



УДК 519.872.6: 656.021.2: 656.072-05: 656.11: 656.13

Загидуллин Р.Р. – старший преподаватель

E-mail: r.r.zagidullin@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Исследование параметров движения транспорта,
обслуживающего крупномасштабное спортивное мероприятие,
на перегоне улично-дорожной сети**

Аннотация

Статья посвящена вопросам организации дорожного движения (ОДД) при проведении крупномасштабных спортивных мероприятий (КСМ), с использованием пакета имитационного моделирования. Особое внимание обращено на движение транспортных потоков различных типов на перегоне улично-дорожной сети (УДС). На основе анализа динамических моделей движения, а также характера воздействия фонового потока на транспорт КСМ и маршрутные транспортные средства (МТС). Определены критерии оценки эффективности и определены характеристики транспортных потоков.

Ключевые слова: имитационное моделирование, крупномасштабное спортивное мероприятие, организация дорожного движения, улично-дорожная сеть, перегон, маршрутные транспортные средства, транспортный поток, приоритетное движения.

Крупномасштабные спортивные мероприятия отличаются значительным разнообразием как в отношении численности участников, территории проведения, продолжительности, круга охватываемых видов спорта, так и в отношении обеспечивающей их проведение транспортной инфраструктуры и влияния на ее функционирование внешних факторов.

Численность спортсменов и членов команд, принимающих участие в мероприятии, может превышать 10 тыс. человек, а количество проданных билетов составлять более 5 млн. Мероприятие может проводиться как на территории одного города, так и на территории нескольких стран (чемпионаты мира по футболу), при этом спортивные объекты могут быть сгруппированы в несколько кластеров, разнесенных на значительное расстояние и различающихся условиями организации транспортного обслуживания (равнинная и горная зоны, характерные для зимних Олимпийских игр и Универсиад). Число видов спорта может превышать 30, и в ходе соревнований может разыгрываться более 300 комплектов наград. Наконец, продолжительность крупномасштабных спортивных мероприятий может достигать шести недель.

Все эти факторы влияют на транспортное обслуживание КСМ и порождают проблемы, требующих решения. Истоки этих проблем лежат в несоответствии пропускных и провозных возможностей транспортных систем территории проведения мероприятия резко возрастающему в период их проведения спросу на передвижения всех участников мероприятия и требованиям к качеству его удовлетворения. Это несоответствие практически неизбежно для массовых спортивных мероприятий, проводящихся обычно в крупных городах. Высокие уровни загрузки транспортных систем в настоящее время характерны для всех крупных городов мира.

Поэтому предоставление приоритетных условий движения клиентских групп транспортной системы КСМ, прежде всего спортсменов и судей, по улично-дорожной сети города является необходимым условием обеспечения доступности объектов проведения спортивных мероприятий и культурных программ. Но не всегда в условиях плотной застройки и исторически сложившегося каркаса УДС города есть возможность провести реконструкцию автомобильной дороги и организовать движение транспорта КСМ по выделенной полосе.

Целью данной работы является изучить различные варианты организации движения транспорта, обслуживающего КСМ, на перегоне УДС.

Объектом исследования является перегон УДС длиной 500 м с остановочной площадкой для маршрутных транспортных средств, при различных вариантах и методах ОДД:

1. одна полоса движения;
2. две полосы движения:
 - а) без выделенных полос;
 - б) с выделенной крайней правой полосой для движения маршрутных транспортных средств (МТС);
 - в) с выделенной крайней правой полосой для движения МТС и транспорта КСМ;
3. три полосы движения:
 - а) без выделенных полос;
 - б) с выделенной крайней правой полосой для движения маршрутных транспортных средств (МТС);
 - в) с выделенной крайней правой полосой для движения МТС и транспорта КСМ;
 - г) с выделенной крайней правой полосой для движения МТС и крайней левой для транспорта КСМ.

Предмет исследования – имитационная динамическая модель поведения транспортных средств на перегоне.

Исследования основаны на эмпирических методах изучения с применением пакета имитационного моделирования Aimsun.

Оценка методов организации дорожного движения с выделением полос проводилось по двум сценариям с постоянным значением интенсивности МТС ($N_{bus} = 60$ тс/ч, интервала движения $i = 60$ сек, времени остановки $t_{ост} = 30$ сек) и транспорта КСМ ($N_s = 100$ тс/ч), и изменяющейся фоновой нагрузкой N_{car} :

Сценарий № 1: $N_{car} = 100$ тс/ч;

Сценарий № 2: Максимально-критические условия движения:

а) одна полоса движения – $N_{car} = 3000$ тс/ч;

б) две полосы движения – $N_{car} = 6000$ тс/ч;

в) три полосы движения – $N_{car} = 9000$ тс/ч.

Анализ динамики изменения показателей движения транспортных средств, при смене сценариев, 8-ми вариантов проводился по 3-ем параметрам: темп движения, скорость движения и количество покинувших транспортных средств (рис. 1-8).

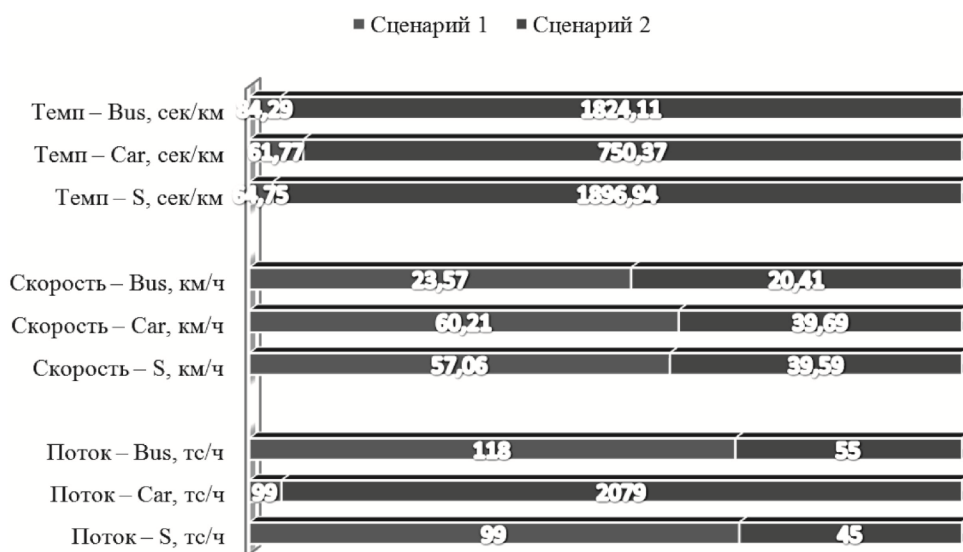


Рис. 1. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 1

Вариант 1 – движение транспорта осуществляется по одной полосе, в результате чего происходит ухудшение условий движения не только транспорта КСМ, но и

маршрутных транспортных средств. Темп движения транспорта КСМ (T_s) увеличился в 29,3 раз, скорость (V_s) на 30,6 %, поток (P_s) с 99 уменьшается до 45.

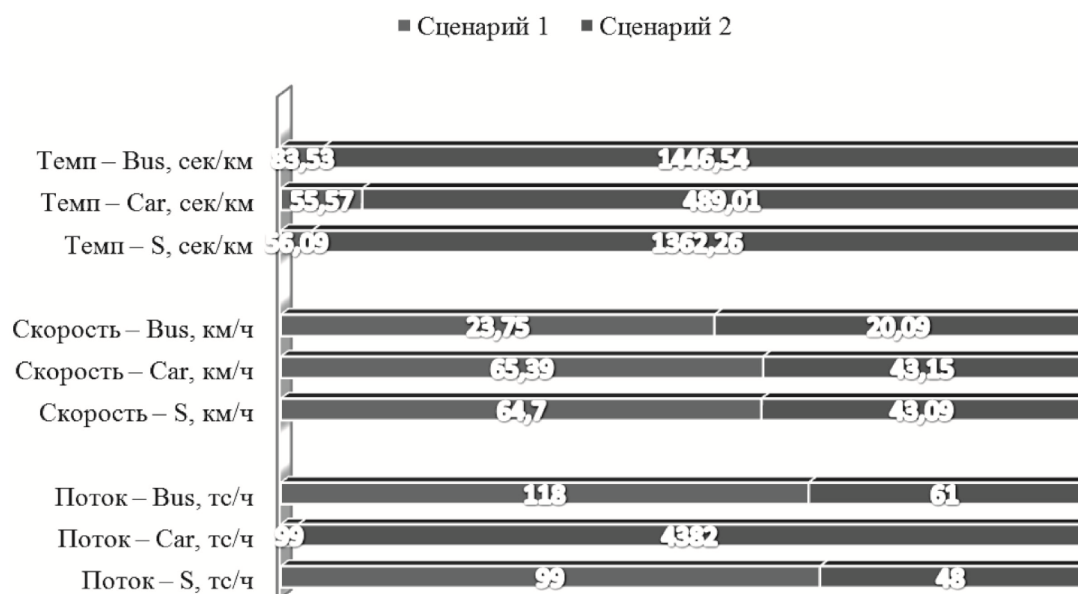


Рис. 2. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 2а

Вариант 2а – движение транспорта осуществляется по двум полосам, в результате моделирования темп движения транспорта КСМ (T_s) увеличился в 24,3 раз, скорость (V_s) на 33,4 %, поток (P_s) с 99 уменьшился до 48.

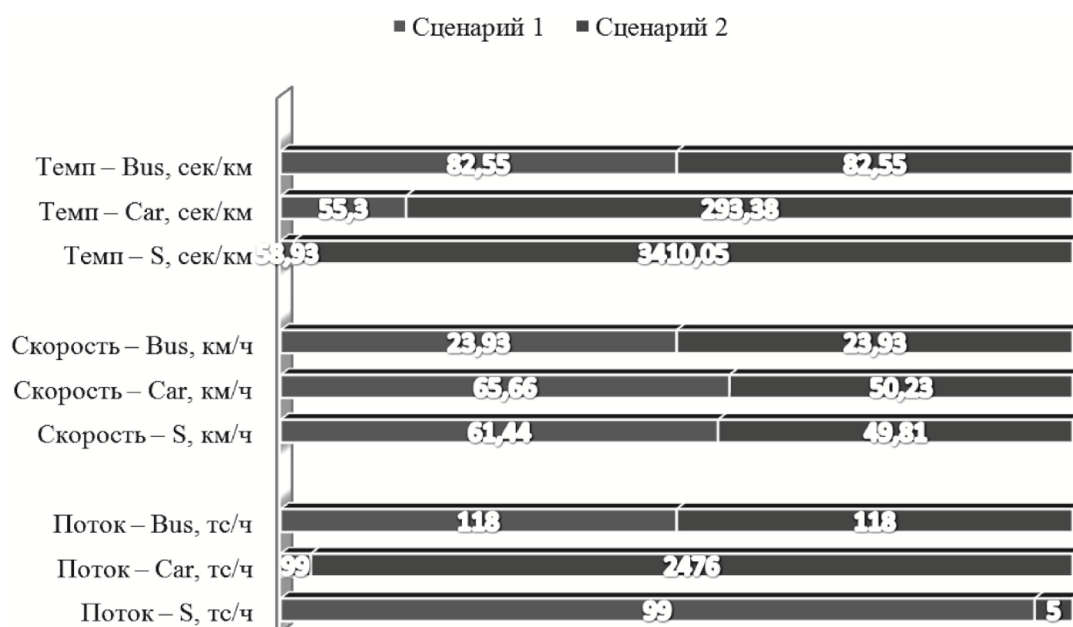


Рис. 3. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 2б

Вариант 2б – движение транспорта осуществляется по двум полосам, с выделенной крайней правой полосой для движения маршрутных транспортных средств (МТС), в результате моделирования темп движения транспорта КСМ (T_s) увеличился в 57,9 раз, скорость (V_s) на 18,9 %, поток (P_s) с 99 уменьшился до 5.

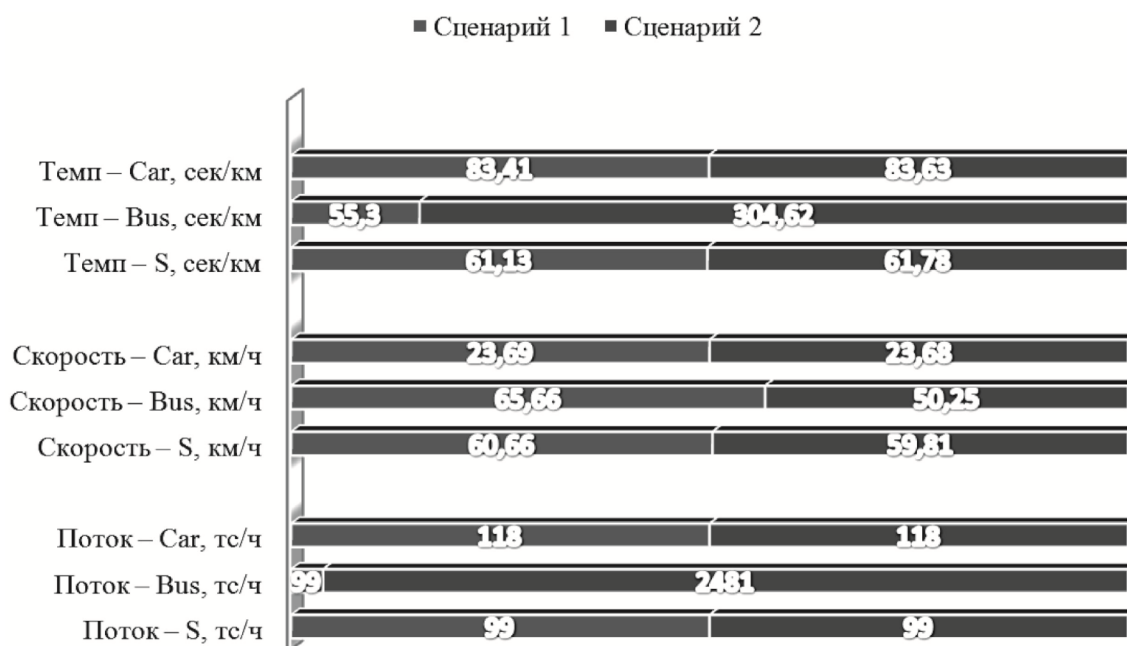


Рис. 4. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 2в

Вариант 2в – движение транспорта осуществляется по двум полосам, с выделенной крайней правой полосой для движения транспорта КСМ и маршрутных транспортных средств (МТС), в результате моделирования темп движения транспорта КСМ (T_s) изменяется незначительно на величину 0,65, скорость (V_s) снижается на 0,85, поток (P_s) остается неизменным.

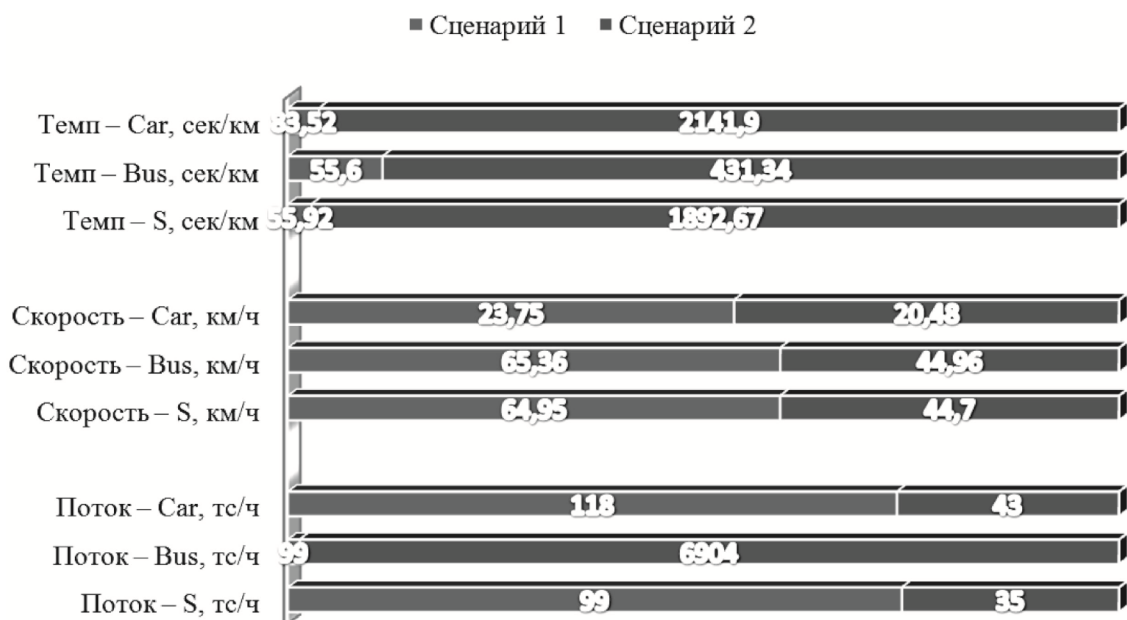


Рис. 5. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 3а

Вариант 3а – движение транспорта осуществляется по трем полосам, в результате моделирования темп движения транспорта КСМ (T_s) увеличился в 33,8 раз, скорость (V_s) на 31,2 %, поток (P_s) с 99 уменьшился до 35.

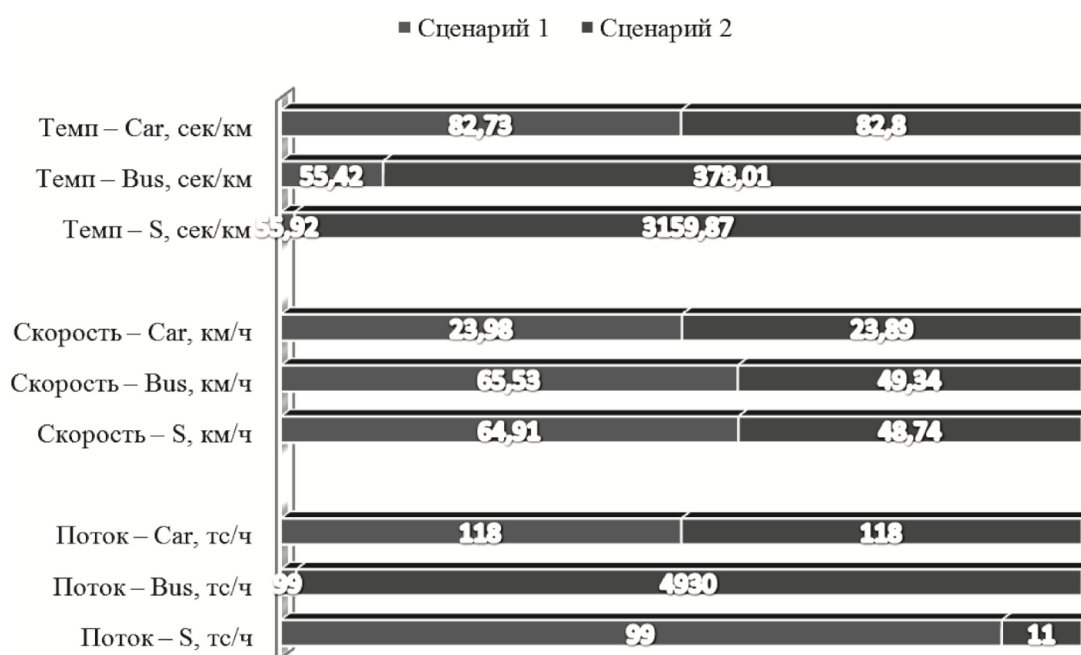


Рис. 6. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 3б

Вариант 3б – движение транспорта осуществляется по трем полосам, с выделенной крайней правой полосой для движения маршрутных транспортных средств (МТС), в результате моделирования темп движения транспорта КСМ (T_s) увеличился в 56,5 раз, скорость (V_s) на 24,9 %, поток (P_s) с 99 уменьшился до 11.

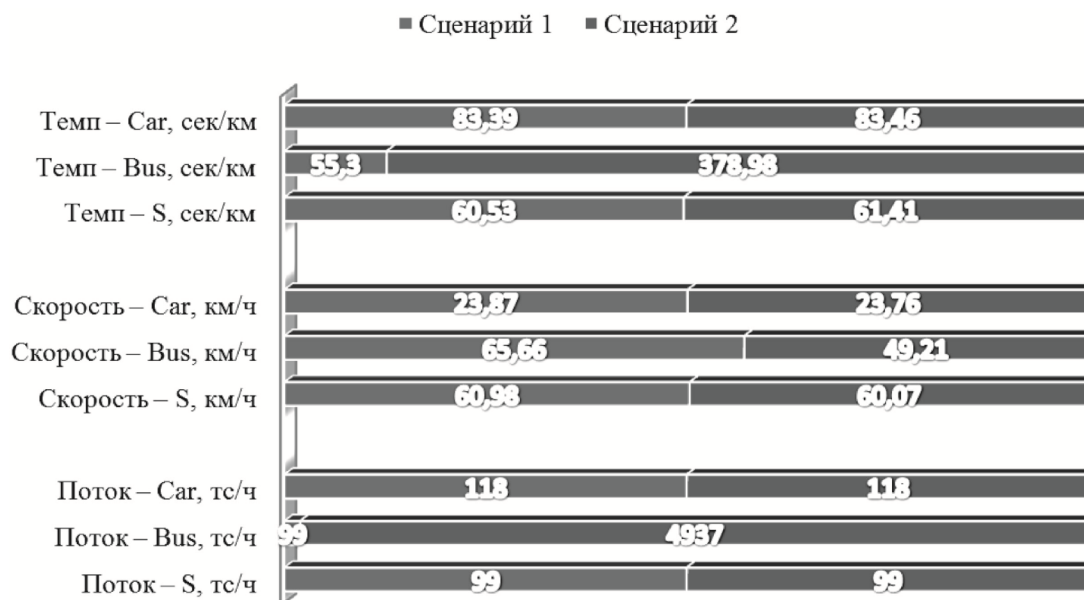


Рис. 7. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 3в

Вариант 3в – движение транспорта осуществляется по трем полосам, с выделенной крайней правой полосой для движения транспорта КСМ и маршрутных транспортных средств (МТС), в результате моделирования темп движения транспорта КСМ (T_s) изменяется на величину 0,88, скорость (V_s) снижается на 0,91, поток (P_s) остается неизменным.

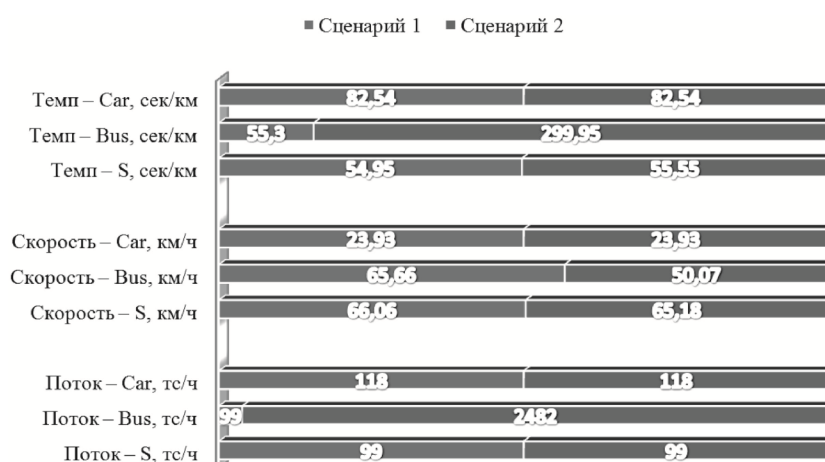


Рис. 8. Диаграмма динамики изменения параметров движения – вариант 3г

Вариант 3г – движение транспорта осуществляется по трем полосам, с выделенной крайней левой полосой для движения транспорта КСМ и крайней правой – маршрутных транспортных средств (МТС), в результате моделирования темп движения транспорта КСМ (T_s) увеличился на 0,6, скорость (V_s) снизилась на 0,88, поток (P_s) остается неизменным.

Результаты имитационного моделирования сценария № 2 по 10-ти оценочным критериям представлены в таблице.

Таблица

Результаты имитационного моделирования

Критерии	1	2а	2б	2в	3а	3б	3в	3г
Темп – S, сек/км	1897	1362	3410	62	1893	3160	61	56
Темп – Саг, сек/км	750	489	293	305	431	378	379	300
Темп – Bus, сек/км	1824	1447	83	84	2142	83	83	83
Задержка – S, сек/км	1843	1308	3358	7	1839	3105	6	0
Задержка – Саг, сек/км	696	435	239	251	377	324	325	246
Задержка – Bus, сек/км	1696	1325	0	0	2016	0	0	0
Время остановки – S, сек/км	1807	1279	3338	2	1812	3086	2	0
Время остановки – Саг, сек/км	660	405	222	233	351	305	306	228
Время остановки – Bus, сек/км	1721	1343	4	5	2039	4	5	4
Входной поток – S, тс/ч	46	49	5	100	36	11	100	100
Входной поток – Саг, тс/ч	2104	4438	2503	2508	6996	4983	4991	2508
Входной поток – Bus, тс/ч	57	62	121	121	45	121	121	121
Время в пути – S, ч	12,5	9,6	2,5	0,9	9,7	5,1	0,9	0,8
Время в пути – Саг, ч	228,3	313,8	106,5	110,8	436,2	273,1	274,2	109,2
Время в пути – Bus, ч	14,7	12,9	1,4	1,4	13,5	1,4	1,4	1,4
Расстояние – S, км	23,7	25,3	2,6	51,7	18,4	5,8	51,7	51,7
Расстояние – Саг, км	1099	2322	1315	1317	3661	2617	2621	1319
Расстояние – Bus, км	29,0	32,3	61,7	61,8	22,7	61,7	61,8	61,7
Мах вирт. затора – S, тс	54	51	95	0	64	89	0	0
Мах вирт. затора – Саг, тс	898	1562	3497	3492	2005	4017	4009	6492
Мах вирт. затора – Bus, тс	64	59	0	0	76	0	0	0
Плотность – S, тс/км	1,18	0,6	0,05	0,85	0,27	0,08	0,57	0,51
Плотность – Саг, тс/км	54	54,04	25,21	25,26	53,51	34,08	34,21	16,91
Плотность – Bus, тс/км	2,78	1,56	2,5	2,53	0,73	1,67	1,69	1,67
Поток – S, тс/ч	45	48	5	99	35	11	99	99
Поток – Саг, тс/ч	2079	4382	2476	2481	6904	4930	4937	2482
Поток – Bus, тс/ч	55	61	118	118	43	118	118	118
Скорость – S, км/ч	39,59	43,09	49,81	59,81	44,7	48,74	60,07	65,18
Скорость – Саг, км/ч	39,69	43,15	50,23	50,25	44,96	49,34	49,21	50,07
Скорость – Bus, км/ч	20,41	20,09	23,93	23,68	20,48	23,89	23,76	23,93

Из представленных результатов сравнительного анализа видно, что вариант 1 – однополосная дорога – по показателю пропускной способности уступает другим вариантам, пропускная способность транспорта КСМ (P_s) 45 тс/ч, МТС (P_{bus}) 55 тс/ч, фонового потока (P_{car}) 2079 тс/ч.

Увеличение до 2-ух количество полос (вариант 2а) позволяет увеличить пропускную способность фонового потока P_{car} на 111 %, МТС P_{bus} на 9 % и транспорта КСМ P_s на 7 %, по сравнению с вариантом 1. Появляется возможность организовать движение МТС по выделенной полосе (вариант 2б), вследствие чего пропускная способность фонового потока и транспорта КСМ снижается на 48 % на 90 % соответственно, однако значительно улучшаются условия движения МТС, пропускная способность увеличивается на 93 %, по сравнению с вариантом 2а, без выделенных полос. Организация совместного движения МТС и транспорта КСМ по крайней правой полосе приводит также к снижению пропускной способности фонового потока на 48 %, зато пропускная способность транспорт КСМ и МТС увеличивается на 106 % и 93 % соответственно, по сравнению с вариантом 2а.

Организация движения по 3-ем полосам (вариант 3а), увеличивается пропускная способность фонового потока P_{car} на 232 % и 58 %, однако снижается P_{bus} на 22 % и 30 %, P_s на 22 % и 15 % и по сравнению с вариантом 1 и вариантом 2а соответственно. Появляется возможность организации движения транспорта КСМ по крайней левой выделенной полосе (вариант 3г), что приводит к снижению пропускной способности фонового потока P_{car} на 64 %, но к увеличению P_{bus} и P_s на 174 % и 183 % соответственно по сравнению с вариантом 3а.

По результатам анализа можно сделать вывод, что при критической величине фонового потока, эффективным вариантом ОДД для транспорта КСМ является вариант 3г с выделенной крайней левой полосой движения. Если нет возможности расширения УДС или условия движения (интенсивность фонового потока) не позволяют применить данный метод ОДД, возможно использовать варианты 2в, 3в – совместное движение МТС с транспортом КСМ, но при этом необходимо исследовать влияния увеличения интенсивности транспорта КСМ, на условия движения МТС.

Список библиографических ссылок

1. Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения: Монография. – М.: Мир, 2003. – 368 с.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. Перевод с английского Коваленко Е.Г. и Шермана Г.Д. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
3. Загидуллин Р.Р. Территориально-транспортное планирование крупномасштабного спортивного мероприятия // Известия КГАСУ, 2012, № 3. – С. 19-26.
4. Зырянов В.В. Моделирование при транспортном обслуживании мега-событий // Инженерный вестник Дона, 2011, Т. 18, № 4. – С. 548-551.
5. Клишковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
6. Пржибыл Павел, Свитек Мирослав. Телематика на транспорте. Перевод с чешского О. Бузка и В. Бузковой. Под редакцией проф. В.В. Сильянова. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 540 с.
7. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
8. Zyryanov V., Keridi P., Guseynov R. Traffic Modelling of Network Level System for Large Event //16th ITS World Congress. Stockholm, 2009. – 180 p.

Zagidullin R.R. – senior lecturer

E-mail: r.r.zagidullin@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Investigation of the parameters of traffic, serving large-scale sporting event,
in the section of street and road network**

Resume

Large-scale sport events (LSE) differ in a large variety of participants' quantity, place of event holding, its duration, and circle of sport types, as well in relation to the transportation infrastructure, facilitating event holding and the influence of external factors to its functioning.

Accordingly, provision of priority conditions for city street and road network (SRN) traffic of client group of LSE transportation system, first of all sportsmen and judges, is a first-order condition for accessibility provision of sport events and entertainment venues.

But in restrained urban conditions and in conditions of historically developed structure of city SRN it is not always possible to carry out road renovation and to arrange traffic by the special lane for LSE transport.

The aim of the present work is to examine different variants of traffic arrangement for transport rendering services at LSE, in the section of SRN.

Keywords: simulation, large-scale sporting event, traffic management, street and road network, the stage, shuttle craft, traffic flow, traffic priority.

Reference list

1. Buslayev A.P., Novikov A.V., Prikhodko V.M., Tatashev A.G., Yashin M.V. Probabilistic simulation and optimization approaches to road traffic: Monograph. – M.: World, 2003. – 368 p.
2. Drew D. The theory of traffic flow and management. Translated from English by Kovalenko E.G. and Sherman G.D. – M.: Transport, 1972. – 424 p.
3. Zagidullin R.R. Territorial and transport planning of large-scale sporting events // News of the KSUAE, 2012, № 3. – P. 19-26.
4. Ziryayov V.V. Modeling for transport services mega-events // Engineer Don Gazette, 2011, T. 18, № 4. – P. 548-551.
5. Klinkovshcheyn G.I. Afanasiev M.B. Traffic Management: Textbook. for universities, 5-th ed., rev. and add. – M.: Transport, 2001. – 247 p.
6. Przhibyl Paul, Miroslav Svitek. Transport telematics. Translated from Czech O. Buzek and V. Buzkova. Edited by prof. Silyanova V.V. – M.: MADI (STU), 2003. – 540 p.
7. Silyanov V.V. Theory of traffic flow in road design and traffic management. – M.: Transport, 1977. – 303 p.
8. Zyryanov V., Keridi P., Guseynov R. Traffic Modelling of Network Level System for Large Event //16-th ITS World Congress. Stockholm, 2009. – 180 p.