

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАРШРУТА ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ И ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В работе [1] рассмотрена методика организации пассажирских перевозок на маршруте городской пассажирской транспортной системы (ГПТС) с учетом показателей качества обслуживания пассажиров и минимизации вредного экологического воздействия автомобильных пассажирских транспортных средств (ТС) на окружающую среду. В качестве примера

реализации вышеупомянутой методики рассмотрим пассажирский автобусный кольцевой маршрут № 48 г. Киева, который обслуживается коммунальным предприятием-перевозчиком «Киевпастранс» [2]. Маршрут проложен по киевскому микрорайону Русановка и насчитывает 15 остановок. Длина маршрута — 7,3 км, эксплуатационная скорость пассажирского ТС — 18 км/час (5 м/с), время рейса — 30 мин. Время посадки (высадки) пассажиров на первой (конечной) остановке — 30 с, на всех остальных — 20 с.

Расстояния между остановками представлены в табл. 1.

Величина пассажиропотоков и вероятности выхода пассажиров на остановках для будних и выходных (праздничных) дней рассчитывались на основе наблюдений, которые осуществляли студенты и аспиранты Национального транспортного университета (г. Киев) с 2009 по 2016 гг. в зимнее время года (когда пассажиропотоки наибольшие) для 17 часовых интервалов с 6.00 до 23.00. Результаты обработки наблюдений представлены в табл. 2–5.

В табл. 2, 4 показана вероятность выхода пассажиров на остановках автобусного маршрута № 48 г. Киева: рабочие и выходные дни соответственно.

© О.Е. СОКУЛЬСКИЙ, Е.Ю. ГИЛЕВСКАЯ, Н.Н. ВАСИЛЬЦОВА, Д.Л. ПАНЧЕНКО, 2017

Международный научно-технический журнал
«Проблемы управления и информатики», 2017, № 6

Таблица 1

№	Название остановки	Длина перегона, м
1	Ст. м. Левобережная	
2	Ул. Энтузиастов	1000
3	Пешеходный мост	500
4	Библиотека	500
5	Бювет	300
6	Почта № 154	300
7	Бульвар Игоря Шамо	600
8	Гостиница «Славутич»	400
9	Бульвар Игоря Шамо	400
10	Почта № 154	400
11	Станция Киев-Русановка	400
12	Библиотека	300
13	Пешеходный мост	600
14	Ул. Энтузиастов	500
15	Ул. Раисы Окипной	500
16	Ст. м. Левобережная	600

Таблица 2

Время суток	Остановки														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
6-7	0,14	0,13	0,20	0,11	0,20	0,27	0,17	0,09	0,15	0,17	0,24	0,25	0,21	0,28	
7-8	0,14	0,13	0,20	0,11	0,20	0,27	0,17	0,09	0,15	0,17	0,24	0,25	0,21	0,28	
8-9	0,14	0,13	0,22	0,10	0,19	0,33	0,18	0,09	0,13	0,16	0,20	0,27	0,21	0,27	
9-10	0,15	0,11	0,12	0,13	0,11	0,32	0,16	0,09	0,08	0,14	0,20	0,24	0,22	0,25	
10-11	0,19	0,18	0,19	0,13	0,21	0,36	0,18	0,41	0,12	0,32	0,14	0,26	0,23	0,31	
11-12	0,20	0,17	0,23	0,19	0,18	0,37	0,19	0,37	0,33	0,29	0,08	0,23	0,24	0,28	
12-13	0,20	0,20	0,33	0,25	0,45	0,32	0,38	0,10	0,06	0,03	0,06	0,12	0,04	0,23	
13-14	0,27	0,27	0,28	0,20	0,37	0,96	0,13	0,15	0,04	0,07	0,08	0,10	0,13	0,24	
14-15	0,24	0,28	0,22	0,20	0,25	0,91	0,21	0,02	0,07	0,09	0,06	0,10	0,26	0,15	
15-16	0,32	0,24	0,24	0,24	0,29	0,91	0,15	0,38	0,03	0,21	0,04	0,16	0,14	0,18	
16-17	0,27	0,22	0,28	0,30	0,22	0,95	0,11	0,08	0,12	0,10	0,02	0,11	0,07	0,16	
17-18	0,21	0,24	0,27	0,13	0,27	0,83	0,25	0,05	0,05	0,05	0,03	0,08	0,10	0,13	
18-19	0,20	0,19	0,28	0,17	0,29	0,73	0,22	0,00	0,04	0,03	0,10	0,10	0,08	0,09	
19-20	0,28	0,23	0,26	0,11	0,46	0,82	0,09	0,01	0,07	0,01	0,09	0,11	0,08	0,12	
20-21	0,23	0,21	0,17	0,32	0,13	0,78	0,22	0,22	0,07	0,07	0,06	0,10	0,11	0,04	
21-22	0,21	0,29	0,22	0,23	0,32	0,85	0,30	0,00	0,08	0,19	0,05	0,08	0,19	0,14	
22-23	0,21	0,29	0,22	0,23	0,32	0,85	0,30	0,00	0,08	0,19	0,05	0,08	0,19	0,14	

В табл. 3, 5 отражено время между двумя последовательными приходами пассажиров на остановку автобусного маршрута № 48 г. Киева: рабочие и выходные дни соответственно.

Таблица 3

Время суток	Остановки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6-7	24	209	187	233	327	297	218	506	154	306	273	173	151	395	1019
7-8	8	67	60	77	109	100	73	169	51	102	91	57	50	132	337
8-9	9	78	70	81	95	110	74	129	54	144	88	65	65	137	225
9-10	17	69	144	150	115	130	152	200	71	221	103	56	90	467	280
10-11	21	115	138	190	257	194	236	330	106	185	119	98	157	307	819
11-12	22	124	123	175	202	234	248	396	119	162	98	80	149	304	850
12-13	20	234	365	521	734	922	1237	620	65	174	182	110	100	264	3960
13-14	18	150	187	240	1769	450	3600	242	45	144	138	87	102	502	1160
14-15	17	198	142	149	3360	3480	840	723	52	123	85	103	111	207	441
15-16	22	336	172	348	900	372	1800	900	57	109	94	77	138	391	620
16-17	10	150	158	354	939	1361	947	557	46	111	91	79	80	232	952
17-18	10	227	262	3480	1212	1740	1120	528	50	153	328	163	186	642	507
18-19	10	172	359	397	3360	840	1133	1497	47	165	225	172	233	1133	1740
19-20	15	408	372	714	1798	1226	1213	268	93	313	517	181	251	1240	3720
20-21	17	666	402	3960	3960	4080	787	521	87	136	246	164	306	1500	3600
21-22	25	1740	357	1009	1740	2400	435	1800	85	309	295	286	336	295	1222
22-23	75	3214	1073	3035	3589	7200	1305	3462	255	1022	884	861	1022	884	3519

Таблица 4

Время суток	Остановки														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
6–7	0,00	0,45	0,17	0,10	0,17	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	
7–8	0,05	0,32	0,05	0,66	0,07	0,97	0,07	0,00	0,03	0,02	0,00	0,12	0,19	0,01	
8–9	0,20	0,18	0,33	0,19	0,21	0,68	0,17	0,01	0,10	0,03	0,01	0,07	0,10	0,06	
9–10	0,29	0,32	0,12	0,56	0,39	0,65	0,13	0,04	0,13	0,08	0,04	0,07	0,21	0,01	
10–11	0,17	0,33	0,25	0,16	0,49	0,51	0,36	0,33	0,16	0,15	0,06	0,18	0,06	0,11	
11–12	0,24	0,30	0,25	0,10	0,34	0,64	0,09	0,29	0,14	0,16	0,15	0,19	0,05	0,06	
12–13	0,26	0,41	0,13	0,09	0,15	0,53	0,24	0,16	0,19	0,31	0,09	0,33	0,07	0,05	
13–14	0,10	0,32	0,25	0,24	0,12	0,50	0,26	0,08	0,18	0,06	0,19	0,29	0,13	0,03	
14–15	0,09	0,23	0,28	0,20	0,23	0,74	0,30	0,05	0,11	0,06	0,02	0,15	0,14	0,03	
15–16	0,20	0,24	0,26	0,28	0,14	0,46	0,25	0,21	0,14	0,20	0,11	0,12	0,15	0,05	
16–17	0,13	0,24	0,25	0,19	0,27	0,85	0,62	0,34	0,14	0,12	0,26	0,17	0,21	0,04	
17–18	0,23	0,26	0,27	0,30	0,22	0,53	0,28	0,27	0,37	0,24	0,28	0,29	0,23	0,06	
18–19	0,14	0,22	0,30	0,16	0,27	0,60	0,28	0,35	0,23	0,20	0,23	0,16	0,13	0,10	
19–20	0,33	0,33	0,17	0,26	0,30	0,73	0,29	0,36	0,29	0,17	0,22	0,16	0,23	0,03	
20–21	0,24	0,28	0,38	0,08	0,43	0,65	0,56	0,17	0,12	0,04	0,15	0,10	0,15	0,19	
21–22	0,18	0,25	0,25	0,11	0,39	0,66	0,13	0,28	0,11	0,31	0,07	0,49	0,09	0,13	
22–23	0,35	0,38	0,29	0,14	0,07	0,75	0,63	0,25	0,13	0,19	0,00	0,22	0,09	0,00	

Таблица 5

Время суток	Остановки														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	240	3600	1800	1200	3480	3600	3480	3600	180	450	300	300	450	3600	3600
7–8	23	641	1800	302	216	1072	285	2790	154	450	146	111	101	151	2790
8–9	36	135	183	185	151	671	177	436	34	55	75	70	33	436	7440
9–10	22	199	134	343	52	216	269	221	45	135	88	68	59	141	840
10–11	31	151	175	231	434	155	268	163	42	140	131	80	43	157	494
11–12	14	87	82	296	159	162	144	162	40	103	85	76	77	202	7200
12–13	13	87	53	274	91	213	342	119	32	231	150	93	40	103	377
13–14	12	92	75	121	591	153	171	117	54	78	146	61	39	203	1260
14–15	15	86	85	162	138	397	115	212	29	75	90	57	44	182	639
15–16	13	118	71	142	95	328	178	73	35	104	81	82	49	179	3600
16–17	15	179	148	140	177	442	117	244	40	53	94	61	42	193	3600
17–18	12	160	81	92	100	233	213	205	32	94	86	86	62	98	358
18–19	13	227	106	109	136	658	87	101	59	62	90	67	57	464	859
19–20	14	216	135	229	260	193	106	157	37	170	121	71	60	205	420
20–21	21	151	155	231	223	152	240	179	59	853	145	544	136	1260	956
21–22	23	210	84	140	420	840	210	210	60	252	158	630	140	630	315
22–23	53	840	280	840	840	840	280	420	84	140	420	280	120	840	3600

В качестве параметров пассажирских ТС рассматривались технические характеристики автобусов среднего, большого и особенно большого класса (все работают на дизельном топливе (ДТ)), которые находятся на балансе коммунальных и частных автотранспортных предприятий г. Киева и используются на маршрутах ГПТС. Их значения представлены в табл. 6.

Таблица 6

Марка автобуса	Количество мест		Соответствие экологическим стандартам	Расход топлива, л/100 км
	общее	для сидения		
Автобусы среднего класса				
Богдан / Атаман А092Н2	43	15	EURO-2	15
Богдан / Атаман А092Н4	43	15	EURO-3	13
ЗАЗ А10С30 / i-van	60	24	EURO-3	18,3
Автобусы большого класса				
ЛАЗ А183D1 (CityLAZ 12 LF)	100	24-31	EURO-3	24
МАЗ 103.065	96	25	EURO-2	31,9
МАЗ 203.065	105	26	EURO-2	31,9
МАЗ 103.076	96	21	EURO-3	30
Автобусы особо большого класса				
МАЗ 107.467	145	26	EURO-3	36,4

Имитационное моделирование проводилось с помощью системы моделирования общего назначения General Purpose Simulation System (GPSS) [3], а именно GPSS World Commercial Version 5.2.2. [4, 5]. Программа состоит из трех частей: объявление исходных данных, участок моделирования действий пассажиров на остановках (приход и посадка в ТС) и участок моделирования движения пассажирских ТС (движение по маршруту между остановками и вход–выход пассажиров на них).

Автобусы Богдан / Атаман А092Н2 и Н6, а также все автобусы большого класса имеют одинаковые или почти одинаковые характеристики по пассажироместности, поэтому для них имитационные модели одинаковые, а с точки зрения минимизации вредного экологического влияния имеет смысл рассматривать тип пассажирского ТС с минимальным расходом дизельного топлива.

Результаты моделирования движения пассажиров и автобусов разных типов с учетом показателей качества обслуживания пассажиров представлены в табл. 7–14.

В табл. 7, 8 приведены результаты моделирования функционирования маршрута, организованного с помощью пассажирских ТС марки Богдан / Атаман А092Н4: рабочий и выходной день соответственно.

Таблица 7

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	3	640	1200	600	6	6,8
7–8	9	210	600	200	18	20,5
8–9	8	245	600	240	15	17,1
9–10	5	380	600	360	10	11,4
10–11	4	580	1200	514	7	8,0
11–12	3	610	1200	600	6	6,8
12–13	4	540	1200	514	7	8,0
13–14	4	470	1200	450	8	9,1
14–15	4	480	1200	450	8	9,1
15–16	4	560	1200	514	7	8,0
16–17	7	277	600	277	13	14,8
17–18	7	277	600	277	13	14,8

Продолжение таблицы 7

18–19	7	277	600	277	13	14,8
19–20	5	420	1200	400	9	10,2
20–21	4	490	1200	450	8	9,1
21–22	3	700	1200	600	6	6,8
22–23	2	2170	1200	1200	3	3,4
Итого					157	179

Таблица 8

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	2	1360	1200	1200	3	3,4
7–8	3	655	1200	600	6	6,8
8–9	8	225	1200	225	16	18,2
9–10	6	310	1200	300	12	13,7
10–11	5	390	1200	360	10	11,4
11–12	5	400	1200	400	9	10,2
12–13	5	380	1200	360	10	11,4
13–14	6	330	1200	327	11	12,5
14–15	7	267	1200	257	14	15,9
15–16	6	330	1200	327	11	12,5
16–17	5	370	1200	360	10	11,4
17–18	6	350	1200	327	11	12,5
18–19	5	360	1200	360	10	11,4
19–20	5	410	1200	400	9	10,2
20–21	4	580	1200	514	7	8,0
21–22	3	640	1200	600	6	6,8
22–23	2	970	1200	900	4	4,6
Итого					159	181,1

Таблица 9

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	2	970	1200	900	4	6,4
7–8	6	320	600	300	12	19,2
8–9	5	370	600	360	10	16,0
9–10	4	580	600	514	7	11,2
10–11	3	840	1200	720	5	8,0
11–12	3	880	1200	720	5	8,0
12–13	3	780	1200	720	5	8,0
13–14	3	710	1200	600	6	9,6
14–15	3	710	1200	600	6	9,6
15–16	3	855	1200	720	5	8,0
16–17	5	410	600	400	9	14,4
17–18	5	400	600	400	9	14,4
18–19	5	410	600	400	9	14,4
19–20	3	600	1200	600	6	9,6
20–21	3	710	1200	600	6	9,6
21–22	2	1040	1200	900	4	6,4
22–23	2	3100	1200	1200	3	4,8
Итого					111	178

Таблица 10

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	2	2140	1200	1200	3	4,8
7–8	2	980	1200	900	4	6,4
8–9	6	350	1200	327	11	17,6
9–10	4	490	1200	450	8	12,8
10–11	4	580	1200	514	7	11,2
11–12	4	580	1200	514	7	11,2
12–13	4	550	1200	514	7	11,2
13–14	4	480	1200	450	8	12,8
14–15	5	400	1200	400	9	14,4
15–16	4	495	1200	450	8	12,8
16–17	4	565	1200	514	7	11,2
17–18	4	510	1200	450	8	12,8
18–19	4	520	1200	514	7	11,2
19–20	3	600	1200	600	6	9,6
20–21	3	850	1200	720	5	8,0
21–22	2	950	1200	900	4	6,4
22–23	2	1480	1200	1200	3	4,8
Итого					112	179,5

Таблица 11

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	2	1540	1200	1200	3	6,3
7–8	4	510	600	450	8	16,8
8–9	4	575	600	514	7	14,7
9–10	3	940	600	600	6	12,6
10–11	2	1350	1200	1200	3	6,3
11–12	2	1380	1200	1200	3	6,3
12–13	2	1290	1200	1200	3	6,3
13–14	2	1170	1200	900	4	8,4
14–15	2	1100	1200	900	4	8,4
15–16	2	1340	1200	1200	3	6,3
16–17	4	540	600	514	7	14,7
17–18	3	620	600	600	6	12,6
18–19	3	630	600	600	6	12,6
19–20	2	940	1200	900	4	8,4
20–21	2	1120	1200	900	4	8,4
21–22	2	1600	1200	1200	3	6,3
22–23	2	4850	1200	1200	3	6,3
Итого					77	162

В табл. 9, 10 приведены результаты моделирования функционирования маршрута, организованного с помощью пассажирских ТС марки ЗАЗ А10С30 / i-van: рабочий и выходной день соответственно.

Таблицы 11, 12 отражают результаты моделирования функционирования маршрута, организованного с помощью пассажирских ТС марки ЛАЗ А183D1 (CityLAZ 12 LF): рабочий и выходной день соответственно.

Таблица 12

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	2	3400	1200	1200	3	6,3
7–8	2	1500	1200	1200	3	6,3
8–9	4	570	1200	514	7	14,7
9–10	3	810	1200	720	5	10,5
10–11	2	930	1200	900	4	8,4
11–12	2	900	1200	900	4	8,4
12–13	3	860	1200	720	5	10,5
13–14	3	760	1200	720	5	10,5
14–15	3	630	1200	600	6	12,6
15–16	3	760	1200	720	5	10,5
16–17	2	905	1200	900	4	8,4
17–18	3	800	1200	720	5	10,5
18–19	3	820	1200	720	5	10,5
19–20	2	930	1200	900	4	8,4
20–21	2	1320	1200	1200	3	6,3
21–22	2	1460	1200	1200	3	6,3
22–23	2	2380	1200	1200	3	6,3
Итого					74	155,6

Таблица 13

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	2	2010	1200	1200	3	9,6
7–8	3	660	600	600	6	19,1
8–9	3	770	600	600	6	19,1
9–10	3	1240	600	600	6	19,1
10–11	2	1740	1200	1200	3	9,6
11–12	2	1840	1200	1200	3	9,6
12–13	2	1690	1200	1200	3	9,6
13–14	2	1530	1200	1200	3	9,6
14–15	2	1440	1200	1200	3	9,6
15–16	2	1820	1200	1200	3	9,6
16–17	3	830	600	600	6	19,1
17–18	3	810	600	600	6	19,1
18–19	3	830	600	600	6	19,1
19–20	2	1230	1200	1200	3	9,6
20–21	2	1460	1200	1200	3	9,6
21–22	2	2100	1200	1200	3	9,6
22–23	2	6310	1200	1200	3	9,6
Итого					69	220

В табл. 13, 14 приведены результаты моделирования функционирования маршрута, организованного с помощью пассажирских ТС марки МАЗ 107.467: рабочий и выходной день соответственно.

Таблица 14

Время суток	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем, л
6–7	2	4540	1200	1200	3	9,6
7–8	2	1970	1200	1200	3	9,6
8–9	3	760	1200	720	5	15,9
9–10	2	1085	1200	900	4	12,8
10–11	2	1220	1200	1200	3	9,6
11–12	2	1180	1200	900	4	12,8
12–13	2	1130	1200	900	4	12,8
13–14	2	1010	1200	900	4	12,8
14–15	3	855	1200	720	5	15,9
15–16	2	1040	1200	900	4	12,8
16–17	2	1190	1200	900	4	12,8
17–18	2	1040	1200	900	4	12,8
18–19	2	1070	1200	900	4	12,8
19–20	2	1220	1200	1200	3	9,6
20–21	2	1730	1200	1200	3	9,6
21–22	2	1910	1200	1200	3	9,6
22–23	2	3125	1200	1200	3	9,6
Итого					63	200,9

В данных таблицах в столбце «Количество ТС» указано количество автобусов, работающих на маршруте в данный часовой интервал времени и обеспечивающих обслуживание пассажиров с учетом показателей качества; столбец «Расчетный интервал, с» содержит интервал движения между автобусами в секундах, при котором не происходит переполнение салона пассажирского ТС; столбец «Нормативный интервал, с» содержит максимальный нормативный интервал движения (10 мин для часов «пик», 20 мин для остальных интервалов времени суток); столбец «Интервал по расписанию, с» содержит интервал движения автобусов, при котором соблюдаются все показатели качества обслуживания пассажиров и автобусы распределены равномерно по всему часовому отрезку времени; столбец «Количество рейсов в час» содержит количество рейсов, которое необходимо сделать автобусам на протяжении соответствующего часового интервала времени суток; столбец «Объем, л» содержит количество ДТ в литрах, которое израсходуют все пассажирские ТС на протяжении часового интервала.

Значения расчетного интервала (T_{calc}) определяем по результатам имитационного моделирования, нормативного (T_{norm}) задаем самостоятельно, тогда значение количества рейсов (N_{trip}) в час определяется по формуле

$$N_{trip} = \left\lceil \frac{3600}{\min(T_{calc}, T_{norm})} \right\rceil. \quad (1)$$

В этом случае интервал движения пассажирских транспортных средств по расписанию (T_{shed}) в секундах при условии их равномерного распределения на протяжении часа равен

$$T_{shed} = \frac{3600}{N_{trip}}. \quad (2)$$

В таком случае общее количество пассажирских ТС (N_{VV}), необходимое для выполнения требуемого количества рейсов в определенном часовом интервале времени суток, равно:

$$N_{VV} = \left\lceil \frac{T_{\text{trip}}}{T_{\text{shed}}} \right\rceil, \quad (3)$$

где T_{trip} — время рейса (в данном случае — 30 мин или 1800 с).

На основании данных табл. 7–14 можно предложить комбинированный режим работы на автобусном маршруте № 48 г. Киева в рабочий и выходной день (табл. 15, 16 соответственно), при котором за счет того, что на каждом временном интервале работает определенный тип автобуса, выполняются показатели качества обслуживания пассажиров и обеспечивается минимальный выброс вредных веществ в окружающую среду при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) пассажирских ТС. Как и следовало ожидать, пассажирские ТС, соответствующие стандарту EURO-2, не смогли составить конкуренцию ТС со стандартом EURO-3 по показателю экологичности.

Таблица 15

Время суток	Тип ТС	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	ЛАЗ A183D1 (CityLAZ 12 LF)	2	1540	1200	1200	3	6,3
7–8		4	510	600	450	8	16,8
8–9		4	575	600	514	7	14,7
9–10	ЗАЗ А10С30	4	580	600	514	7	11,2
10–11		2	1350	1200	1200	3	6,3
11–12		2	1350	1200	1200	3	6,3
12–13	ЛАЗ A183D1 (CityLAZ 12 LF)	2	1350	1200	1200	3	6,3
13–14		2	1170	1200	900	4	8,4
14–15		2	1100	1200	900	4	8,4
15–16		2	1340	1200	1200	3	6,3
16–17	ЗАЗ А10С30	5	410	600	400	9	14,4
17–18		3	620	600	600	6	12,6
18–19	ЛАЗ A183D1 (CityLAZ 12 LF)	3	630	600	600	6	12,6
19–20		2	940	1200	900	4	8,4
20–21		2	1120	1200	900	4	8,4
21–22		2	1600	1200	1200	3	6,3
22–23	Богдан А092Н4	2	2170	1200	1200	3	3,4
Итого						80	157,3

Таблица 16

Время суток	Тип ТС	Количество ТС	Расчетный интервал, с	Нормативный интервал, с	Интервал по расписанию, с	Количество рейсов в час	Объем топлива, л
6–7	Богдан А092Н4	2	1360	1200	1200	3	3,4
7–8		2	1500	1200	1200	3	6,3
8–9		4	570	1200	514	7	14,7
9–10		3	810	1200	720	5	10,5
10–11		2	930	1200	900	4	8,4

11–12	ЛАЗ А183D1 (CityLAZ 12 LF)	2	900	1200	900	4	8,4
12–13		3	860	1200	720	5	10,5
13–14		3	760	1200	720	5	10,5
14–15		3	630	1200	600	6	12,6
15–16		3	760	1200	720	5	10,5
16–17		2	905	1200	900	4	8,4
17–18		3	800	1200	720	5	10,5
18–19		3	820	1200	720	5	10,5
19–20		2	930	1200	900	4	8,4
20–21		2	1320	1200	1200	3	6,3
21–22		2	1460	1200	1200	3	6,3
22–23		Богдан А092Н4	2	970	1200	900	4
Итого						75	150,9

Количество вредных веществ (кг/1000 л) при работе дизельного ДВС составляет [6]: оксид углерода, CO — 25, углеводороды, C_mH_n — 8, оксиды азота, NO_x — 36, сажа, C — 3, сернистый газ, SO_2 — 30, всего — 102. Стоимостная оценка ущерба от ДВС пассажирских автомобильных ТС осуществляется на основании Директивы Европейского парламента и Европейского Совета № 2009/33/ЕС от 23.04.2009 г. [7]: CO_2 — 0,03–0,04 EUR/кг, NO_x — 0,0044 EUR/г, $NMHC$ — 0,001 EUR/г (неметановые гидрокарбонаты), твердые частицы — 0,087 EUR/г.

Плотность ДТ — 860 кг/м³ или 0,86 кг/л. При использовании комбинированного режима организации движения на автобусном маршруте № 48 г. Киева в рабочий день будет израсходовано 135,29 кг ДТ, в выходной — 129,80 кг. Стоимостная оценка вредного экологического влияния на окружающую среду равна 67,37 EUR и 64,64 EUR в рабочий и выходной день соответственно.

В настоящее время работа на маршруте организована с помощью автобусов МАЗ 203.065 (с 6.00 до 23.00 82 рейса в рабочий день и 67,5 рейсов в выходной [8]), что соответствует расходу 197,06 кг ДТ в рабочий день и 162,22 кг в выходной. Стоимостная оценка экологического ущерба в рабочий день — 98,14 EUR, в выходной — 80,78 EUR, что больше соответствующих значений при комбинированном режиме в 1,46 и 1,25 раза для рабочего и выходного дня соответственно.

О.Є. Сокульський, К.Ю. Гілевська, Н.М. Васильцова, Д.Л. Панченко

**ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ
МАРШРУТУ МІСЬКОЇ ПАСАЖИРСЬКОЇ
ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ
ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ
І ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ
НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

Розглянуто вирішення задачі імітаційного моделювання процесу функціонування рейсу маршруту міської пасажирської транспортної системи. Як розрахункові взято характеристики автобусного пасажирського маршруту м. Києва.

O.E. Sokulskyi, E.Yu. Hilevska, N.N. Vasiltzova, D.L. Panchenko

**SOLUTION OF THE ROUTE MODELING
PROBLEM OF THE URBAN PASSENGER
TRANSPORT SYSTEM IN ACCORDANCE
WITH THE PASSENGER SERVICE
QUALITY AND TECHNOGENIC IMPACTS
ON THE ENVIRONMENT**

The article deals with the problem solution of the route operation simulation of the urban passenger transport system. The characteristics of the passenger bus route of Kyiv are considered.

1. *Сокульский О.Е., Гилевская Е.Ю., Васильцова Н.Н., Панченко Д.Л.* Технология имитационного моделирования маршрута городской пассажирской транспортной системы с учетом качества обслуживания пассажиров и техногенного воздействия на окружающую среду // *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. — 2017. — № 4. — С. 82–86.
2. <http://kpt.kiev.ua/>
3. *Шрайбер Т. Дж.* Моделирование на GPSS. — М. : Машиностроение, 1980. — 592 с.
4. *Руководство пользователя по GPSS World*. — Казань : Мастер Лайн, 2002. — 384 с.
5. *Учебное пособие по GPSS World*. — Казань : Мастер Лайн, 2002. — 272 с.
6. *Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В.* Экология та автомобільний транспорт: 2-ге вид., перероблене та доповнене. — Київ : Арістей, 2008. — 296 с.
7. *Directive 2009/33/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of clean and energy efficient road transport vehicles // Official Journal of the European Union (L 120)*. — 2009. — P. 5–13.
8. <http://kpt.kiev.ua/information/passengers/timetable/bus-48.html>

Получено 21.08.2017