

УДК 004.032.26:577.352.468

Мнацаканян В.Г.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Мнацаканян М.С.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ІНДУСТРІАЛЬНОГО ЦЕНТРУ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У статті проведено аналіз функціонування транспортної мережі великого індустріального центру, який показав, що численні структури, що забезпечують функціонування транспортно-дорожнього комплексу, потребують реальних даних про фактичний стан завантаження міських магістралей під час планування, реконструкції та управління дорожнім рухом. Порівняльний аналіз стратегій показав, що найперспективнішою стратегією є перетворення міської системи на S-гіпермережу фізичного простору на базі алгоритмів інформаційного програмування. Одним із завдань, яке може бути вирішено, базуючись на цій теорії, є управління світлофорами на перехрестях будь-якої конфігурації. Цей механізм дозволить скоротити час простою автомобілів на перехрестях, тим самим зменшивши екологічне навантаження на цих відрізках маршруту.

Ключові слова: транспортний засіб, дорожні умови, маршрут, гіпермережа, світлофорне регулювання, індустріальний центр, екологічна безпека.

Постановка проблеми. Розвиток інфраструктури великих індустріальних центрів супроводжується постійним зростанням кількісної та якісної оцінок транспортних потоків. Вимоги підприємств і громадян до якості транспортного обслуговування також постійно зростають. Обґрунтованість планування робіт за вказаними напрямками, правильність вибору пріоритетності тих чи інших заходів значною мірою визначається повнотою і достовірністю вихідних даних про показники завантаженості вулично-дорожньої мережі.

Ефективність функціонування сітілогістичної системи транспортних потоків в умовах впливу невизначених чинників пов'язана з високим рівнем міського управління. Реалізація тільки технічних і технологічних рішень для підвищення ефективності функціонування транспортної системи, як показує практика, не може поліпшити якість функціонування цих систем.

У ситуації, що склалася, актуальною є постановка завдання отримання інформації для розвитку екологічної безпеки транспортної інфраструктури міста шляхом застосування сучасного математичного апарату до накопичених даних транспортного

моніторингу. Із цією метою необхідний пошук нових шляхів формування маршрутизації міського, промислового і муніципального транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій в області сітілогістичних систем показав, що велика частина робіт спрямована на впровадження технічних і технологічних прийомів вирівнювання транспортної навантаженості [1–3].

Водночас управління сітілогістичною системою транспортних потоків характеризується впливом невизначених чинників і, як наслідок, необхідністю використання методів штучного інтелекту під час вироблення керуючих впливів, спрямованих на забезпечення умов надійної і безпечної роботи всіх видів транспорту, підвищення їхньої взаємодії, ефективності використання транспортних засобів і пропускну здатності транспортних комунікацій.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення моделі та методів формування оптимального маршруту на основі інтелектуальних систем і математичних апаратів в умовах екологічної безпеки міста.

Виклад основного матеріалу дослідження. Неефективне функціонування міської транспорт-

ної системи є гострою економічною, екологічною та соціальною проблемою. Маріупольський індустріальний центр належить до найбільш екологічно напружених районах України. Економіці міста властива висока питома вага ресурсомістких і енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося без будівництва відповідних очисних споруд. Це призвело до значної деградації довкілля міста Маріуполя, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря і земель, нагромадження в дуже великих кількостях шкідливих, зокрема й токсичних, відходів виробництва. Однією з найгостріших проблем міста є забруднення повітряного басейну. Стан атмосферного повітря Маріуполя визначає соціально-промисловий комплекс, що склався на території міста і характеризується викидами забруднюючих речовин (далі – ЗВ) в атмосферу, серед яких значна частка викидів припадає на автомобільний транспорт, а також метеорологічні умови, які суттєво впливають на поширення і розсіювання ЗР.

Серед основних чинників, які впливають на навколишнє середовище і здоров'я людини, виділено такі: викиди в повітря забруднюючих речовин, дорожньо-транспортний травматизм, шум, нестійкий розвиток міських районів, вібрація, швидкість руху, виділення тепла, інтенсивність руху [4].

Аналіз транспортної системи м. Маріуполя показав, що найбільше впливають на населення такі показники, як рівень шуму, рівень викидів вихлопних газів, рівень вібрації.

Проведений моніторинг автотранспорту (табл. 2) на головних магістралях транспортної системи м. Маріуполя на годину-пік (12–14 годин) будніх днів показав значне перевищення рівня викидів автомобілів над його гранично допустимою концентрацією [5]. На підтвердження даного факту надано результати розрахунку рівня викидів на відрізку 1 на підставі методики Д.В. Капського – Д.В. Рожанського (табл. 1, рис. 1) [6].

У результаті проведеного аналізу діяльності транспортної системи м. Маріуполя і вимог, що пред'являються населенням до рівня транспорт-

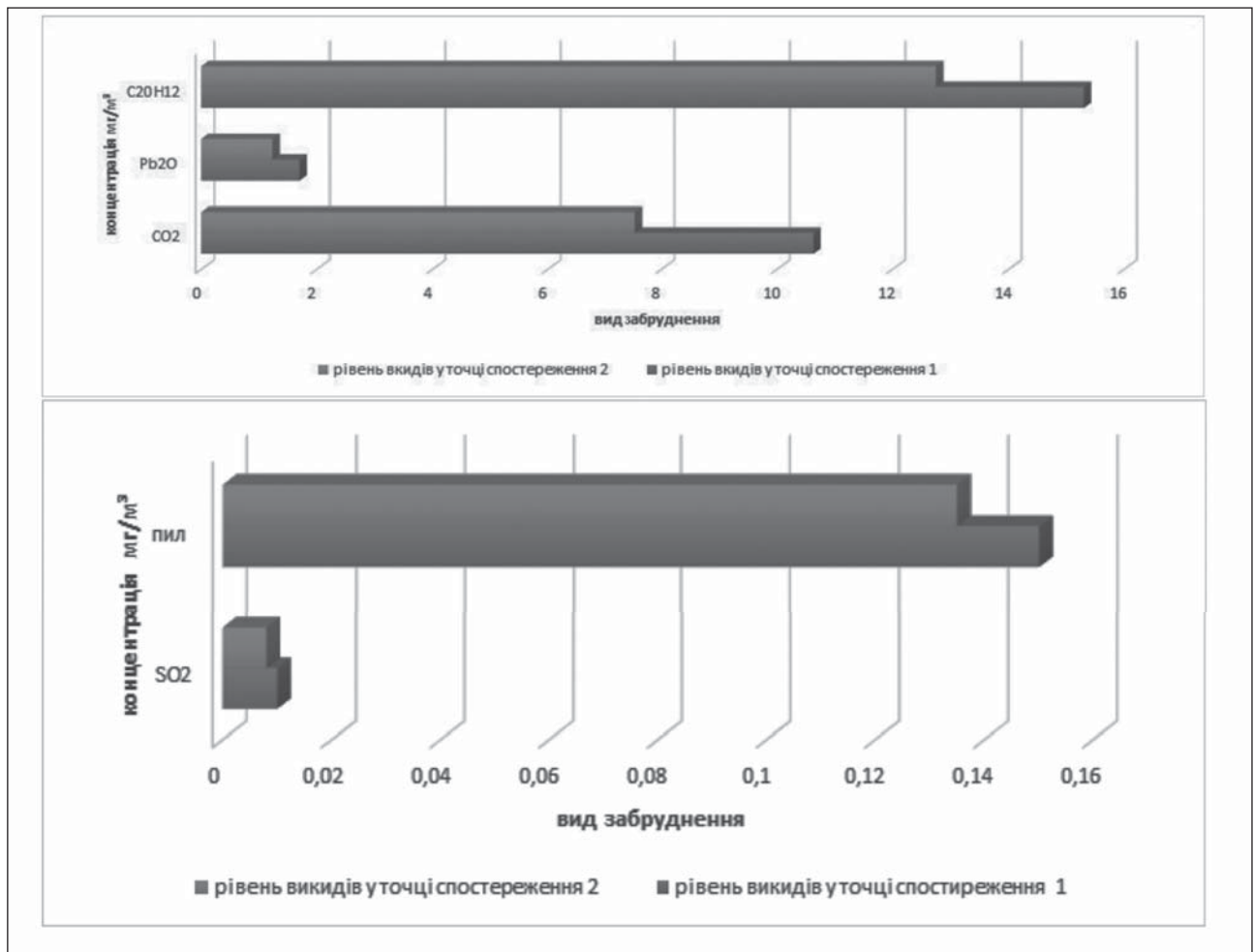


Рис. 1. Порівняльний аналіз викидів на досліджуваних ділянках маршрутів

ного обслуговування, визначені основні шляхи зниження екологічних збитків від автотранспорту:

- раціоналізація руху транспортних засобів;
- захист від шуму;
- поліпшення дорожнього покриття;
- використання палива підвищеної якості або альтернативного палива.

Як перспективний шлях зниження екологічних збитків від автотранспорту нами обрана раціоналізація руху транспортних засобів.

Формування раціональних маршрутів руху транспортних засобів пропонується провести з використанням імітаційної моделі, заснованої на теорії S-гіпермееж [7; 8], що дозволяє врахувати вимоги, що висуваються до процесу здійснення автоперевезень мешканцями і промисловими підприємствами індустріальних центрів.

Транспортна інфраструктура індустріального центру являє собою складну ієрархічну нестационарну систему мережевої структури. Структурна

модель функціонування споживацьких транспортних мереж індустріального центру представлена на рис. 2.

Збільшення інтенсивності руху, поширення заторових ситуацій на основних міських маршрутах – все це негативно впливає на екологічну ситуацію міста та викликає необхідність удосконалення організації руху, технологій забезпечення пропускної здатності (далі – ПЗ) міських вулично-дорожніх мереж (далі – ВДМ) і підвищення ефективності транспортного обслуговування індустріального центру, а також гарантування дорожньої безпеки під час функціонування автомобільного транспорту.

Зосередження уздовж основних міських магістралей торгових, офісних і промислових об’єктів спричиняє відчутне зниження ПЗ магістралей через перешкоди руху у вигляді місць для паркування, множинних пішохідних переходів, зупинок міського пасажирського транспорту, а також

Таблиця 1

Інтенсивність руху автотранспорту, од./рік

Проспекти	Точки проведення моніторингу	Кількість транспортних засобів		
		Вантажних	Легкових	Разом
Леніна	Дім звязку	412	1 371	1 783
Нахімова	Начало проспекту – маг. «Азовье»	203	461	664
Луніна	Другий ЗД переїзд	29	434	463
Металургів	Центральний ринок	388	1 206	1 594
Будівельників	ринок Бахчиванджи	192	930	1 122
Перемоги	пл. Перемоги	183	946	1 129

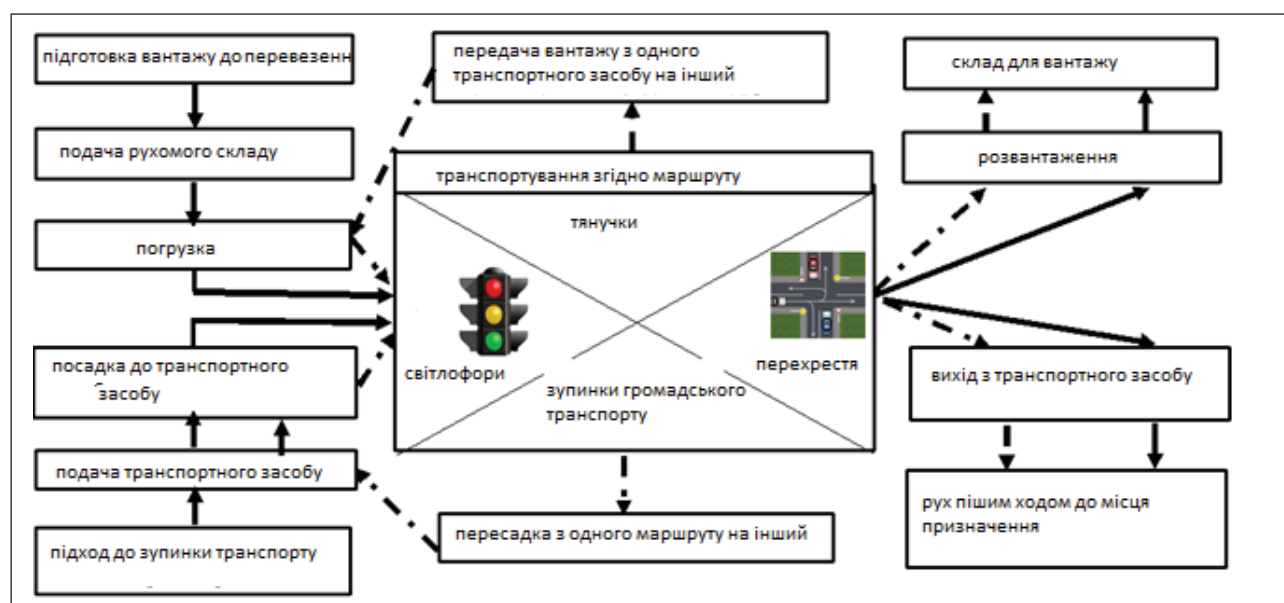


Рис. 2. Технологічна схеми перевезення вантажів і пасажирів в умовах функціонування міських індустріальних транспортних мереж

виїзду з територій промислових зон автомобілів великого тоннажу.

Численні структури, що забезпечують функціонування транспортно-дорожнього комплексу індустріального центру, потребують реальних даних про фактичний стан завантаження міських магістралей під час планування, реконструкції й управління дорожнім рухом. Особливої уваги потребує проблема взаємодії транспортної системи міста з іншими системами, представлена на рис. 3.

Після проведення натурних досліджень було визначено, що ефективна взаємодія транспортної системи з іншими системами можлива за умови:

- постійного контролю використання фактичної величини ПЗ на конкретних елементах міських магістралей;
- точної оцінки рівня завантаженості окремих елементів ВДМ (ділянок, що перебувають у критичному стані через завантаження або аварійність);
- розроблення й оперативної реалізації заходів, що компенсують перешкоди руху з урахуванням фактичного значення рівня завантаження елементів

ВДМ для гарантування ефективності та безпеки руху.

Рішення проблеми управління ефективністю взаємодії транспортної системи ускладнюється відсутністю єдності методики визначення ефективності як для транспортної системи загалом, так і для складників її компонентів, а також відсутністю методики моніторингу процесу управління міськими системами.

Порівняльний аналіз стратегій показав, що найперспективнішою стратегією є перетворення міської системи на гіпермережу фізичного простору на базі алгоритмів інформаційного програмування.

За можливості математична модель має об'єднувати всі чинники, що впливають на вигляд і функціонування транспортної системи [9]. Розглянемо приклади взаємодії різноманітних пасажирських мереж індустріальних центрів. На рис. 4 представлена S-гіпермережа із трьома видами транспортних систем: тролейбус, автобус, трамвай.

Одним із завдань, що можна вирішити базуючись на теорії S-гіпермережі, може бути управ-

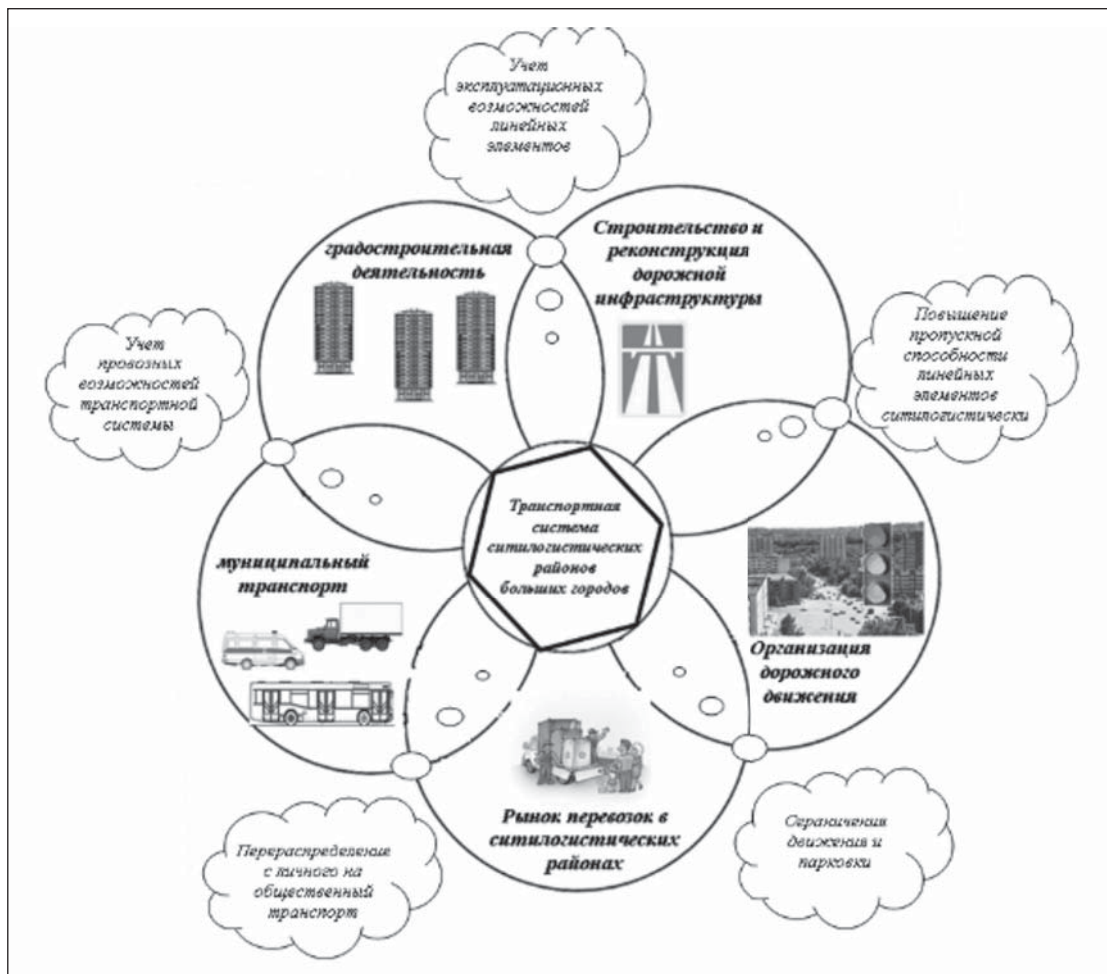


Рис. 3. Взаємодія транспортної системи міста з іншими системами

лінійна світлофорами на перехрестях будь-якої конфігурації. Нехай задана S-гіпермережа – модель будь-якого транзитного перехрестя, тобто на окружності диска геометричної моделі вузла u_j розташовуються полюси, відповідні входам на перехресті. Нехай пара полюсів з'єднується ребром $u_i^j = (x_k^j, x_l^j)$ і має місце потік транспорту з полюса x_{jk} на полюс x_{jl} . У результаті отримуємо граф $P_i = (X, U)$, відповідний потокам транспорту через перехрестя u_j . Вага $V(u_i^j)$ характеризує величину потоку автотранспортних засобів за певний проміжок часу. Якщо S-гіпермережа нестационарна, то величина $V(u_i^j)$ залежить від часу t . Зазвичай добу можна розділити на кілька частин, у кожній з яких значення $V(u_i^j, ti)$ змінюється незначно. Для кожного виділе-

ного проміжку Δt_i можна скласти розклад роботи світлофорів.

Очевидно, що мінімальне число тактів роботи світлофорів визначається необхідністю пропуску трафіку з незалежних шляхів проїзду через перехрестя. Тривалість роботи одного такту визначається величиною потоку машин, яким надано дозвіл на проїзд за даний такт.

Сформулюємо постановку задачі управління світлофором. Безлічі всіх дуг $\{u_i^j, i = 1, \dots, n_j\}$ заданого перехрестя u_j можна порівняти n_j – вершини деякого графа.

$G = (U, R)$. Дві вершини u_i^j та u_l^j суміжні в G , якщо суміжні відповідні їм дуги в орграфі $P_j = (X, U)$ перехрестя u_j .

Очевидно, що в графі P_j будь-якого порожнього підграфа P_i^k відповідає незалежна безліч потоків. У такому разі така підмножина може бути максимальною. Сімейство $\{P_i^k\}$ порожніх підграфів, де $\bigcup P_i^k = P_j$, визначає розклад роботи світлофорів, якщо поряд із відкриттям смуг для руху визначена тривалість роботи кожного такту світлофора.

Введемо такі позначення: $X_i^j = (x_1^j, x_2^j, \dots, x_k^j)$ – підмножина вершин у X , таких, що підграф $P_j = (X_j, U_j)$ є порожнім, тобто $u^j = 0$; $V(X_i^j)$ – вага вершини x_i^j ; $b_j = \max V(X_i^j)$. Тоді цільова функція задачі має вигляд $\Psi = \sum_{i=1}^k b_j \rightarrow \min$ за умови $\bigcup_{i,j} X_i^j = X$.

Отже, сімейство підграфів $P = \{P_j\}$ покриває всі

Таблиця 2
Рівень викидів на досліджуваних відрізках маршруту мг/м³

Токсичні речовини	Перший відрізок маршруту	Другий відрізок маршруту
CO ₂	10,627	7,534
Pb ₂ O	1,7	1,23
Пил	0,15	0,135
C ₂ OH ₁₂	15,3	12,75
SO ₂	0,01	0,008

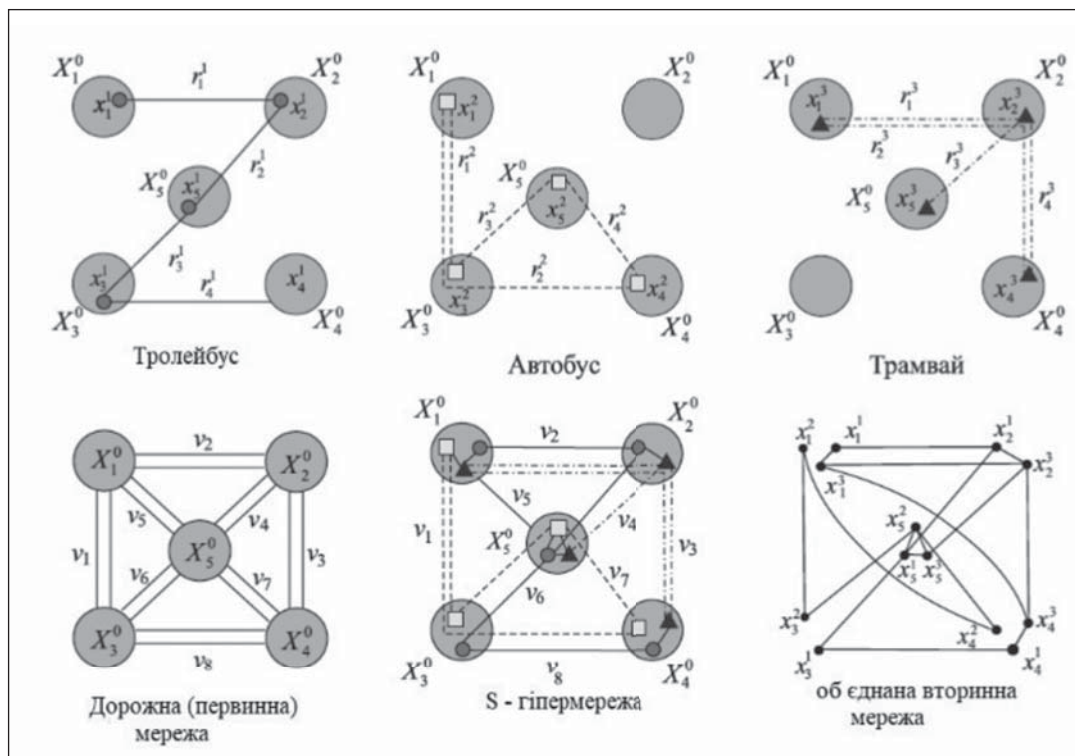


Рис. 4. Приклад об'єднання (підсумовування) всіх вторинних мереж S-гіпермережі $H = (G_0 (G_1, G_2, G_3))$ [10]

вершини графа G і не містить жодного ребра zb , тобто $R \cap G$. Очевидно, що деякий розклад роботи світлофора виходить із рішення Ψ так. Для кожної підмножини незалежних смуг, відповідних P^j , час роботи на j -м такті визначається виразом

$$\Delta t^j = \frac{T}{\sum_j b^j} b_j, \quad (1)$$

де T – циклічний період роботи світлофора.

Висновки. Сучасні методичні й інструментальні підходи до проектування систем ухвалення рішення ґрунтуються на реалізації багатоетапних процедур аналізу особливостей об'єкта. Порівняльний аналіз стратегій показав, що найперспективнішим для досяг-

нення підвищення екологічної безпеки на транспорті у великому індустріальному центрі є перетворення міської системи на гіпермережу фізичного простору на базі алгоритмів імітаційного моделювання.

У такому разі математична модель максимально об'єднує всі чинники, що впливають на вигляд і функціонування транспортної системи. У процесі проведених досліджень було виявлено, що суттєвий екологічного ефекту можна досягти за допомогою зменшення кількості заторів на світлофорах. Тому запропоновано застосування методів імітаційного моделювання за допомогою адаптації теорії гіпермереж до транспортних процесів.

Список літератури:

1. Губенко В.К., Лямзин А.А., Украинский Е.А. Безопасность дорожного движения в системе городской логистики. Безопасность дорожного ruchu: правові та організаційні аспекти: доповідь на VI Міжнародній науково-практичній конференції, 2011 р. Д., 2011. С. 178–180.
2. Нефедова Я.И., Лямзин А.А., Меацакарян М.С. Формирование рациональных маршрутов движения транспортных средств в условиях индустриального центра. Наукові вісті Давілівського університету. 2012. № 7. URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/12nyiuic.pdf.
3. Нефедова Я.И., Лямзин А.А., Меацакарян М.С. Управление транспортными потоками индустриальных центров Донецкого региона. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2012. № 1. С. 19–23.
4. Алексеев Н.Т. Автотранспортные потоки и окружающая среда. М.: Транспорт, 1999. 84 с.
5. Голубев И.Р., Новиков Ю.Р. Окружающая среда и транспорт. М.: Транспорт, 1987. 207 с.
6. Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы XVI Международной научно-практической конференции. Д.: ДИИТ, 2006. 442 с.
7. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М., 2007. 284 с.
8. Нефёдова Я.И. Логистическое управление транспортным обслуживанием системы «металлургическое предприятие – порт» в реальном режиме времени: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Х., 2010. 155 с.
9. Попков В.К., Соколова О.Д., Юргенсон А.Н. Максимальный поток и минимальный разрез в гиперсетях: материалы 9-й между. конф. ПФИС – 2006. Новосибирск. С. 242–246.
10. Попков В.К. Математические модели и методы оптимизации городских транспортных систем: Материалы 2-й Всерос. конф. «Проблемы оптимизации и экономические приложения», Омск, 29 июня – 4 июля 2009 г. Омск: Б. и., 2009. С. 80–81.

ЕКОЛОГІЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ЦЕНТРА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье проведен анализ функционирования транспортной сети крупного индустриального центра, который показал, что многие структуры, обеспечивающие функционирование транспортно-дорожного комплекса, требуют реальных данных о фактическом состоянии загрузки городских магистралей при планировании, реконструкции и управлении дорожным движением. Сравнительный анализ стратегий показал, что самой перспективной стратегией является превращение городской системы в S-гиперсеть физического пространства на базе алгоритмов информационного программирования. Одной из задач, которая может быть решена основываясь на этой теории, является управление светофорами на перекрестках любой конфигурации. Этот механизм позволит сократить время простоя автомобилей на перекрестках, тем самым уменьшив экологическую нагрузку на этих отрезках маршрута.

Ключевые слова: транспортное средство, дорожные условия, маршрут, гиперсеть, светофорное регулирование, индустриальный центр, экологическая безопасность.

ECOLOGICAL SAFETY OF TRANSPORT SYSTEMS OF THE INDUSTRIAL CENTER BASED ON THE METHODS OF IMITATION MODELING

The article analyzes the functioning of the transport network of a large industrial center, which showed that many structures providing the functioning of the transport complex require real data on the actual state of loading of city highways in the planning, reconstruction and management of traffic. A comparative analysis of strategies has shown that the most promising strategy is to turn the city system into a S-hyperlink of the physical space based on information programming algorithms. One of the tasks that can be solved based on this theory is the control of traffic lights at the crossroads of any configuration. This mechanism will reduce the downtime of cars at intersections, thereby reducing the environmental load on these sections of the route

Key words: vehicle, road conditions, route, hyper-network, traffic light control, industrial center, ecological safety.