

УДК 656.1:681.5.004.94

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ У КРИТИЧНИХ СИТУАЦІЯХ НА ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

С.В. Капінус, асистент, ХНАДУ

Анотація. У статті доведено результати експериментальних досліджень параметрів дорожнього руху на вулично-дорожній мережі м. Харків при зміні схем організації дорожнього руху у разі виникнення критичних ситуацій. Розроблено імітаційні моделі у програмному середовищі PTV VISSIM та запропоновано їх застосування у системах управління дорожнім рухом.

Ключові слова: імітаційне моделювання; параметри дорожнього руху; показники ефективності; схеми організації дорожнього руху.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ НА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

С.В. Капинус, ассистент, ХНАДУ

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований параметров дорожного движения на улично-дорожной сети г. Харьков при изменении схем организации дорожного движения в случае возникновения критических ситуаций. Разработаны имитационные модели в программной среде PTV VISSIM и предложено их применения в системах управления дорожным движением.

Ключевые слова: имитационное моделирование; параметры дорожного движения; показатели эффективности; схемы организации дорожного движения.

IMITATING SIMULATION OF ROAD TRAFFIC PARAMETERS IN CRITICAL SITUATIONS IN THE TRANSPORT NETWORK

S.V. Kapinus assistant, KhNAHU

Abstract. The article presents the results of experimental studies of traffic parameters on the street-road network in Kharkov when the schemes for organizing traffic are changed in case of critical situations. Simulated models have been developed in the PTV VISSIM software environment and their applications in road traffic control systems have been proposed.

Keywords: simulation; parameters of traffic; performance indicators; schemes for organizing traffic.

Вступ

Проведення експериментальних досліджень на магістралях вулично-дорожньої мережі (ВДМ) для перевірки результатів моделювання параметрів транспортного потоку (ТП) обмежено з ряду причин, основними з яких є високі витрати на реалізацію експерименту і, що особливо важливо, вимогами забезпечен-

ня безпеки дорожнього руху. Тому, для дослідження режимів руху АТЗ на магістралях при зміні схем організації дорожнього руху або при виникненні критичних ситуацій, імітаційне моделювання більш ефективно [1,2]. До критичних ситуацій на ВДМ належить наступне: виникнення ДТП, ремонтні роботи, ускладнення режиму руху ТП. Основною перевагою імітаційного моделювання є те,

що воно дозволяє досліджувати системи різної складності, в тому числі системи, натурний експеримент для яких не здійснимо з етичних міркувань, або експеримент пов'язаний з небезпекою для життя, або він вимагає значних капіталовкладень.

Прикладом відомих інструментів імітаційного моделювання у сфері організації руху транспортних потоків є програмні продукти VISSIM (PTV AG, Німеччина) [3], GETRAM/AIMSUN [4], Paramics [5]. Існуючі системи моделювання наочно відображають зміну параметрів транспортного потоку на обурюючий вплив (заборонний сигнал світлофора), який є елементом схеми організації дорожнього руху на ВДМ. По-перше, для модельного експерименту необхідно розробити імітаційну модель руху ТП на ділянці ВДМ, яка дозволить визначити параметри руху АТЗ на цій ділянці.

Постановка завдання

Вхідними параметрами імітаційної моделі є: довжина ділянок ВДМ, м; ширина проїжджої частини, м; кількість смуг руху на ділянках ВДМ; інтенсивність ТП на вході ділянок ВДМ, авт./год; склад ТП; наявність зупинок громадського транспорту; параметри світлофорного об'єкту (розміщення світлофорів, тривалість циклу і основного такту регулювання в даному напрямку).

У процесі роботи імітаційної моделі здійснюється анімація руху транспорту в режимі реального часу із отриманням транспортно-технічних параметрів руху, таких як, розподіл часу в дорозі, часові затримки ТЗ, довжина черги на проїзд перед перехрестям, час простою, витрати палива та інших показників ефективності дорожнього руху.

Загальний план побудови імітаційної моделі дорожньої мережі в PTV VISSIM складається з наступних етапів:

1. Побудова дорожньої мережі за існуючою топологією ВДМ.
2. Введення ознак та параметрів транспортного потоку.
3. Установка світлофорних об'єктів із заданням циклу світлофорного регулювання на кожному перехресті.
4. Моделювання руху пішоходів за заданими параметрами.
5. Розбір конфліктних зон.

6. Моделювання руху громадського транспорту.

7. Розташування парковок та автостоянок на ВДМ.

8. Аналіз роботи імітаційної моделі за обраними критеріями.

Процес побудови імітаційної моделі

Обраний програмний продукт було застосовано для експериментальних досліджень дорожнього руху на мережі магістралей Шевченківського району міста Харків. Об'єкт дослідження наведено на рисунку 1. Вихідні дані для побудови імітаційної моделі були отримані шляхом натурних обстежень та наведені у таблицях 1–3.

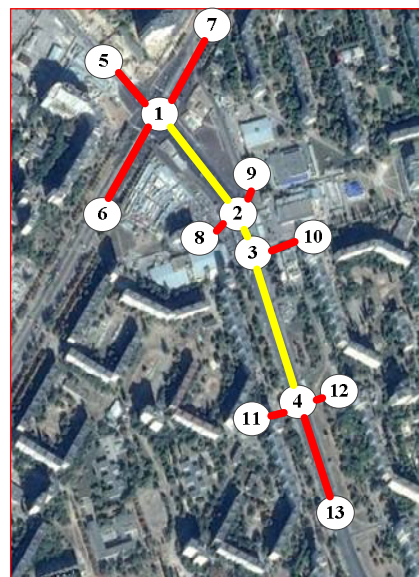


Рис. 1. – Фрагмент карти транспортної мережі

Таблиця 1 – Вузли мережі

Номер вузла	Адресна прив'язка (перехрестя вулиць)
1	просп. Перемоги – просп. Людвіка Свободи
2	супермаркет «КЛІАСС» – просп. Людвіка Свободи
3	просп. Людвіка Свободи – до новобудов «Жилстрой 1»
4	просп. Людвіка Свободи – 36 АТС

По ВДМ об'єкту моделювання проходить велика кількість маршрутів пасажирського транспорту загального користування, що знайшло відображення в імітаційній моделі. У наявності трамвайні маршрути № 7, 20, тролейбусні маршрути № 2, 40, автобусні маршрути № 78, 55, 263, 45, 305, 221, 119, 88, 271, 245, 282, 217, 26. Ширина смуг руху ко-

ливається від 3,75 до 4 метрів. Основні магістралі просп. Перемоги та просп. Людвіка Свободи мають ділянки, по три смуги руху в одному напрямку. По просп. Перемоги посередині на розділовій смузі проложені трамвайні колії. Рух трамвая з невеликою швидкістю, з великими габаритами, з низькою маневреністю, при наявності зупиночних пунктів, негативно не впливає на інших учасників дорожнього руху, бо відокремлений від проїзної частини автотранспорту.

Натурні обстеження проводилися у ранкову (з 08⁰⁰ до 09⁰⁰) та вечірню (з 17⁰⁰ до 18⁰⁰) години пік. В результаті натурних обстежень були отримані характеристики перегонів частини ВДМ Шевченківського району м. Харків, що досліджується (табл. 2). Характеристики роботи світлофорних об'єктів наведено у таблиці 3.

Таблиця 2 – Характеристика транспортної мережі

Дуга	Інтенсивність транспортних потоків по напрямкам, од./год.	Кількість смуг руху по напрямкам, од.	
		прямий	зворотній
1-2	980	3	4
2-3	1010	3	4
3-4	1180	3	3
5-1	850	3	3
6-1	750	3	3
7-1	630	3	3
8-2	150	2	2
9-2	30	2	2
10-3	200	1	1
11-4	35	1	1
12-4	10	1	1
13-4	1350	3	3

Таким чином, сформовано необхідний набір параметрів для побудови імітаційної моделі, загальний вигляд якої наведено на рисунку 2 та рисунку 3.

Таблиця 3 – Характеристика роботи світлофорних об'єктів

Номер вузла	Перехрестя вулиць	Тривалість циклу	Тривалість проміжного такту ,с	Тривалість основного такту ,с			
				Перша фаза	Друга фаза	Третя фаза	Четверта фаза
1	просп. Перемоги – просп. Людвіка Свободи	120	3	28	20	28	14
2	супермаркет «КЛАСС» – просп. Людвіка Свободи	80	3	38	36	-	-
3	просп. Людвіка Свободи – до новобудов «Жилстрой 1»	80	3	24	50	-	-
4	просп. Людвіка Свободи – 36 АТС	90	3	50	34	-	-

У процесі моделювання руху на ділянці ВДМ зі світлофорним регулюванням при відсутності перешкод руху, автотранспортні засоби (АТЗ), що надходять, розподіляються по ділянці відповідно заданої часової інтенсивності.

Мета імітаційного моделювання полягає у дослідженні зміни параметрів руху ТП на ВДМ у разі стрімкого зростання щільності ТП, що призводить до заторової ситуації. Причиною такого зростання може бути ДТП, що провокує обмеження доступу АТЗ та утворення транспортного затору (рисунок 4).

У дослідженнях запропоновано введення нової управляючої дії для даної критичної ситуації – обмеження доступу до ділянки магістралі. Ця дія призведе до перерозподілу інтенсивності руху на сусідніх ділянках та до-

зволить уникнути негативних наслідків в даній критичній ситуації.

Саме імітаційне моделювання дозволяє оцінити впровадження управляючої дії «обмеження доступу до ділянки магістралі» та визначає спосіб інформування водія про зміну схеми організації дорожнього. Реалізувати запропоновану схему ОДР можливо за допомогою установки керованих дорожніх знаків із зазначенням рекомендованих варіантів об'їзду та зміни циклу світлофорного регулювання на перехрестях. Програмний пакет VISSIM надає такі можливості при моделюванні.

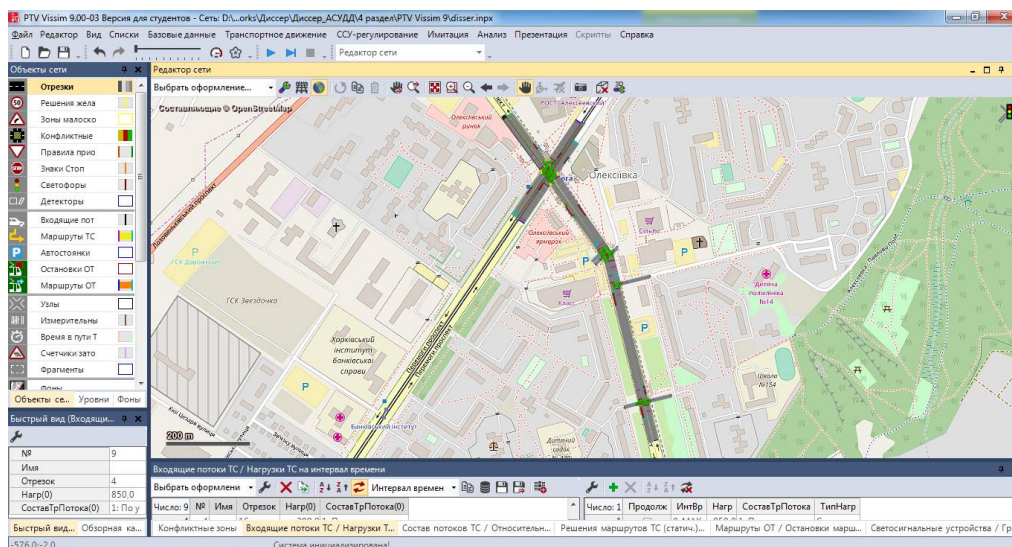


Рис. 2. – План-мапа частини ВДМ Шевченківського району міста Харків

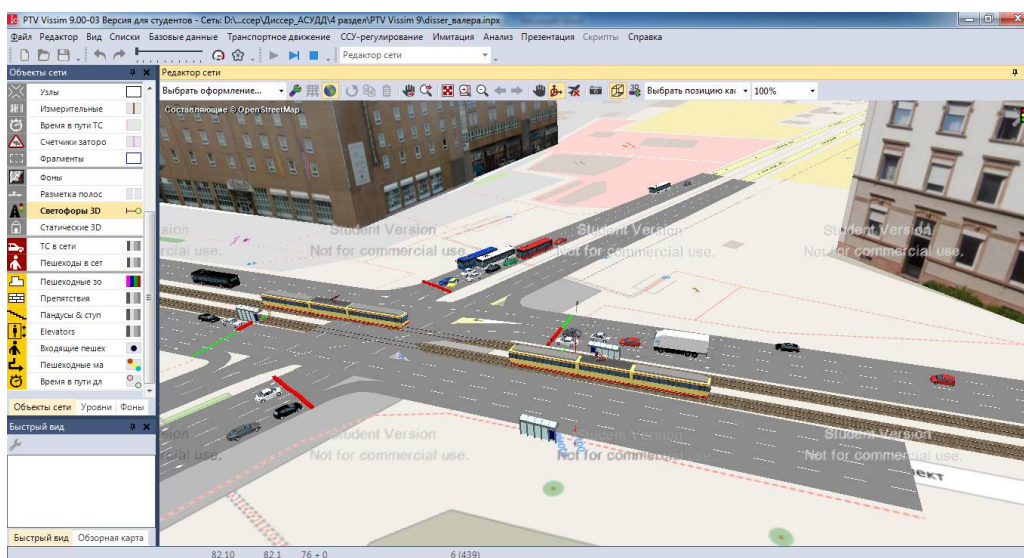
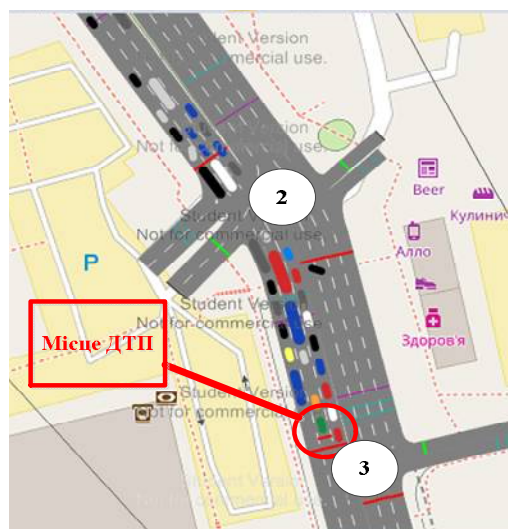


Рис. 3. – Імітаційна модель об'єкту дослідження у тривимірному вигляді

Оцінка результатів моделювання

На підставі того, що заходи організації дорожнього руху призначені підвищувати рівень ефективності функціонування ВДМ, обраний варіант управляючої дії може бути оцінений за різними критеріями ефективності: зниження рівня аварійності, оптимізацію швидкості сполучення, поліпшення стану навколишнього середовища. Дорожній рух по ВДМ ми оцінили за соціальними, екологічними, економічними критеріями ефективності. Запропоновані заходи усунення критичної ситуації на ВДМ засновані на зміні швидкісного режиму та інтенсивності руху транспортних засобів на окремих ділянках мережі, що дозволяє запобігти появі черги АТЗ на проїзд ділянки та виникненню заторового режиму руху.



Умовні позначення: ③ - вузол мережі.

Рис. 4. – Моделювання виникнення ДТП на ділянці мережі частини ВДМ Шевченківського району міста Харків

Результатом роботи імітаційної моделі є визначення показників ефективності організації дорожнього руху до та після застосування дії «обмеження доступу до ділянки магістралі» в частині ВДМ Шевченківського району міста Харків (таблиця 4 – 5). Показники ефективності заходів ОДР визначені для 600 секунд роботи моделі, тому що період імітації склав 600 секунд (це обумовлено обмеженням версії програмного забезпечення PTV VISSIM).

На підставі порівняльного аналізу були визначені зміни витрат часу при русі по перегонах ВДМ до та після впровадження управляючої дії (таблиця 6), що свідчить про доцільність та оперативність зміни управляючої дії на ділянці ВДМ у разі виникнення критичної ситуації. На рисунку 5 наведено результати порівняльного аналізу показників ефективності зміни схеми ОДР.

Таблиця 4 – Показники ефективності організації дорожнього руху до застосування дії «обмеження доступу до ділянки магістралі»

Число	Часові затримки ТЗ, с	Час простоя, с	Емісія CO, г	Емісія Nox, г	Емісія летючих органічних сполук, г	Витрати палива, л
1	184,39	148,56	121,349	23,61	28,124	6,57147
2	25,93	15,81	14,781	2,876	3,426	0,79872
3	36,55	28,22	37,515	7,299	8,694	2,03277
4	139,61	93,57	9,174	1,785	2,126	0,49589
5	124,83	89,85	143,877	27,993	33,345	7,79038
6	54,49	39,58	27,195	5,291	6,303	1,47253
7	29,96	18,02	20,047	3,901	4,646	1,08641
8	295,03	226,06	15,499	3,015	3,592	0,84036
9	64,64	41,64	7,991	1,555	1,852	0,43154
10	42,29	30,94	45,868	8,924	10,63	2,48323
11	22,87	15,06	64,398	12,529	14,925	3,48636
12	123,21	95,64	4,326	0,842	1,003	0,2347
13	85,35	55,82	243,926	47,459	56,532	13,2111
14	72,62	46,11	117,677	22,896	27,273	6,37463
15	86,74	62,17	25,656	4,992	5,946	1,38925
16	28,54	17,9	34,698	6,751	8,042	1,87756
17	11,69	4,91	12,418	2,416	2,878	0,6738
18	29,82	6,07	3,866	0,752	0,896	0,2082
19	61,26	41,63	11,647	2,266	2,699	0,63216
20	29,35	20,2	2,117	0,412	0,491	0,11356
21	31,91	22,63	2,342	0,456	0,543	0,1287
22	63,35	44,23	961,804	187,132	222,907	52,0873
Сума	1644,43	1164,62	1928,17	375,152	446,873	104,421

Таблиця 5 – Показники ефективності організації дорожнього руху після застосування дії «обмеження доступу до ділянки магістралі»

Число	Часові затримки ТЗ, с	Час простоя, с	Емісія CO, г	Емісія Nox, г	Емісія летючих органічних сполук, г	Витрати палива, л
1	2	3	4	5	6	7
1	25,57	13,03	15,379	2,992	3,564	0,83279
2	33	22,43	101,833	19,813	23,601	5,51534
3	53,44	37,74	28,873	5,618	6,692	1,56338
4	40,91	28,36	165,675	32,234	38,397	8,97143
5	53,43	33,47	34,817	6,774	8,069	1,88514
6	42,04	30,96	45,672	8,886	10,585	2,47187
7	22,88	15,07	64,411	12,532	14,928	3,48636
8	115,16	80,45	237,226	46,156	54,979	12,8477
9	92,03	62,76	80,073	15,579	18,558	4,33808
10	136,41	101,5	99,26	19,312	23,005	5,37528
11	42,9	29,61	40,336	7,848	9,348	2,18418
12	10,84	4,86	12,211	2,376	2,83	0,66245
13	95,41	63,04	17,306	3,367	4,011	0,93878
14	43,68	19,32	2,718	0,529	0,63	0,14763
15	141,81	99,21	15,759	3,066	3,652	0,85172

1	2	3	4	5	6	7
16	29,35	20,2	2,116	0,412	0,49	0,11356
17	31,91	22,63	2,343	0,456	0,543	0,1287
18	52,52	36,29	959,99	186,779	222,487	51,9888
Сума	1063,29	720,93	1926	374,729	446,369	104,303

Таблиця 6 – Результат застосування дії «обмеження доступу до ділянки магістралі»

	Часові затримки ТЗ	Час простою	Емісія CO, г	Емісія Nox, г	Емісія летючих органічних сполук, г	Витрати палива, л
до застосування управляючої дії	1644,43	1164,62	1928,171	375,152	446,873	104,4206
після застосування управляючої дії	1063,29	720,93	1925,998	374,729	446,369	104,3034

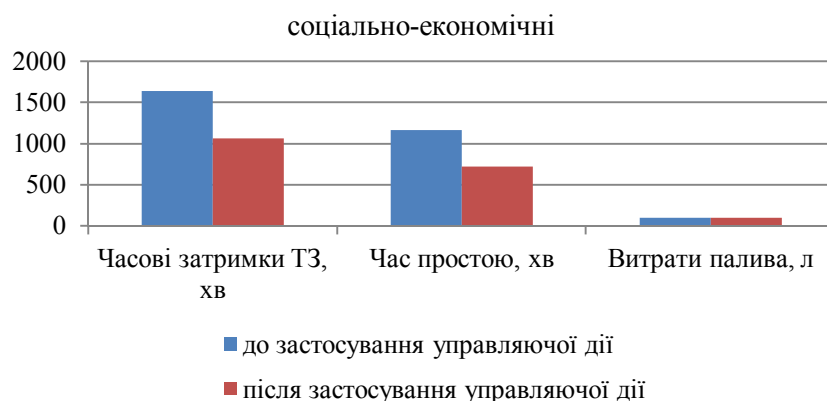


Рис. 5. – Порівняння соціально-економічних показників ефективності організації дорожнього руху до та після застосування дії «обмеження доступу до ділянки магістралі»

Таким чином, за допомогою імітаційного моделювання параметрів дорожнього руху було досліджено зміни параметрів дорожнього руху у разі виникнення ДТП та запропоновано доцільні зміни схем ОДР на «обмеження доступу до ділянки магістралі» та «об'їзд», що сприяло зниженню часових затримок ТЗ при русі на 581,14 с та часу простою ТЗ на 441,69 с. В свою чергу емісія CO, емісія Nox, емісія летючих органічних сполук та витрати палива знизилась незначно за період імітації. Отримані результати дають можливість стверджувати, що АСУДР у містах повинні змінювати схеми ОДР у разі виникнення критичних ситуацій в оперативному режимі, що сприяє підвищенню пропускної здатності ВДМ у цілому.

Література

1. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движе-

ния / [Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В.]; под ред. чл.-корр. РАН В.М. Приходько. — М.: Мир, 2003. — 368 с.

2. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования / Ю. В. Завадский // М.: Транспорт, 1977. - 72 с.

3. Офіційний сайт компанії PTV AG <http://www.ptv.de>.

4. Офіційний сайт Корпорація AGA Group <http://www.againc.net/ru>.

5. Офіційний сайт компанії Quadstone Paramics <http://www.paramics-online.com>

Рецензент: І.С. Наглюк, д.т.н., професор, ХНАДУ.

Дата надходження статті до редакції: 9 червня 2017 р.