,636$	0,92

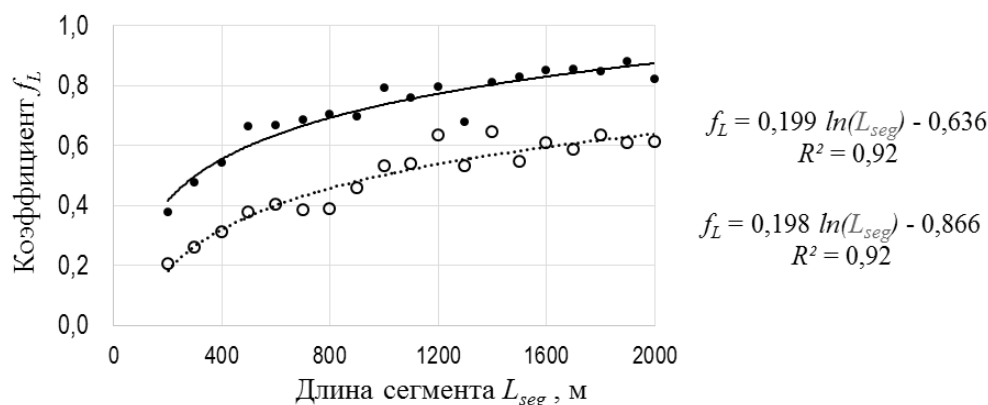


Рисунок 6. Зависимость коэффициента снижения скорости сообщения f_L от длины 2-х полосного сегмента L_{seg} при доле левоповоротного потока $\alpha = 35\%$ и доле правоповоротного потока $\gamma = 10\%$

Экспериментально полученные зависимости имеют достаточно высокие показатели статистической значимости и поэтому могут использоваться в практике. Это позволяет делать вывод, что зависимости скорости сообщения и значения коэффициентов снижения скорости, учитывающие особенности организации движения на сегменте улицы со светофорным регулированием, можно определить на основе микромоделирования.

Заключение

Выполненный этап исследования подтвердил гипотезу о влиянии на скорость сообщения S_T неравномерности распределения транспортных потоков по направлениям движения на замыкающем сегмент пересечения, включая эффект наличия или отсутствия конфликта левоповоротного движения, что можно рассматривать как принципиально новый результат.

На следующих этапах исследования планируется рассмотреть влияние: остановочных пунктов общественного пассажирского транспорта; наличие или отсутствие уличных парковок на проезжих частях сегментов, средств успокоения движения – искусственных неровностей. Полученный в результате набор коэффициентов снижения скорости может стать основой экспресс-метода оценки скорости сообщения и уровня обслуживания на регулируемых сегментах городских улиц и дорог.

Зависимости влияния точек доступа к проезжей части на скорость сообщения является самостоятельной задачей исследований, поскольку в ней должна рассматриваться матрица корреспонденций на сегменте (разные сочетания распределений потоков на загружающем сегмент перекрестке и перекрестке, замыкающем сегмент). Представляется, что это должно выступать предметом отдельного исследования.

Литература

1. Горбунов Р. Н., Михайлов А. Ю., Пиров Ж. Т. Оценка уровня обслуживания на основе критериев надежности // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – № 10. – С. 188–194.
2. Пиров Ж. Т., Михайлов А. Ю. Оценка скорости движения в свободных условиях для определения уровня обслуживания транспортных потоков на сегментах городских улиц и дорог // Вестник Московско-

го автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2019. – № 2 (57). – С. 16–25.

3. Bassani M. and Sacchi E. (2012) Calibration to Local Conditions of Geometry-based Operating Speed Models for Urban Arterials and Collectors // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol. 53. pp. 822–833 (In Eng.).
4. Bloomberg L., Dale J. (2000) Comparison of Vissim and Corsim Traffic Simulation Models on a Congested Network. // *Transportation Research Record*, Vol. 1727. pp. 52–60. (In Eng.).
5. CHEN Tianzi, JIN Shaochenb, YANG Hongxu (2013) Comparative Study of VISSIM and SIDRA on Signalized Intersection // *Social and Behavioral Sciences*, Vol. 96. pp. 2004–2010 (In Eng.).
6. Deshpande R., Gartner N. H., Zarrillo M. L (2015) Urban Street Performance. Level of Service and Quality of Progression Analysis // *Transportation Research Record*, Vol. 2173. pp. 57–63 (in Eng).
7. Fellendorf M., Vortisch P. Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations. Available at: <https://trid.trb.org/view/689890> (accessed 10.12.2019) (In Eng.).
8. Gundolf J. Impact of Different Lengths of Urban Road Segments on Speed-Volume Relationship Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-43985-3_15 (accessed 10.12.2019) (In Eng.).
9. Highway Capacity Manual 2000 // TRB, National Research Council, Washington, D. C., 2000. 1207 p. (In Eng.).
10. NCHRP Report 825 Planning and Preliminary Engineering Applications Guide to the Highway Capacity Manual // TRB, National Research Council, Washington, D. C., 2016. 259 p. (In Eng.).
11. Quality/Level of Service Handbook 2013 // State of Florida, Department of Transportation, 2013. 212 p. (In Eng.).
12. Sharma H. K., Swami B. L. (2012) MOE-Analysis for Oversaturated Flow with Interrupted Facility and Heterogeneous Traffic for Urban Roads // *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 1, No 3. pp. 142–152. (In Eng.).
13. Sharma H. K., Swami M., Swami B. L. (2012) Speed-flow analysis for interrupted oversaturated traffic flow with heterogeneous structure for urban roads // *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 2, No 2. pp. 142–152. (In Eng.).
14. Tian Z., Urbanik T., Engelbrecht R., Balke K. (2000) Variations in Capacity and Delay Estimates from Microscopic Traffic Simulation Models // *Transportation Research Record*, Vol. 1802. pp. 23–31(In Eng.).
15. VISSIM 5.30–05 User Manual PTV // Planung Transport Verkehr AG, 2011. (In Eng.).
16. Vlahogianni E. I. (2007) Some empirical relations between travel speed, traffic volume and traffic composition in urban arterials // *IATSS Research*. Vol. 31(1). pp. 110–119 (In Eng.).

References

1. Gorbunov, R. N., Mihajlov, A. YU., Pirov, J. T. (2017) [Service level assessment based on reliability criteria]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University]. Vol. 10, pp. 188–194. (In Russ.).
2. Pirov, J. T., Mikhailov, A. Y. (2019) [Estimation of the free flow speed to determine the level of traffic service in the segments of city streets and roads]. *Vestnik MADI* [MADI Bulletin]. Vol. 2 (57), pp. 16–25. (In Russ.).
3. Bassani, M., Sacchi, E. (2012) Calibration to Local Conditions of Geometry-based Operating Speed Models for Urban Arterials and Collectors. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol. 53, pp. 822–833 (In Eng.).
4. Bloomberg, L., Dale, J. (2000) Comparison of Vissim and Corsim Traffic Simulation Models on a Congested Network. *Transportation Research Record*, Vol. 1727, pp. 52–60. (In Eng.).
5. CHEN, Tianzi, JIN, Shaochenb, YANG, Hongxu (2013) Comparative Study of VISSIM and SIDRA on Signalized Intersection. *Social and Behavioral Sciences*, Vol. 96, pp. 2004–2010 (In Eng.).
6. Deshpande, R., Gartner, N. H., Zarrillo, M. L (2015) Urban Street Performance. Level of Service and Quality of Progression Analysis. *Transportation Research Record*, Vol. 2173, pp. 57–63 (In Eng.).
7. Fellendorf, M., Vortisch, P. Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations. Available at: <https://trid.trb.org/view/689890>(accessed 10.12.2019) (In Eng.).
8. Gundolf, J. Impact of Different Lengths of Urban Road Segments on Speed-Volume Relationship Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-43985-3_15 (accessed 10.12.2019) (In Eng.).
9. Highway Capacity Manual (2000)TRB, National Research Council, *Washington, D. C.*, 1207 p. (In Eng.).
10. NCHRP Report 825 (2016) Planning and Preliminary Engineering Applications Guide to the Highway Capacity Manual. TRB, National Research Council, *Washington, D. C.*, 259 p. (In Eng.).
11. Quality Level of Service Handbook (2013) State of Florida, Department of Transportation, 212 p. (In Eng.).

12. Sharma, H. K., Swami, B. L. (2012) MOE-Analysis for Oversaturated Flow with Interrupted Facility and Heterogeneous Traffic for Urban Roads. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 1, No. 3, pp. 142–152. (In Eng.).
13. Sharma, H.K., Swami, M., Swami, B.L. (2012) Speed-flow analysis for interrupted oversaturated traffic flow with heterogeneous structure for urban roads. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*. Vol. 2, No. 2, pp. 142–152. (In Eng.).
14. Tian, Z., Urbanik, T., Engelbrecht, R., Balke, K. (2000) Variations in Capacity and Delay Estimates from Microscopic Traffic Simulation Models. *Transportation Research Record*, Vol. 1802. pp. 23–31 (In Eng.).
15. VISSIM 5.30-05 User Manual PTV. Planung Transport Verkehr AG, 2011. (In Eng.).
16. Vlahogianni, E. I. (2007) Some empirical relations between travel speed, traffic volume and traffic composition in urban arterials. *IATSS Research*. Vol. 31(1), pp. 110–119 (In Eng.).

Информация об авторах:

Жахонгир Тиллоевич Пиров, аспирант, направление подготовки 23.06.01 Техника и технологии наземного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
e-mail: Vilia-7@mail.ru.

Александр Юрьевич Михайлов, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
e-mail: mikhaylov_ay@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 18.12.2019; принята в печать: 28.02.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Zhahongir Tilloevich Pirov, postgraduate student, training direction 23.06.01 Engineering and technology of land transport, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
e-mail: Vilia-7@mail.ru.

Alexander Yuryevich Mikhailov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Road Transport, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
e-mail: mikhaylov_ay@mail.ru

The paper was submitted: 18.12.2019.

Accepted for publication: 28.02.2020.

The authors have read and approved the final manuscript.