



УДК 517.383

ADAPTED MODELING CHARACTERISTICS DETERMINING THE CONDITIONS DEVELOPMENT OF THE STREET AND ROAD NETWORK MUNICIPAL ESTABLISHMENTS

АДАПТОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ УМОВИ
РОЗВИТКУ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МУНІЦИПАЛЬНИХ УТВОРЕНЬ

Liamziin A.A. / Лямзін А.О.

d.t.s., assoc.prof. / д.т.н., доц.

Zaharenko N. S. / Захаренко Н.С.

k.e.s., assoc.prof. / к.е.н., доц.

Andrusenko A. N./ Андрусенко Г.М.

graduate student / аспірант

Suhorutshenko A. S./ Сухорутченко А.С.

magistr/magistr

Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, Universytets'ka, 7, 87555

Приазовський державний технічний університет,

Маріуполь, Університетська, 7, 87555

Анотація. В роботі наведено метод адаптованого моделювання потенціалу транспортних маршрутів у середовищі вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Отриманні наукові результати, викладені у цій роботі, полягає в тому, що: проведено аналіз оцінки рівня сталого розвитку середовища вулично-дорожньої мережі (на прикладі м. Маріуполь) із використанням еколого-функціонального зонування середовища з урахуванням транспортного потоку.

Ключові слова: адаптоване моделювання, транспортні потоки інтерполяційна діаграма, вулично-дорожня мережа.

Вступ.

Організація дорожнього руху і управління транспортними потоками - урбаністичні процеси створюють регулярні завдання, які доводиться вирішувати. Кількість машин збільшується, але паралельно повинні створюватися відповідні умови для їх вільної і комфортної експлуатації. Чи може так бути? Так, коли управління здійснюють фахівці зі знанням і розумінням тонкощів функціонування транспортних потоків. Відновлення пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі та підвищення рівня безпеки - пріоритетні завдання.

В управлінні транспортними потоками (ТП) роль впровадження прогресивних методів значуща. У короткі терміни можна отримати ефективність по необхідними показниками, використовуючи дорожні мережі міста максимально. Це має прямий вплив не тільки на зручність для водіїв і пішоходів, а й на такі складові, як економіка і екологія. І основний камінь спотикання - це, звичайно, затори. Формування управлінських стратегій і концепцій з управління ТП - необхідність, зумовлена поточною проблематикою на дорогах, яка з кожним роком погіршується.

Основний текст

Для проведення адаптованого моделювання сучасного стану зовнішнього середовища ВДМ муніципальних утворень були використані результати



досліджень, які проводили у рамках науково-дослідницьких робіт [1, 2] у м. Маріуполь. Критеріями, що дозволяють надати оцінку, обрано: щільність та інтенсивність транспортного потоку, середня швидкість його складових та валовий обсяг викиду забруднювачів з прив'язкою усіх цих показників до маркерів, котрі визначають географічну локацію контуру середовища. Для отримання усереднених даних, які характеризують транспортний потік, використано механізм його приведення до середнього показника у легковому рухомому складі (таблиця 1) [3].

Для отримання характеристик транспортного потоку було обрано коефіцієнти приведення до легкового рухомого складу Ю. А. Врубеля та будівельних норм проектування (БНП): БНП 2 05.02 – 85, тому що вони найоб'ємніше враховують кількість типів транспорту, який експлуатують в умовах зовнішнього середовища ВДМ промислових зон.

У процесі отримання графічних оцінок враховували такий факт: коли швидкість нижче 10 км/год., то це можна розглядати як «затор», а максимальна допустима швидкість в умовах ВДМ промислових зон згідно з правилами дорожнього руху складає 60 км/год. Тому в діапазоні швидкостей було обрано показники від 10 до 60 км/год з кроком 10 км/год.

Таблиця 1

Коефіцієнти приведення до легкового рухомого складу за даними різних авторів та нормативів

Тип рухомого складу	Коефіцієнти приведення до легкового рухомого складу				
	F. Webster	D. Branston	J. Sostn	Ю.А. Врубель	БНП 2 05.02 – 85
Мотоцикл	0,33	0,15	0,6	0,7	0,5
Вантажний транспорт					
Середній	1,75	1,35	1,6	1,4	2
Важкий	1,75	1,68	–	–	2,5
Автопотяг	–	–	2,8	2,3	3,5÷4
Автобуси	2,25	1,65	1,7	2,0	–
Тролейбуси	–	–	–	2,0	–
Зчленовані автобуси	–	–	2,8	2,6	–

Для порівняльного аналізу умов розвитку ВДМ були використані граничні значення показників, які характеризують транспортний потік (ρ_i – щільність транспортного потоку; q_i – інтенсивність транспортного потоку) для забезпечення сталого функціонування її складових, а саме ділянки перетину лінійних складових пр. Миру (2 смуги руху) і вул. Флотської (2 смуги руху) таблиця 2.

Для проведення чисельного аналізу, подана оцінка взаємного впливу швидкості транспортного потоку на його щільність (рис. 1). Пояснити «відхилення» функціональної залежності критеріїв на відрізок за координатами точок, що визначають швидкість та щільність транспортного потоку – початкової точки (54;24), проміжної точки (14;60) та завершальної точки (7;82),

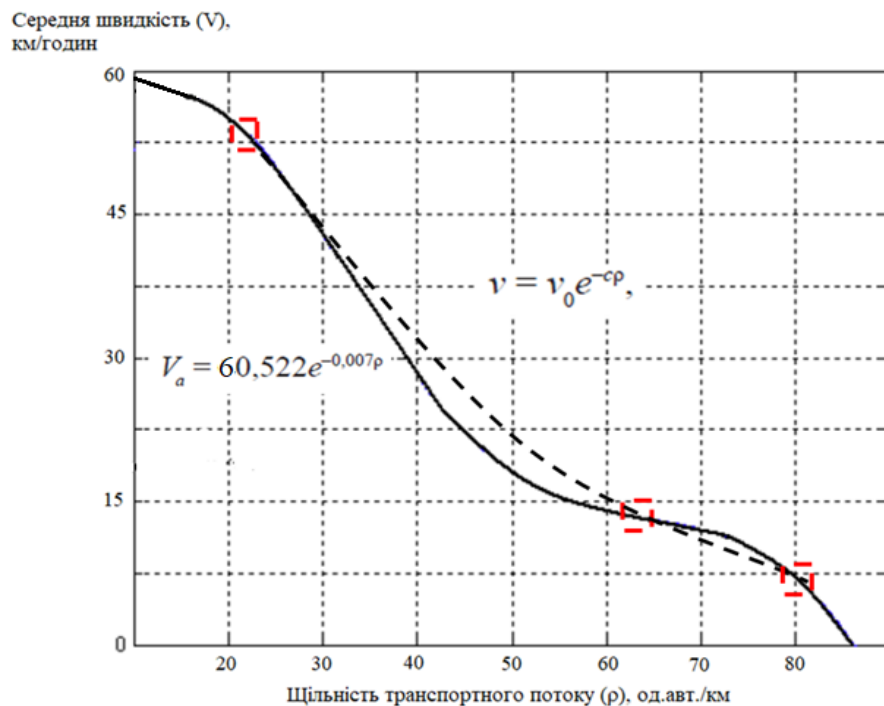


можна тим фактом, що в цьому випадку значний вплив на інтенсивність транспортного потоку чинять перестроювання одиниць автотранспорту, що знижує інтенсивність потоку.

Таблиця 2

Граничні значення транспортного потоку для забезпечення сталого функціонування її складових

Кількість смуг у напрямку руху ТЗ	Обмеження швидкості транспортного потоку на досліджуваній ділянці альтернативного маршруту, км/год.	Граничні значення характеристик: щільності (ρ_i) та інтенсивності (q_i) транспортного потоку для забезпечення сталого функціонування ВДМ
2	10	(90; 840)
	20	(55; 1080)
	30	(40; 1200)
	40	(30; 1260)
	50	(25; 1350)
	60	(20; 1400)



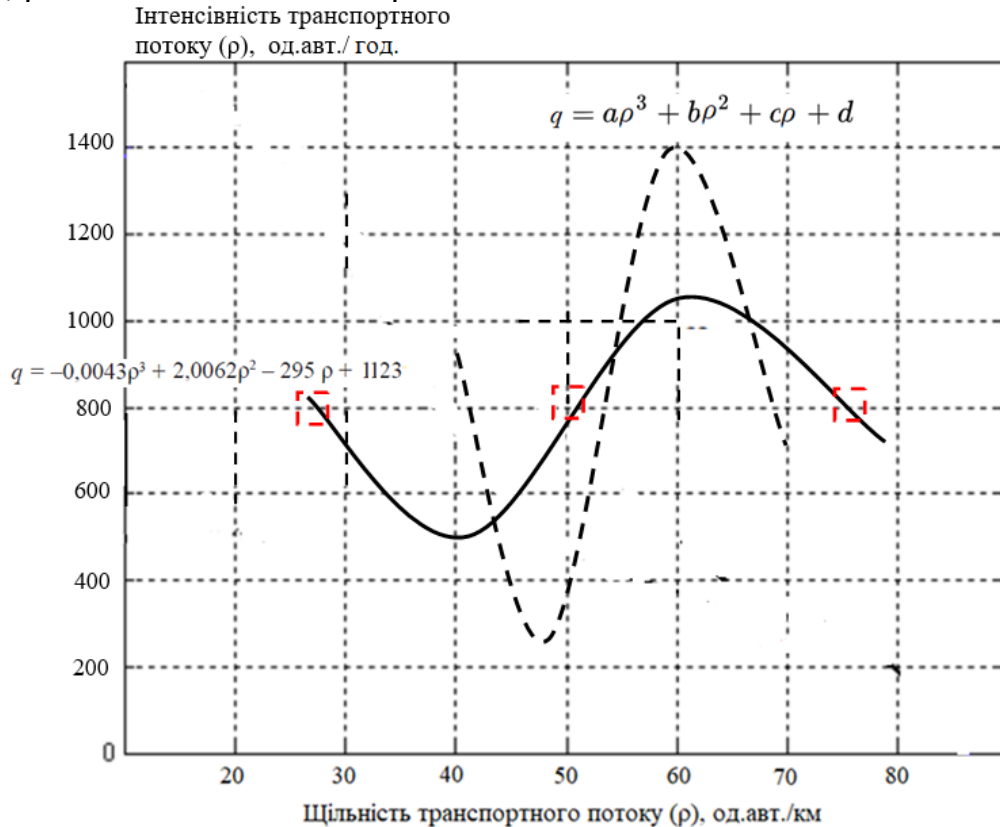
- — практична крива залежності досліджуваних чинників;
- - - інтерполяційна крива залежності досліджуваних чинників;
- — маркери, що визначають ділянку на якій йде відхилення практичної від теоретичної поведінки досліджуваних чинників.

Рис.1 Фундаментальна діаграма залежності середньої швидкості складових транспортного потоку від його щільності (інтерполяційна/практична)

Паралельно було проведено аналітичне й експериментальне оцінювання зміни інтенсивності транспортного потоку (q) від щільності потоку (ρ).



Результати оцінювання відображено на рис. 2. Результати графічної оцінки відображають неоднозначність залежності інтенсивності від щільності транспортного потоку, тобто одному і тому ж значенню інтенсивності можлива відповідність різної характеристики щільності. Так, наприклад, одному значенню інтенсивності $q = 800$ од. авт./км відповідають щільності $\rho_1 = 28$ од. авт./год., $\rho_2 = 50$ од. авт./год. та $\rho_3 = 75$ од. авт./год.



- — практична крива залежності досліджуваних чинників;
- - - інтерполяційна крива залежності досліджуваних чинників;
- — маркери, що визначають ділянку на якій йде відхилення практичної від теоретичної поведінки досліджуваних чинників.

Рис. 2 Графічна оцінка залежності інтенсивності транспортного потоку від його щільності (інтерполяційна /практична)

Виявлена неоднозначність пояснюється тим, що одному значенню інтенсивності може відповідати як більша його щільність при невеликій швидкості, так і навпаки, мала щільність при великій швидкості.

Отримані результати аналізу спільного впливу швидкості та щільності на інтенсивність транспортного потоку доводять, що вона може бути відображена у вигляді полінома (1) та представлена графічно (рис.3)

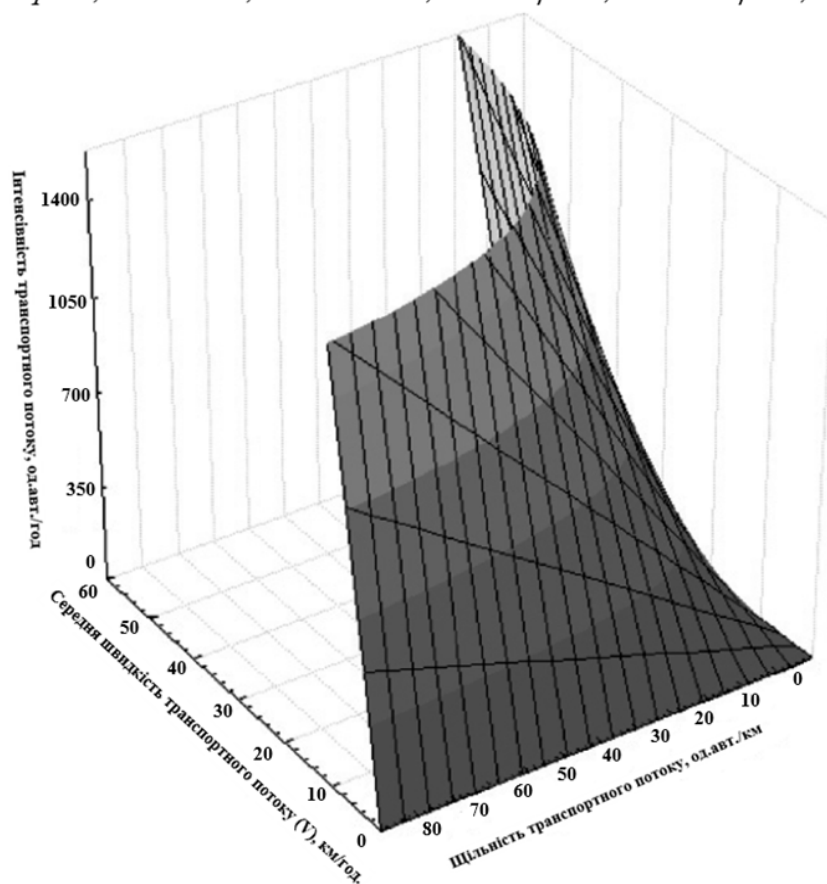
$$q = a + bV + c\rho + dV^2 + kV\rho + m\rho^2, \quad (1)$$

де

a, b, c, d, k та m – коефіцієнти рівняння, які визначають статистичною обробкою експериментальних даних з використанням відомих положень математичної статистики.



$$q = 2,405 \cdot 10^{-6} - 2,597 \cdot 10^{-8} V - 5,484 \cdot 10^{-8} \rho + 7,942 V^2 + V\rho - 1,103 \cdot 10^{-11} \rho^2$$



- зона низького рівня впливу;
 – зона певного впливу;
- зона наявності ознак впливу;
 – зона максимального впливу.

Рис. 3 Графічне відображення ступеня впливу щільності та середньої швидкості руху на інтенсивність транспортного потоку в умовах зовнішнього середовища ВДМ

Слід підкреслити, що однією з характеристик транспортного потоку в досліджуваному середовищі є кількість розривів, що має пряму залежність від інтенсивності руху та формує природу кластеризації транспортного потоку, тобто формування груп ТЗ в географічному та часовому просторах ВДМ.

У період дослідження ділянки в географічному просторі, а саме перетину пр. Миру - вул. Флотська (м. Маріуполь), можливість здійснення лівого повороту стає мінімальною. Розрив між рухомими потоками становить менше 5 сек. Для здійснення повороту досить розриву в потоці рівним 3 сек., що дозволить автомобілю почати рух. Для вантажних, фур та автобусів, мінімальний розрив повинен становити 5 сек. Однак за такий короткий проміжок часу пропускають лише одну машину. Наступній машині потрібно чекати чергового розриву потоку. Критичний момент настає тоді, коли в потоці очікування лівого повороту перебуває понад 25 тільки легкових автомобілів. При наявності вантажівок у потоці очікування критична кількість машин зменшується (на кожну вантажівку або автобус припадає на 2 легкових автомобілі менше, на кожну фуру – менше на 3 легковика, цей стан пов'язаний

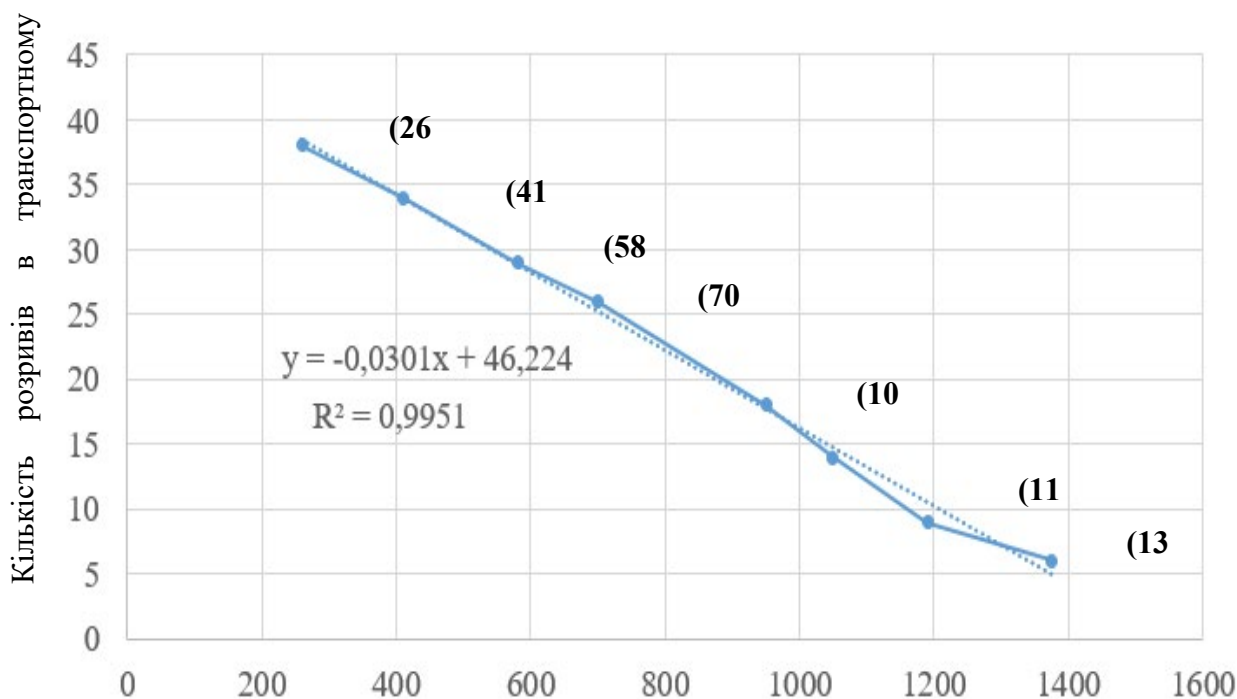


із середніми показниками параметра ТЗ). Критична кількість автомобілів в очікуванні виникає при інтенсивності руху потоку з лівоповоротним рухом в бік вул. Флотської понад 1375 од. авт. /год. (рис. 4).

Для остаточного формування картини, що характеризує ВДМ, сформовані особливості портрета динаміки автотранспортних потоків в умовах встановлених географічних меж у просторі ВДМ.

Характеристики динаміки потоку автомобілів у просторі ВДМ $\{k, v\}$ вивчали за допомогою методу, аналогічного використаному в [4], а саме: площину $\{k, v\}$ ділили на осередки $\{C\}$ розміром 3,5 м (згідно з нормативами БНП 2.07.01-89) \times 4,5 м (середня довжина ТЗ). Нехай у момент часу t характеристики автотранспортного потоку, виміряні детектором, потрапляють в осередок C_i . Через проміжок часу $dt = 30$ сек., рівний інтервалу усереднення, такі вимірювання цього детектора потрапляють в осередок C_j .

Тоді вектор $dr = \{dk_t, dv_t\}$, де $dk_t = k_j - k_i$ і $dv_t = v_j - v_i$, описує переміщення системи на фазовій площині з точки $r_i = \{k_i, v_i\}$ в момент t . Для реалізації описаного алгоритму були використані дані, зібрані детекторами 28.10.2013 р. Усереднення векторів зсуву за часом і всім детекторів дає поле регулярного дрейфу $V_m(r) = \langle dr \rangle / dt$ та інтенсивність $D(r)$ випадкової компоненти діючої випадкової сили, яка визначається співвідношенням $Ddt = \sqrt{\langle |dr|^2 \rangle} \cdot dr^2$.



Інтенсивність транспортного потоку, од.
 (x – інтенсивність транспортного потоку;
 y – кількість розривів в транспортному потоці)

Рис. 4 Графік залежності кількості розривів у транспортному потоці від його інтенсивності

Отримані поля показані на рис. 5, на якому його фрагмент a зображує відношення $\eta = D/|V|_m$. Біла ділянка відповідає осередкам, де не було отримано вимірювань. Заштрихована ділянка відповідає значенням $\eta > 3,5$.



У цій ділянці динаміка потоку автомобілів є переважно випадковою. Між білою та заштрихованою ділянками міститься кілька рівнів η ; рівень $\eta = 1,0$ виділено штрихованою лінією як граничний стан між регулярною та хаотичною динамікою. При малих значеннях η динаміка потоку автомобілів стає практично регулярною.

Нижній фрагмент б рис. 5 показує поле дрейфу $V_m(r)$. Оскільки його інтенсивність істотно змінюється в різних частинах площини $\{k, \nu\}$, для наочності використані два окремих вікна.

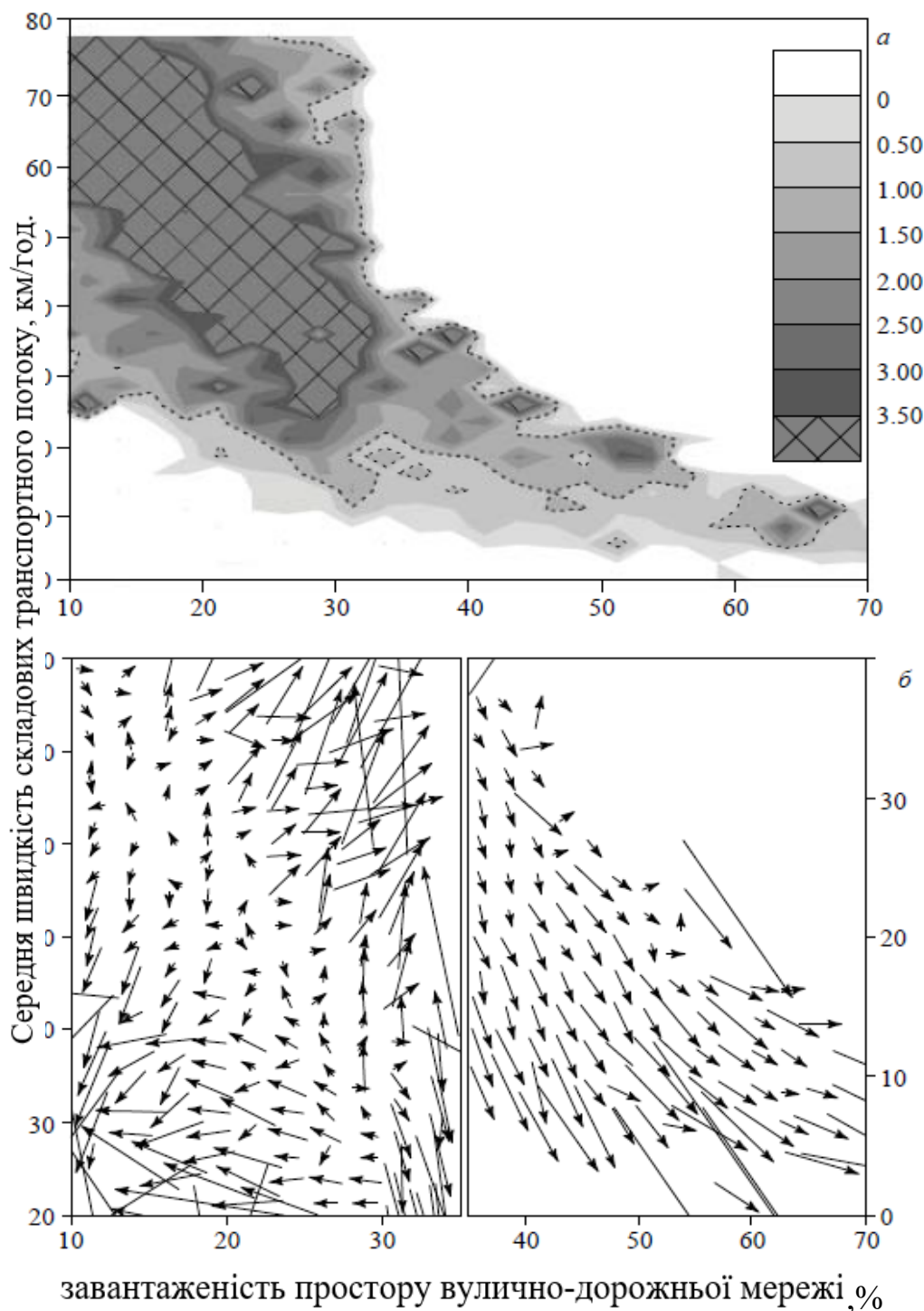


Рис. 5 Портрет фазового впливу швидкості потоку автомобілів на завантаженість географічного простору ВДМ в районі перехрестя лінійних ділянок пр. Миру та вул. Флотська (м. Маріуполь)



У лівому вікні поле зсуву показано з триразовим збільшенням щодо правого вікна. Наведемо характеристику їх окремо. Динаміка системи в правому вікні у значній мірі регулярна, і поле $V_m(r)$ відповідає необоротному дрейфу системи в бік менших швидкостей і більш високої щільності.

Іншими словами, це візуалізація незворотного утворення затору. Дійсно, цього дня був зареєстрований принаймні один затор. Слід зазначити, що перехідна ділянка, фактично визначає поділ цих вікон, розташовується в околиці $k = 35\%$ і її ширина становить менше 5%. Таким чином, спостерігається формування затору, що судячи з усього, пов'язано з «руйнуванням» фази потокового руху автомобілів, яка перебуває у згоді з іншими даними [6].

Виходячи з результатів, представлених на верхньому фрагменті рис.5, фазовий портрет дрейфу системи в лівому вікні виявляється досить завантаженим. Проте в отриманій структурі поля $V_m(r)$ виявляється наявність протяжної діагоналі малих значень поля $V_m(r)$, яку можна ототожнити з деяким низько розмірним континуумом нулів цього регулярного поля. Поза діагоналлю поле дрейфу $V_m(r)$ має явно виражену складову вздовж неї, що видно в нижній частині фазового портрета б на рис. 5.

Отримані результати адаптованого моделювання показали складність забезпечення ефективності, безпеки та прогнозування розвитку зовнішнього середовища ВДМ промислових зон на використанні лише таких показників: інтенсивності, щільності та швидкості складових транспортного потоку. Слід зазначити, що існуючі механізми аналізу досліджуваного середовища не використовують вповні «ресурс» цих показників в оцінці так званого «екологічного сліду» від транспортних потоків. Потрібна розробка інтегральної оцінки, яка повинна враховувати множину факторів, таких як: екологічна безпека, потенціал складових архітектури екологічного каркаса досліджуваного середовища, фізичні особливості ТЗ та оклюзивність транспортних потоків загалом.

Висновки

Адаптоване моделювання закономірностей взаємного впливу транспортних потоків і зовнішнього середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон дозволяє охарактеризувати потоки як систему з наявністю трьох взаємопов'язаних базових елементів. Цими елементами виступають складні, ієрархічно організовані підсистеми: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі (1Т) – стабільність транспортних потоків (2Т) – екологічна безпека транспортних потоків (3Т)», кожна з яких вносить свій вклад у рівень функціональності всієї системи в цілому, має міцні внутрішні зв'язки та володіє характерною тільки для неї структурою та організацією.

Література:

1. Імплементация парадигмы ситілогістичних рішень ефективної транспортної мережі в умовах раціонального природокористування : *звіт про НДР : (держбюджет, заключний)* / ДВНЗ «ПДТУ», Каф. технології міжнародних перевезень та логістики ; керівник роботи Губенко В. К.; викон. : Лямзін А. О. [та ін.]. – Маріуполь, 2014. – 239 с. – № ГР 0113U001330. – Інв. №



0113 U 001330

2. Сталезбереження довкілля в умовах розвитку транспортної логістики Приазов'я : звіт про НДР : (держбюджет) / ДВНЗ «ПДТУ», Каф. технології міжнародних перевезень та логістики ; керівник роботи Губенко В. К.; викон. : Лямзін А. О. [та ін.]. – Маріуполь, 2010. – 174 с. – № ГР 0307 U 003331. – Інв. № 0307 U 003331

3. Данчук В. Д., Бакуліч О. О., Сватко В. В. Визначення ефективного автомобіля як характеристики транспортного потоку за допомогою методу аналізу ієрархій // Вісник Національного транспортного університету : наук.-техн. зб. – Київ: НТУ, 2013. – Вип. 26, ч. 2. – С. 123-127.

4. Системологія на транспорті : підручник : у 5 кн. Кн. 4 : Організація дорожнього руху / Е. В. Гаврилов [та ін.]; заг. ред. М. Ф. Дмитриченко. – Київ : Знання України, 2007. – 452 с.

5. Губенко В. К., Лямзін А. А., Губенко О. В. Эффективность системы обеспечения экологической безопасности муниципальных транспортных систем. ЕЛРІТ 2009: сб. тр. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: II Международный экологический конгресс (Тольятти, 24–27 сентября 2009 г.) / Тольяттинский гос. ун-т. – Тольятти, 2009. – Т. 2. – С. 189-193.

6. Губенко В. К., Лямзін А. А., Помазков М. В. Механизм «Городская логистика» в системе обеспечения экологической безопасности муниципального транспорта. ЕЛРІТ 2013: сб. тр. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов : VI Международный экологический конгресс (Тольятти, 18–22 сентября 2013 г.) / Тольяттинский гос. ун-т. – Тольятти, 2013. – Т. 5. – С. 86-90.

Abstract. The method of adapted modeling of potential of transport routes in the environment of street and road network (VDM) is carried out in the work. The obtained scientific results presented in this work are that: the analysis of the assessment of the level of sustainable development of the road network environment (on the example of Mariupol) with the use of ecological and functional zoning of the environment taking into account the traffic flow.

Key words: adapted modeling, traffic flows, interpolation diagram, street and road network

© Лямзін А.О., Захаренко Н.С., Андрусенко Г.М., Сухорутченко А.С.