

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
Міністерство освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

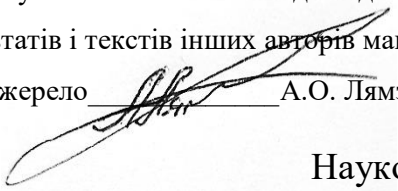
ЛЯМЗІН АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 656.11:502.42

ДИСЕРТАЦІЯ
НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ
ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У
СЕРЕДОВИЩІ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ
ПРОМИСЛОВИХ ЗОН

05.22.01– Транспортні системи

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело  А.О. Лямзін

Науковий консультант –
Губенко Володимир Костянтинович
доктор технічних наук, професор

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую
Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02

 О.Ю.Усіченко

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Лямзін А.О. Науково-методологічні основи управління екологічною безпекою транспортних потоків у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 – Транспортні технології). – ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» МОН України, Національний транспортний університет МОН України, Київ, 2021 р.

Дисертація є черговим (новим) кроком у розв'язанні актуальної науково-практичної проблеми – забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків з урахуванням базисних основ їх функціональності та потенціалу екологічного каркаса середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон для вирішення практичних завдань розвитку просторово організованої інфраструктури досліджуваного середовища, на новій концептуальній основі, яка спирається, з одного боку, на фундаментальні наукові розробки управління транспортними потоками, з іншого – формує міждисциплінарний характер у напрямку забезпечення їх екологічної безпеки.

Результати дослідження існуючих вітчизняних та зарубіжних наукових праць дозволили виявити проблему недостатності вивчення чинників, які формують низький рівень екологічної безпеки транспортних потоків в умовах вулично-дорожнього середовища промислових зон, а саме:

- недостатньо вивчена природа впливу транспортних кластерів як складових транспортних потоків на архітектуру екологічного каркаса в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон;
- відсутні методи визначення асиміляційного потенціалу середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон від впливу транспортних кластерів з урахуванням природи їх окклюзивності;
- існуючі методи визначення ступеня впливу транспортного засобу на навколишнє середовище не враховують його фізичну природу як фізичного

об'єкта, що є не тільки забруднювачем природного середовища, але й споживачем природних ресурсів;

- не в повній мірі вивчено механізм оцінки ефективності управління складовими системи: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі – стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків» в часовому просторі економічної біфуркації за умов сталої динаміки урбанізації середовища вулично-дорожньої мережі;

- відсутні механізми визначення економічного еквівалента дефіциту витрат, спрямованих на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Дисертаційна робота побудована на запропонованій автором *науковій ідеї*, яка полягає у припущенні того, що забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків є складним процесом, який залежить не тільки від техногенного впливу транспортних одиниць на довкілля, що, в свою чергу, залежить від багатьох факторів, а саме – сезонності, часу, географічного простору, але й від процесу урбанізації архітектури екологічного каркаса вулично-дорожньої мережі в умовах існуючого асиміляційного потенціалу середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Для отримання прикладного наукового результату в рамках встановленої наукової ідеї висунуто *робочу гіпотезу*:

- високий ступінь спряженості процесів урбанізації і руралізації в цілому сформувало умови, в яких екологічний каркас середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, стає все більш «залежним» від характеристик складових транспортних процесів. Саме тому необхідна розробка механізму визначення функціональності (потенціалу) екологічного каркаса з визначенням ступеня його взаємовпливу з характеристиками складових системи «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі – стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків», а саме: величиною асиміляційного потенціалу досліджуваного середовища та обсягу споживання складових транспортного кластера «брудного ресурсу». Цей механізм необхідно

формувати з урахуванням системних позицій та наявності надлишкової інформаційності в середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон. Критерієм ефективності реалізації цього механізму є оцінка дефіциту потенціалу одиниці соціуму в умовах екологічного каркасу означеного середовища, оскільки дозволяє визначати дефіцит коштів, необхідних для підтримки здоров'я не тільки в результаті надзвичайного стану, але й може використовуватися для оцінки наслідків «штатного» впливу архітектури екологічного каркаса середовища на життя і діяльність фізичної особи.

Систематизація інформації, що характеризує чинники системи: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі – стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків», дозволила сформувати діаграму з використанням базових принципів Ішікави. Це надало можливість візуалізувати особливості структури проблеми забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон та сформувати функціональний блок завдань, які потребують своєї розробки та вдосконалення вже існуючих підходів вирішення поставленої в роботі проблеми.

Таким чином у дисертаційній праці розроблено:

- Концепцію «Green Learn Logistic», яка заснована на формуванні «Soft Skills» кортежу управління транспортними потоками за системними принципами: адаптивність, гнучкість, самонавчання. На відміну від розробленої концепції існуюча «Green Logistic» має функційні обмеження її складових, що обумовлено невизначеністю природи кризи та ризиків розвитку середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, а саме: відсутність механізму синтезу екологічної та соціально-економічної складової на всіх стадіях планування, проектування та регулювання транспортними потоками в означеному середовищі; відсутність можливості «самонавчання» складових існуючих транспортно-логістичних ланцюгів транспортних систем, які забезпечують життєдіяльність суб'єктів комерційної та соціальної сфер в умовах досліджуваного середовища. Реалізація концепції «Green Learn Logistic» забезпечує стійкість складових системи: «потенціал архітектури вулично-

дорожньої мережі (1Т) – стабільність транспортних потоків (2Т) – екологічна безпека транспортних потоків (3Т)» в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

– Механізм прогнозування оцінки екологічної безпеки транспортних потоків, які формують кластери з характерною для них природою окклюзивності. Відмінністю від існуючих механізмів є те, що базис цього механізму складає інтелектуальна система управління дорожнім рухом у заданих архітектурних умовах вулично-дорожньої мережі в режимі реального часу на принципах стратегії "SMART LOCUS CONTROL". Слід також зазначити, що в розробленому механізмі індикаторної оцінки стану навколишнього середовища, на відміну від існуючого, який розроблено Haghshenas і Vaziri, сумарна маса всіх вагових коефіцієнтів, що визначають ефективність складових цього середовища, дорівнює одиниці.

– Метод визначення потенціалу екологічного каркаса середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, який заснований на припущенні того, що мобільність рухомого складу як базового елемента транспортних кластерів визначається не тільки кількістю елементів екологічного каркаса, але й завантаженістю транспортних площ, сформованих його лінійними та вузловими елементами, синтез яких в архітектурну форму має безпосередній вплив на навколишнє середовище. На сьогодні цей метод не має аналогів, як у вітчизняній так і в світовій практиці графічного обрахування оцінки потенціалу транспортних мереж.

– на основі синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж розроблено модель управління рівнем екологічного стану транспортної системи в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон. Дано графічне представлення моделі. Високий ступінь достовірності прогнозу забезпечується навіть при низьких швидкостях навчання і високій динаміці змін статистичних даних в умовах транзиту транспортних потоків міста. Використання нечітких нейронних мереж забезпечує можливість встановлювати повну відповідність між математичним представленням

процедури нечіткого висновку і структурою міської транспортної системи. Запропонована модель дозволяє сформулювати чіткі екологічні орієнтири при прийнятті рішень у сфері надання транспортних послуг з урахуванням інтересів підприємств, транспорту й населення міста з подальшим перерозподілом транспортних потоків у тимчасовому і географічному просторі промислових районів міста. На відміну від існуючих моделей управління екологічним станом транспортної системи в нейронній моделі вперше використані показники: потенціал транспортних мереж; асиміляційний потенціал екологічного стану складних територіальних систем; щільність транспортного кластера, як складової транспортного потоку в досліджуваному середовищі.

Окрім цього вдосконалено:

- метод кількісного визначення асиміляційного потенціалу екологічного стану складних територіальних систем з позиції того факту, що транспортний процес є об'єктом власності господарської діяльності та має свій економічний вплив на середовище вулично-дорожньої мережі промислових зон.
- модель екологічної безпеки транспортних процесів у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон у вигляді двошарового персептрону, що може бути застосований для опису динаміки макроекономічних транспортних процесів у часовому просторі, пов'язаному з економічними циклами розвитку даного середовища;
- модель впливу урбанізації на функціональність екологічного каркаса, що дозволило сформувати класифікатор прикладних логістичних рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки складових середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Отримані результати дисертаційних досліджень є обґрунтованими та підтверджуються актами впровадження на підприємствах м. Маріуполь, а також впровадженні в навчальний процес Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет».

Теоретичні положення підтверджуються достатнім обсягом експериментальних досліджень, які мають високу оцінку достовірності в межах 90 %.

Удосконалена модель оцінки витрат, які спрямовані на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму в умовах середовища вулично-дорожнього середовища промислових зон, дозволяє визначити обсяг фінансових потоків, необхідних для підтримки здоров'я фізичної особи в умовах існуючої архітектури екологічного каркаса. Нині на прикладі м. Маріуполь визначено, що величина дефіциту витрат на фізичну особу у 45-ті річному віці складає 9,5 тис. гривень на рік.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, екологічний каркас, транспортний кластер, промислова зона, асиміляційний потенціал, транспортні потоки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Монографії:

1. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в горно-металлургическом комплексе: монография. ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». – Мариуполь: ПГТУ, 2012. – 222 с. – URL: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/5349>
2. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Логистика надежности и экологичности вагонопотоков промпредприятий ситирайонов: монография. – Донецк: Цифрова типографія, 2014. – 383 с. – URL: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/7888>

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних науково-метричних баз:

3. Лямзин А. А., Высоцкий О. А. Модель устойчивого состояния транспорта в транзитной среде промышленных зон = Model of transport stablestate in the transit environment of industrial zones. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2017. – N 2, vol. 2. – P. 97–104. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit02-02/meit02-02>
4. Яхно А. А., Лямзин А. О. Дослідження можливості реалізації принципів «Green Logistics» для підвищення ефективності управління екологічною безпекою субпроцесу транспортування у системі міжнародних автоперевезень = Investigation of the possibility of realizing principles «Green logistics» for improving the efficiency of environmental security management of the subprocess of transportation in the international carriage transportation system. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2018. – N 5, pt. 3. – P. 35–37. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit05-03/meit05-03>

5. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Методы образовательной логистики в транспортных технологиях = Methods of educational logistics in transport technologies. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2018. – N 3, vol. 1. – P. 117–124. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue03-01-2018.pdf>
6. Лямзин А. О., Постоев К. Е. Впровадження механізму «діджиталізації інформаційного простору», як інструменту забезпечення безпеки транспортного обслуговування пасажиропотоків = Implementation the mechanism “digitalization of the informationspace” as a tool to ensure the safety of transport services for passenger flows. *SWorld Journal – D.A. Tsenov Academy of Economics – Svishtov, Bulgaria*. – 2019. – N 2, pt. 1, October. – P.16–19. – URL: <https://www.sworld.com.ua/swj/swj02-01.pdf>
7. Lyamzin A., Khara M. Base principles of influence of transport processes on a cosystem of street – travelling environment of industrial zones. «*Modern engineering and innovative technologies*», Issue N7, Part 2., March, 2019 y., Karlsruhe, Germany – P. 69-74 – URL: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue 07-02.pdf>

Статті у фахових виданнях:

8. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Экологическая оценка логистической цепи приморской зоны «Промпредприятие-порт». *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. – Донецьк, 2009. – № 1. – С. 72-78.
9. Лямзин А. А., Хара М. В. Эффективность вагонных парков промышленных предприятий в логистической системе металлопотоков. *Зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2009. – Вип. 15. – С. 93-98.
10. Губенко В. К., Лямзин А. А., Литвинов А. П. Управление экологическим риском в системе городской логистики. *Вестник Харьковского национального*

автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Харьков, 2010. – Вип. 48. – С. 112-115.

11. Хара М. В., Лямзин А. А. Управление устойчивостью транспортного обслуживания металлопотоков. *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* – Харьков, 2010. – Вип. 27. – С. 94-98.

12. Губенко В. К., Лямзин А. А. Городская логистика. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць ПДТУ.* – Маріуполь, 2009. – Вип. 19. – С. 271-275. – (Серія: Технічні науки).

13. Губенко В.К., Хара М.В., Лямзин А.А. К вопросу логистики ремонта вагонных парков предприятия. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал.* – Луганськ – 2010. – Вип.7.(149). – С. 222-226.

14. Губенко В.К., Хара М.В., Лямзин А.А. Методы расчета эксплуатационной готовности вагонных парков промпредприятий. *Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. праць.* – Вип. 12. – Маріуполь, 2010. – С. 124-131.

15. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Системная модель генерации готовности подвижного состава. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2010. – Вип. 10 (152). – С. 39-44.

16. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Прогнозирование рабочего парка вагонов металлургического предприятия в условиях роста объемов перевозок. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць ДВНЗ «ПДТУ».* – Маріуполь, 2011. – Вип. 2 (23). С. 275-280. – (Серія : Технічні науки).

17. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологический менеджмент логистической системы. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2011. – Вип. 14 (168), ч. 1. – С. 52-57.

18. Нефедова Я. И., Лямзин А. А., Мнацаканян М. С. Управление транспортными потоками промышленных центров Донецкого региона. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2012. – Вип. 1. – С. 19-23.

19. Губенко В. К., Николаенко І. В., Лямзін А. О. Концепція транспортного кластера ситілогістики. *Вісник Національного університета «Львівська політехніка»*: зб. наук. пр. – Львів, 2012. – Вип. 749. – С. 28-33.
20. Губенко В. К., Лямзин А. А., Украинский Е. А. “CITY LOGISTICS” – механизм экономической и экологической стратегии муниципальных транспортных систем. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – № 4 (175) – С. 95-102.
21. Хара М. В., Лямзин А. А. Модель управления устойчивостью периодических процессов в логистической сети металлопотоков. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – Вип. 9. (180), ч. 1. – С. 152-157.
22. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Особенности транспортировки автосамосвалов большой грузоподъемности в ситілогістической среде. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2013. – № 1. – С. 4-10.
23. Лямзин А. А., Хара М. В. Оценка потенциала системы «Транзит» промышленных сити-районов. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2013. – № 4. – С. 32-43.
24. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Влияние ситілогістических условий на надежность обслуживания подвижного состава промышленных предприятий. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2013. – № 15 (204), ч. 2 – С. 11-14.
25. Имплементация ситілогістических решений в транспортной системе на рынке сельхозпродукции/ В. К. Губенко, И. Н. Майорова, М. В. Помазков, А. А. Лямзин // *Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту :зб. наук. праць ДВНЗ «ПДТУ».* – Маріуполь, 2013. –Вип. 27. – С. 275–279. – (Серія : Технічні науки).
26. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Ситілогістика муниципального электротранспорта. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2013. – № 9 (1) (198), ч. 1. – С. 41-44.

27. Прикладні сітілогістичні рішення в умовах урбанізації транспортних мереж міського середовища / А. О. Лямзін, І. М. Майорова, М. С. Мнацаканян, Є. О. Український // *Наукоємні технології*. – 2014. – № 3 (23). – С. 330-341.
28. Лямзин А. А., Хара М. В. Равновесное состояние транспортного сектора в транзитной бредіе промышленного района. *Збірник наук. праць Держ. економіко-технолог. ун-ту транспорту (ДЕТУТ)*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2015. Вип. 26/27. – С. 256-261.
29. Лямзин А. А., Хара М. В., Украинский Е. А. Механизм обеспечения организационно-экологической устойчивости транспортной системы в среде промышленных зон. *Вісник Нац. техн. ун-ту України «ХПІ» : зб. наук. праць / НТУ «ХПІ»*. – Харків, 2016. – N 7 (1179). – С. 91-95. – (Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси).
30. Lyamzin A., Khara M., Marintseva K. Synergetic character of architectural of transportation networks of industrial areas. *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту*. – 2016. – Vol. 68, N 3. – P. 80-88.
31. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Прогнозування впливу транспортних потоків на вулично-дорожню мережу промислового міста. *Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського*. – 2018. – Т. 29 (68), N 1, ч. 3. – С. 109-114. – (Серія: Технічні науки).
32. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Екологічні аспекти розвитку приморського міста. *Екологічні науки*. – 2018. – № 1 (20), т. 1. С. 96-99.
33. Lyamzin A., Nikolaienko I. City transport system ecological state forecasting with the use of neural. *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту*. – 2017. – N 3 (72). – P. 65-70.
34. Khara M., Lyamzin A. Influence of the system of material flows on the environment of industrial areas. *Technology audit and production reserves*. – 2019. – N 4/3 (48). – P. 12-19.
35. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Оцінка впливу транспортного кластера на екологію міста. *Екологічні науки*. – 2020. – № 1 (28). – С. 211-215.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

36. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологической дименсион транспортных систем. *Transport problems 2009 : proceedings I International Scientific Conference* (Katowice, 17–19 July 2009 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2009. – Р. 140-147.
37. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Эффективность системы обеспечения экологической безопасности муниципальных транспортных систем. *ELPIT 2009: 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.
38. Логистика отходов в мегаполисе / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, О. В. Губенко, М. В. Помазков // *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики : XI Міжнар. науково-практ. конф.* (Київ, 3-6 жовтня 2009 р.) : тези доп. – Київ, 2009. – С. 7-14.
39. Лямзин А. А., Божко В. С. «Экологическая зона» – механизм обеспечения туристической привлекательности промышленных районов. *Университетская наука – 2010 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 18–20 мая 2010 г.) / ПГТУ. – Мариуполь, 2010. – Т. 3. – С. 182-183.
40. Лямзин А. А., Помазков М. В., Романенко О. А. Механизм оценки безопасности транспортных каркасов промышленных районов. *Безпека дорожнього руху : правові та організаційні аспекти : матеріали VII Міжнар. науково-практ. конф.* (Донецьк, 15–16 листоп. 2012 р.) . – Донецьк, 2012. – С. 219-222.
41. Хара М. В., Лямзин А. А. Моделирование режимов и условий работы автомобилей машиностроительного предприятия. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : матеріали VI міжнар. науково-практ. конф.* (Вінниця, 21–23 жовтня 2013 р.) / Вінницький нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2013. – С. 118-120.

42. Лямзин А. А., Николаенко И. В. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике. *Transport problems 2013: conference proceedings V International Scientific Conferens. II International Symposium of Young Researchers: conferens* (Katowice, 26–28 june 2013 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2013. – P. 369-375.
43. Лямзин А. А., Цумаева А. С., Украинский Е. А. Механизм оценки экологической безопасности пассажирских транспортных систем в ситилогистических условиях. *ELPIT-2013: сб. тр. IV Междунар. экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов»* (Тольятти, 18–22 сентября 2013 г.) / Тольяттинский гос. ун-т. – Тольятти, 2013. – С. 137-141.
44. Губенко В. К., Лямзин А. А. Архитектоника железнодорожных сетей в условиях ситирайона. *Университетская наука - 2014 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 20–21 мая 2014 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2014. – Т. 2. – С. 188-189.
45. Лямзин А. А., Хара М. В. Механізм забезпечення екологічно-рівноважного стану транспортно-логістичного ланцюга в транзитному середовищі промислових районів. *Автобусобудування та пасажирські перевезення : тези доп. Всеукр. науково-практ. конф.* (Львів, 24–25 вересня 2015 р.) : до 50-річчя інституту Укравтобуспром/ВКЕІ Автобуспром. – Львів, 2015. – С. 69-71.
46. Лямзин А. О. Базові принципи механізму «City Logistics» в середовищі промислового району. *Міські і регіональні транспортні проблеми : матеріали міжнар. науково-практ. конф.* (Харків, 17–19 листопада 2015 р.) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова [та ін.]. – Харків, 2015. – С. 62.
47. Хара М. В., Лямзин А. А. Принципы взаимодействия надежности и экологичности промышленных вагонопотоков. *Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 76 Междунар. научно-практ. конф.* (Днепропетровск, 14–15 мая 2016 г.). – Днепропетровск, 2016. – С. 117-119.

48. Лямзин А. А., Хара М. В. Моделирование интеллектуальной системы управления надежностью и экологичностью вагонопотоков в промышленных зонах. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матеріали VI Міжнар. науково-практ. Internet-конференції* (Київ, 22 листопада 2017 р.). – Київ, 2017. – С. 144-145.
49. Лямзин А. А., Украинский Е.А., Украинская Т.А. Механизм оценки транзитного потенциала узлов транспортной сети промышленного района. *Topical Problems of Modern Science: Proceedings of the II International Scientific and Pract. Conf.* (Warsaw, November 18, 2017 y.). – Warsaw, 2017. – Vol. 1. – P. 12-17.
50. Особливості руху муніципального міського транспорту [Електронний ресурс] / О. О. Тузенко, А. О. Лямзін, А. Ю. Хижняк, Г. Г. Трифонова // *Університетська наука - 2019: тези доп. Міжнар. науково-техн. конф.* (Маріуполь, 16–17 травня 2019 р.) / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2019. – Т. 2. – С. 184.

Свідоцтва та патенти:

51. Логистика отходов в мегаполисе / Губенко В. К., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 31716 від 21.01.2010 р.
52. Городская логистика / Губенко В. К., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 31717 від 11.12.2013 р.
53. Концепція транспортного кластера сітілогістики / Губенко В. К., Ніколаєнко І. В., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 52525 від 11.12.2013 р.
54. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике / Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 52526 від 11.12.2013 р.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

55. Волошин В. С., Лямзин А. А. О некоторых особенностях криптовалют и их роли в современном финансовом мире. *Теоретичні і практичні аспекти*

економіки та інтелектуальної власності: зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ». –
Маріуполь, 2017. – Вип. 16. – С. 6-15.

SUMMARY

Lyamzin A.O. Scientific and methodological bases of management of ecological safety of transport flows in the environment of a street and road network of industrial zones. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of technical sciences on a specialty 05.22.01 "Transport systems" (275 - Transport technologies). - SHEI "Priazovsky State Technical University" of the Ministry of Education and Science of Ukraine, National Transport University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021

The dissertation is devoted to the decision of an actual scientific and practical problem - maintenance of ecological safety of transport streams taking into account basic bases of their functionality and potential of an ecological skeleton of environment of a street and road network of industrial zones for the decision of practical problems of development of spatially organized infrastructure . Which is based on the one hand, on the fundamental scientific developments of traffic management, on the other hand forms an interdisciplinary nature in the direction of ensuring their environmental safety.

The results of the study of existing domestic and foreign scientific works revealed the problem of insufficient study of the factors that form a low level of environmental safety of traffic flows in the street and road environment of industrial zones. Namely:

- poorly studied nature of the impact of transport clusters, as components of transport flows, on the architecture of the ecological framework in the environment of the road network of industrial zones;

- there are no methods for determining the assimilation potential of the environment of the road network of industrial zones from the influence of transport clusters, taking into account the nature of their occlusality;

- existing methods for determining the degree of impact of a vehicle on the environment do not take into account its physical nature. Namely, as a physical object that is not only a polluter of the environment, but also a consumer of natural resources;

- the mechanism of evaluation of management efficiency of system components is insufficiently studied: "potential of street-road network architecture - stability of transport flows - ecological safety of transport flows" in time space of economic bifurcation under conditions of constant dynamics of urbanization of street-road network environment;

- there are no mechanisms for determining the economic equivalent of the deficit of costs aimed at ensuring the safety of life of a unit of society in the environment of the road network of industrial zones.

The dissertation is based on the *scientific idea* proposed by the author: which is the assumption that ensuring the environmental safety of transport flows is a complex process that depends not only on the man-made impact of transport units on the environment, which, in turn, depends on many factors. - seasonality, time, geographical space, but also from the process of urbanization of the architecture of the ecological framework of the road network in terms of the existing assimilation potential of the environment of the road network of industrial zones.

To obtain an applied scientific result within the established scientific idea put forward a *working hypothesis*:

- the high degree of conjugation of urbanization and ruralization processes in general has created the conditions in which the ecological framework of the environment of the road network of industrial zones, becomes increasingly "dependent" on the characteristics of the components of transport processes. That is why it is necessary to develop a mechanism for determining the functionality (potential) of the ecological framework to determine the degree of its interaction with the characteristics of the components of the system "street architecture - stability of traffic flows - environmental safety of traffic flows", namely: the value of assimilation potential the volume of consumption of the components of the transport cluster "dirty resource". This mechanism must be formed taking into account the system positions

and the presence of excessive information in the environment of the road network of industrial zones. The criterion for the effectiveness of this mechanism is to assess the deficit of the potential of a unit of society in the ecological framework of the environment, as it allows to determine the deficit of funds needed to maintain health not only as a result of emergency, but can be used to assess the "regular" impact of environmental architecture. environment for the life and work of an individual.

Systematization of information characterizing the factors of the system: "the potential of the architecture of the road network - the stability of traffic flows - the environmental safety of traffic flows" allowed to form a diagram using the basic principles of Ishikawa. This made it possible to visualize the features of the structure of the problem of environmental safety of traffic flows in the environment of the road network of industrial zones and to form a functional block of tasks that need to develop and improve existing approaches to solving the problem.

Thus, in the dissertation work developed:

- The concept of "Green Learn Logistic", which is based on the formation of "Soft Skills" tuple traffic management system on the system principles: adaptability; flexibility; self-study. In contrast to the developed concept, the existing: "Green Logistic" has functional limitations of its components due to the uncertainty of the nature of the crisis and the risks of the road network of industrial zones, namely: the lack of synthesis of environmental and socio-economic aspects at all stages of planning , design and regulation of traffic flows in the specified environment; lack of possibility of "self-learning" of the components of the existing transport and logistics chains of transport systems that ensure the viability of the subjects of commercial and social components in the study environment. Implementation of the concept of "Green Learn Logistic" ensures the stability of the components of the system: "the potential of the architecture of the road network (1T) - stability of traffic flows (2T) - environmental safety of traffic flows (3T)" in the environment of the road network of industrial zones.

- The mechanism of forecasting the assessment of environmental safety of transport flows, which are formed by clusters with their characteristic nature of

occlusality. The difference from the existing mechanisms is the fact that its basis is an intelligent traffic control system in the given architectural conditions of the road network in real time on the principles of the strategy "SMART LOCUS CONTROL". It should also be noted that in the developed mechanism of indicator assessment of the state of the environment, in contrast to the existing one, developed by Haghshenas and Vaziri, the total mass of all weights that determine the effectiveness of the components of this environment is equal to one.

- The method of determining the potential of the ecological framework of the road network of industrial zones, which is based on the assumption that the mobility of rolling stock as a basic element of transport clusters is determined not only by the number of elements of the ecological framework, but also the load of transport areas, the synthesis of which in architectural form has a direct impact on the environment. Currently, this method has no analogues in domestic and international practice of graphical calculation of the assessment of the potential of transport networks.

- on the basis of synthesis of the general principles of the theory of fuzzy sets and neural networks the model of management of a level of an ecological condition of transport system in the conditions of the environment of a street and road network of industrial zones is developed. A graphical representation of the model is given. A high degree of reliability of the forecast is provided even at low speeds of learning and high dynamics of changes of statistical data in the conditions of transit of traffic flows of the city. The use of fuzzy neural networks provides an opportunity to establish a complete correspondence between the mathematical representation of the fuzzy conclusion procedure and the structure of the urban transport system. The proposed model allows to formulate clear environmental guidelines for decision-making in the field of transport services taking into account the interests of enterprises, transport and the population, with subsequent redistribution of traffic flows in the temporal and geographical space of industrial areas. In contrast to the existing models of environmental management of the transport system in the neural model for the first time used indicators: the potential of transport networks; assimilation potential of the

ecological state of complex territorial systems; the density of the transport cluster as a component of the transport flow in the studied environment.

In addition, improved:

- a method of quantifying the assimilation potential of the ecological state of complex territorial systems from the standpoint of the fact that the transport process is the object of economic activity and has its economic impact on the environment of the road network of industrial zones.

- model of ecological safety of transport processes in the environment of the road network of industrial zones in the form of a two-layer perceptron, which can be used to describe the dynamics of macrologistic transport processes in the time space associated with economic cycles of this environment;

- a model of the impact of urbanization on the functionality of the ecological framework, which allowed to form a classifier of applied logistics solutions aimed at ensuring the ecological safety of the components of the environment of the road network of industrial zones.

The results of dissertation research are substantiated and confirmed by acts of implementation at industrial and municipal enterprises of Mariupol, as well as acts of implementation in the educational process of the State Higher Educational Institution "Azov State Technical University".

Theoretical statements are confirmed by a sufficient amount of experimental studies that have a high reliability of 90%.

The developed model of cost estimation aimed at ensuring the safety of life of a unit of society in the environment of the street and road environment of industrial zones, allows to determine the amount of financial flows needed to maintain the health of the individual in the existing architecture of the ecological framework. Currently, on the example of Mariupol, it is determined that the size of the deficit of expenditures per individual at the age of 45 is 9.5 thousand hryvnias per year.

Key words: street and road network, ecological framework, transport cluster, industrial zone, assimilation potential, transport flows.

LIST OF PUBLISHED WORKS

Proceedings in which basic scientific results published thesis:

Monographs:

1. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в горно-металлургическом комплексе: монография. ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». – Мариуполь: ПГТУ, 2012. – 222 с. – URL: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/5349>
2. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Логистика надежности и экологичности вагонопотоков промпредприятий ситирайонов: монография. – Донецк: Цифрова типографія, 2014. – 383 с. – URL: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/7888>

Articles in publications of foreign states or Ukraine in the publications included in the international scientometric data bases:

3. Лямзин А. А., Высоцкий О. А. Модель устойчивого состояния транспорта в транзитной среде промышленных зон = Model of transport stablestate in the transit environment of industrial zones. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2017. – N 2, vol. 2. – P. 97–104. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit02-02/meit02-02>
4. Яхно А. А., Лямзин А. О. Дослідження можливості реалізації принципів «Green Logistics» для підвищення ефективності управління екологічною безпекою субпроцесу транспортування у системі міжнародних автоперевезень = Investigation of the possibility of realizing principles «Green logistics» for improving the efficiency of environmental security management of the subprocess of transportation in the international carriage transportation system. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2018. – N 5, pt. 3. – P. 35–37. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit05-03/meit05-03>

5. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Методы образовательной логистики в транспортных технологиях = Methods of educational logistics in transport technologies. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2018. – N 3, vol. 1. – P. 117–124. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue03-01-2018.pdf>
6. Лямзин А. О., Постоев К. Е. Впровадження механізму «діджиталізації інформаційного простору», як інструменту забезпечення безпеки транспортного обслуговування пасажиропотоків = Implementation the mechanism “digitalization of the informationspace” as a tool to ensure the safety of transport services for passenger flows. *SWorld Journal – D.A. Tsenov Academy of Economics – Svishtov, Bulgaria*. – 2019. – N 2, pt. 1, October. – P.16–19. – URL: <https://www.sworld.com.ua/swj/swj02-01.pdf>
7. Lyamzin A., Khara M. Base principles of influence of transport processes on a cosystem of street – travelling environment of industrial zones. «*Modern engineering and innovative technologies*», Issue N7, Part 2., March, 2019 y., Karlsruhe, Germany – P. 69-74 – URL: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue 07-02.pdf>

Articles in professional editions:

8. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Экологическая оценка логистической цепи приморской зоны «Промпредприятие-порт». *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. – Донецьк, 2009. – № 1. – С. 72-78.
9. Лямзин А. А., Хара М. В. Эффективность вагонных парков промышленных предприятий в логистической системе металлопотоков. *Зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2009. – Вип. 15. – С. 93-98.
10. Губенко В. К., Лямзин А. А., Литвинов А. П. Управление экологическим риском в системе городской логистики. *Вестник Харьковского национального*

автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Харьков, 2010. – Вип. 48. – С. 112-115.

11. Хара М. В., Лямзин А. А. Управление устойчивостью транспортного обслуживания металлопотоков. *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* – Харьков, 2010. – Вип. 27. – С. 94-98.

12. Губенко В. К., Лямзин А. А. Городская логистика. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць ПДТУ.* – Маріуполь, 2009. – Вип. 19. – С. 271-275. – (Серія: Технічні науки).

13. Губенко В.К., Хара М.В., Лямзин А.А. К вопросу логистики ремонта вагонных парков предприятия. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал.* – Луганськ – 2010. – Вип.7.(149). – С. 222-226.

14. Губенко В.К., Хара М.В., Лямзин А.А. Методы расчета эксплуатационной готовности вагонных парков промпредприятий. *Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. праць.* – Вип. 12. – Маріуполь, 2010. – С. 124-131.

15. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Системная модель генерации готовности подвижного состава. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2010. – Вип. 10 (152). – С. 39-44.

16. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Прогнозирование рабочего парка вагонов металлургического предприятия в условиях роста объемов перевозок. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць ДВНЗ «ПДТУ».* – Маріуполь, 2011. – Вип. 2 (23). С. 275-280. – (Серія : Технічні науки).

17. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологический менеджмент логистической системы. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2011. – Вип. 14 (168), ч. 1. – С. 52-57.

18. Нефедова Я. И., Лямзин А. А., Мнацаканян М. С. Управление транспортными потоками промышленных центров Донецкого региона. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2012. – Вип. 1. – С. 19-23.

19. Губенко В. К., Николаенко І. В., Лямзін А. О. Концепція транспортного кластера ситілогістики. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*: зб. наук. пр. – Львів, 2012. – Вип. 749. – С. 28-33.
20. Губенко В. К., Лямзин А. А., Украинский Е. А. “CITY LOGISTICS” – механизм экономической и экологической стратегии муниципальных транспортных систем. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – № 4 (175) – С. 95-102.
21. Хара М. В., Лямзин А. А. Модель управления устойчивостью периодических процессов в логистической сети металлопотоков. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – Вип. 9. (180), ч. 1. – С. 152-157.
22. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Особенности транспортировки автосамосвалов большой грузоподъемности в ситилогистической среде. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2013. – № 1. – С. 4-10.
23. Лямзин А. А., Хара М. В. Оценка потенциала системы «Транзит» промышленных сити-районов. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2013. – № 4. – С. 32-43.
24. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Влияние ситилогистических условий на надежность обслуживания подвижного состава промышленных предприятий. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2013. – № 15 (204), ч. 2 – С. 11-14.
25. Имплементация ситилогистических решений в транспортной системе на рынке сельхозпродукции/ В. К. Губенко, И. Н. Майорова, М. В. Помазков, А. А. Лямзин // *Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту :зб. наук. праць ДВНЗ «ПДТУ».* – Маріуполь, 2013. –Вип. 27. – С. 275–279. – (Серія : Технічні науки).
26. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Ситилогистика муниципального электротранспорта. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2013. – № 9 (1) (198), ч. 1. – С. 41-44.

27. Прикладні сітілогістичні рішення в умовах урбанізації транспортних мереж міського середовища / А. О. Лямзін, І. М. Майорова, М. С. Мнацаканян, Є. О. Український // *Наукоємні технології*. – 2014. – № 3 (23). – С. 330-341.
28. Лямзин А. А., Хара М. В. Равновесное состояние транспортного сектора в транзитной бресте промышленного района. *Збірник наук. праць Держ. економіко-технолог. ун-ту транспорту (ДЕТУТ)*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2015. Вип. 26/27. – С. 256-261.
29. Лямзин А. А., Хара М. В., Украинский Е. А. Механизм обеспечения организационно-экологической устойчивости транспортной системы в среде промышленных зон. *Вісник Нац. техн. ун-ту України «ХПІ» : зб. наук. праць / НТУ «ХПІ»*. – Харків, 2016. – N 7 (1179). – С. 91-95. – (Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси).
30. Lyamzin A., Khara M., Marintseva K. Synergetic character of architectural of transportation networks of industrial areas. *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту*. – 2016. – Vol. 68, N 3. – P. 80-88.
31. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Прогнозування впливу транспортних потоків на вулично-дорожню мережу промислового міста. *Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського*. – 2018. – Т. 29 (68), N 1, ч. 3. – С. 109-114. – (Серія: Технічні науки).
32. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Екологічні аспекти розвитку приморського міста. *Екологічні науки*. – 2018. – № 1 (20), т. 1. С. 96-99.
33. Lyamzin A., Nikolaienko I. City transport system ecological state forecasting with the use of neural. *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту*. – 2017. – N 3 (72). – P. 65-70.
34. Khara M., Lyamzin A. Influence of the system of material flows on the environment of industrial areas. *Technology audit and production reserves*. – 2019. – N 4/3 (48). – P. 12-19.
35. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Оцінка впливу транспортного кластера на екологію міста. *Екологічні науки*. – 2020. – № 1 (28). – С. 211-215

Publication of the robots of an approbatory nature:

36. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологической дименсион транспортных систем. *Transport problems 2009 : proceedings I International Scientific Conference* (Katowice, 17–19 July 2009 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2009. – P. 140-147.
37. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Эффективность системы обеспечения экологической безопасности муниципальных транспортных систем. *ELPIT 2009: 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.
38. Логистика отходов в мегаполисе / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, О. В. Губенко, М. В. Помазков // *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики : XI Міжнар. науково-практ. конф.* (Київ, 3-6 жовтня 2009 р.) : тези доп. – Київ, 2009. – С. 7-14.
39. Лямзин А. А., Божко В. С. «Экологическая зона» – механизм обеспечения туристической привлекательности промышленных районов. *Университетская наука – 2010 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 18–20 мая 2010 г.) / ПГТУ. – Мариуполь, 2010. – Т. 3. – С. 182-183.
40. Лямзин А. А., Помазков М. В., Романенко О. А. Механизм оценки безопасности транспортных каркасов промышленных районов. *Безпека дорожнього руху : правові та організаційні аспекти : матеріали VII Міжнар. науково-практ. конф.* (Донецьк, 15–16 листоп. 2012 р.) . – Донецьк, 2012. – С. 219-222.
41. Хара М. В., Лямзин А. А. Моделирование режимов и условий работы автомобилей машиностроительного предприятия. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : матеріали VI міжнар. науково-практ. конф.* (Вінниця, 21–23 жовтня 2013 р.) / Вінницький нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2013. – С. 118-120.

42. Лямзин А. А., Николаенко И. В. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике. *Transport problems 2013: conference proceedings V International Scientific Conferens. II International Symposium of Young Researchers: conferens* (Katowice, 26–28 june 2013 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2013. – P. 369-375.
43. Лямзин А. А., Цумаева А. С., Украинский Е. А. Механизм оценки экологической безопасности пассажирских транспортных систем в ситилогистических условиях. *ELPIT-2013: сб. тр. IV Междунар. экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов»* (Тольятти, 18–22 сентября 2013 г.) / Тольяттинский гос. ун-т. – Тольятти, 2013. – С. 137-141.
44. Губенко В. К., Лямзин А. А. Архитектоника железнодорожных сетей в условиях ситирайона. *Университетская наука - 2014 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 20–21 мая 2014 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2014. – Т. 2. – С. 188-189.
45. Лямзин А. А., Хара М. В. Механізм забезпечення екологічно-рівноважного стану транспортно-логістичного ланцюга в транзитному середовищі промислових районів. *Автобусобудування та пасажирські перевезення : тези доп. Всеукр. науково-практ. конф.* (Львів, 24–25 вересня 2015 р.) : до 50-річчя інституту Укравтобуспром/ВКЕІ Автобуспром. – Львів, 2015. – С. 69-71.
46. Лямзин А. О. Базові принципи механізму «City Logistics» в середовищі промислового району. *Міські і регіональні транспортні проблеми : матеріали міжнар. науково-практ. конф.* (Харків, 17–19 листопада 2015 р.) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова [та ін.]. – Харків, 2015. – С. 62.
47. Хара М. В., Лямзин А. А. Принципы взаимодействия надежности и экологичности промышленных вагонопотоков. *Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 76 Междунар. научно-практ. конф.* (Днепропетровск, 14–15 мая 2016 г.). – Днепропетровск, 2016. – С. 117-119.

48. Лямзин А. А., Хара М. В. Моделирование интеллектуальной системы управления надежностью и экологичностью вагонопотоков в промышленных зонах. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами : матеріали VI Міжнар. науково-практ. Internet-конференції* (Київ, 22 листопада 2017 р.). – Київ, 2017. – С. 144-145.

49. Лямзин А. А., Украинский Е.А., Украинская Т.А. Механизм оценки транзитного потенциала узлов транспортной сети промышленного района. *Topical Problems of Modern Science: Proceedings of the II International Scientific and Pract. Conf.* (Warsaw, November 18, 2017 y.). – Warsaw, 2017. – Vol. 1. – P. 12-17.

50. Особливості руху муніципального міського транспорту [Електронний ресурс] / О. О. Тузенко, А. О. Лямзін, А. Ю. Хижняк, Г. Г. Трифонова // *Університетська наука - 2019: тези доп. Міжнар. науково-техн. конф.* (Маріуполь, 16–17 травня 2019 р.) / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2019. – Т. 2. – С. 184.

Certificates and patents:

51. Логистика отходов в мегаполисе / Губенко В. К., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 31716 від 21.01.2010 р.

52. Городская логистика / Губенко В. К., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 31717 від 11.12.2013 р.

53. Концепція транспортного кластера сітілогістики / Губенко В. К., Ніколаєнко І. В., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 52525 від 11.12.2013 р.

54. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике / Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 52526 від 11.12.2013 р.

Published works that additionally reflect the scientific results of the dissertation:

55. Волошин В. С., Лямзин А. А. О некоторых особенностях криптовалют и их роли в современном финансовом мире. *Теоретичні і практичні аспекти*

економіки та інтелектуальної власності: зб. наук. праць ДВНЗ «ПДТУ». –
Маріуполь, 2017. – Вип. 16. – С. 6-15.

ЗМІСТ

стор.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	36
ВСТУП	38
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ І ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН.....	49
1.1 Аналітична оцінка сучасного стану зовнішнього СВДМПЗ.	49
1.1.1 Чисельний аналіз характеристик, які визначають умови розвитку вулично-дорожньої мережі.....	64
1.1.2 Оцінка «прихованих» чинників, які визначають сучасний стан СВДМПЗ.....	73
1.2 Базові принципи впливу транспортних потоків на екосистему СВДМПЗ.....	79
1.3 Аналіз методів забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків в умовах СВДМПЗ	85
1.4 Фундаментальні основи механізмів моделювання транспортного потоку як складової СВДМПЗ.....	89
1.5 Постановка завдання та його формалізація.....	96
1.6 Висновки до розділу 1.....	101
РОЗДІЛ 2. ЛОГІСТИЧНА КОНЦЕПЦІЯ І МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ ЗТ В СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ СЕРЕДОВИЩА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН.....	104
2.1 Теоретичні основи забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ	104
2.2 Концепція «Green lean logistic» як механізм забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ.....	115

2.3	Моделювання управління екологічною безпекою складових системи 3Т в умовах сталої динаміки урбанізації СВДМПЗ.....	128
2.4	Метод «SMART LOCUS CONTROL» екологічної безпеки складових системи 3Т у СВДМПЗ.....	136
2.5	Розробка моделей і механізму управління екологічною безпекою СВДМПЗ	141
2.5.1	Цикли транспортних процесів та їх вплив на стан довкілля СВДМПЗ	141
2.5.2	Механізм оцінки асиміляційного потенціалу екологічної безпеки СВДМПЗ.....	145
2.5.3	Модель управління величиною екологічного збитку у системі 3Т в умовах СВДМПЗ	150
2.6	Практична оцінка ефективності логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки складових системи 3Т.....	152
2.7	Висновки до розділу 2.....	157
РОЗДІЛ 3.	УПРАВЛІННЯ СТУПЕНЕМ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА СЕРЕДОВИЩЕ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН.....	161
3.1	Економіко-екологічна характеристика впливу транспортного потоку на СВДМПЗ.....	161
3.2	Теоретичний механізм управління рівнем взаємодії транспортних потоків та екологічної складової системи 3Т в умовах СВДМПЗ	172
3.3	Управління ресурсами транспортних потоків у СВДМПЗ...	180
3.4	Розробка механізму визначення впливу екологічної складової транспортного потоку на СВДМПЗ.....	186
3.4.1	Уніфікація транспортних кластерів як формуючих	

складових транспортного потоку.....	186
3.4.2 Фізична природа рухомого складу як складової транспортного кластера та механізми визначення його екологічної безпеки.....	189
3.4.3 Екологічний дименсіон як механізм оцінки впливу на екологічну безпеку транспортних потоків	197
3.5 Розробка механізму прогнозування впливу окклюзивності транспортних кластерів на СВДМПЗ.....	202
3.6 Методика оцінки роботи транспортних засобів із ресурсозберігаючою організацією їх маршрутів в умовах ЕК	210
3.6.1 Правила адаптивного управління ресурсом транспортних засобів.....	218
3.7 Розрахункова таблиця рівного розподілу ресурсу транспортних засобів	221
3.8 Висновки до розділу 3.....	222
РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ РІШЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРКАСА СЕРЕДОВИЩА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН.....	225
4.1 Теоретичні аспекти урбанізації ЕК системи 3Т в умовах СВДМПЗ.....	225
4.1.1 Характеристика ЕК вулично-дорожньої мережі промислових зон.....	225
4.1.2 Математична модель урбанізації ЕК СВДМПЗ	231
4.1.3 Моделювання процесу безперервного підвищення функціональності ЕК.....	233
4.1.4 Процедури прийняття рішень забезпечення функціональності ЕК в умовах урбанізації	238
4.2 Визначення потенціалу ЕК СВДМПЗ.....	242

4.2.1 Методика визначення потенціалу ЕК.....	242
4.2.2 Підхід до вирішення проблеми надлишкової інформаційності.....	249
4.3 Кількісна оцінка потенціалу регульованого перехрестя як вузлового елемента ЕК.....	251
4.4 Формування прикладних логістичних рішень забезпечення функціональності ЕК.....	255
4.4.1 Оцінка урбанізації ЕК	255
4.4.2 Оцінка впливу транспортних потоків на екологічну безпеку зовнішнього середовища.....	265
4.4.3 Практична оцінка рівня дефіциту екологічних ресурсів в умовах впливу транспортних потоків на ЕК.....	270
4.4.4 Проектування системи прогнозування оцінки безпеки ЕК	277
4.5 Висновки до розділу 4.....	283
РОЗДІЛ 5. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОРІВНЯННОСТІ ВЗАЄМОВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФІЦИТУ ВИТРАТ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЖИТТЯ ОДИНИЦІ СОЦІУМУ.....	285
5.1 Теоретичний механізм оцінки ефективності сітілогістичних рішень щодо забезпечення екологічної безпеки соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ.....	285
5.2 Математична модель екологічнобезпечного простору діяльності одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ.....	290
5.2.1 Логістика відходів як фактор, що визначає безпеку ЕБП, на прикладі СВДМПЗ м. Маріуполь.....	296
5.2.2 Особливості поновлення потенціалу одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ.....	302
5.3 Механізм оцінки економічного еквівалента дефіциту витрат	

на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму....	305
5.4 Висновки до розділу 5.....	307
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	310
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	314
ДОДАТКИ	338
ДОДАТОК А.....	339
ДОДАТОК В.....	345
ДОДАТОК С.....	357
ДОДАТОК D.....	360
ДОДАТОК Е.....	364

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

СВДМПЗ – середовище вулично-дорожньої мережі промислових зон;

МНС – міністерство з надзвичайних справ;

МОУ – міністерство оборони України;

ЗТ система (діаграма Ішікави) – екологічна стійкість системи: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі – стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків»;

ЕК – екологічний каркас зовнішнього середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон. Слід підкреслити, що екологічний каркас – це штучно сформована географічнопросторова структура, яка забезпечує підтримування балансу взаємного впливу між екстенсивними (рекреаційні та зелені зони) і інтенсивними (населені пункти, промислові зони, транспортні розв'язки тощо) територіями та направлена на забезпечення функціональності складових системи ЗТ;

ЕД – екологічний дименсiон як система оцінки балансу у взаємодії складових системи ЗТ у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон;

ВДМ – вулично-дорожня мережа;

ТС – транспортна система;

ТЗ – транспортний засіб;

ТМ – транспортна мережа;

БТФП – біфуркаційна точка фазового переходу;

БНП – будівельні норми проектування;

СПЗ – середовище промислових зон;

ОПР – особа, яка приймає рішення;

ДТП – дорожня транспортна пригода;

SLC – «SMART LOCUS CONTROL»: механізм забезпечення екологічної стійкості складових системи ЗТ;

АП – асиміляційний потенціал;

РП – регульоване перехрестя;

ОД – оцінка дефіциту;

НС – надзвичайна ситуація;

е.о. – експертна оцінка;

СТО – станція технічного обслуговування;

З – забруднювач;

ГД – гранично допустимий рівень забруднення;

ВТП – властивості транспортних потоків;

Ф – фактор впливу;

ДО – добовий огляд;

НС – надзвичайні ситуації;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ЕБП – екологічно безпечний простір.

ВСТУП

Актуальність проблеми. Забезпечення екологічної безпеки транспорту в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон (СВДМПЗ) є складним завданням, яке вимагає ґрунтованого вирішення. СВДМПЗ має унікальний у своєму роді мікроклімат. Він поширюється далеко за її межі, його можна порівняти з природними екстремальними місцями проживання, як-то території сильного опромінення, високих температур та метастабільних транспортних потоків. Слід також зазначити «унікальність» цього мікроклімату, яка полягає в його часовій приналежності до метастабільного економічного періоду. Цей період характеризується тим, що багато секторів, що раніше були допоміжними секторами (Міністерство з надзвичайних ситуацій, Міністерство оборони України), стали сучасними складовими сегментами СВДМПЗ (приклад м. Маріуполь), функціональність яких спирається на міську інфраструктуру: засоби зв'язку, транспортні комунікації, органи управління та регулювання. У досліджуваному середовищі виділяють значні площі під «сектори спеціального призначення», що вступає в протиріччя із положеннями про функціональність вулично-дорожньої мережі. Проблема ще більш посилюється тим фактом, що низка промислових зон, які є просторовим базисом СВДМПЗ, розташовані у прибережних зонах – територіях активного відпочинку – рекреаційних зонах (наприклад, м. Маріуполь).

Процес розвитку проблеми безпосередньо пов'язаний із транспортними технологіями (Т), транспортними потоками (Т), транспортно-логістичними ланцюгами (Т), що можна представити у вигляді діаграми Ішікави – системи: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі– стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків». За першими літерами складових визначеної автором проблеми запропоновано присвоїти умовну назву аналізованої системи – «ЗТ».

Сформована таким чином несприятлива екологічна ситуація в досліджуваному середовищі, є наслідком того, що в багатьох випадках критерієм

ефективності транспорту служить максимальне отримання прибутку і розширення масштабів бізнесу та забезпечення ефективності міської логістики, а незбалансованість розвитку транспорту СВДМПЗ на основі встановлених пріоритетів його ресурсозбереження, екологічності та безпеки.

У результаті спостерігаємо постійне зростання споживання невідновлюваних природних ресурсів, шкідливих викидів, збільшення збитку від цих впливів, і, відповідно, зростання витрат на утримання і розвиток транспорту СВДМПЗ. Науково обґрунтоване забезпечення екологічної безпеки складових транспортних систем має реалізувати заходи, які дозволяють знайти баланс між забрудненням СВДМПЗ і ступенем задоволення якістю надаваних транспортних послуг.

Існуючі підходи забезпечення екологічної безпеки складових транспортної системи, незважаючи на значну кількість виконаних наукових досліджень, не можуть задовольняти умови, які формують функціональність СВДМПЗ з урахуванням існуючої динаміки сучасних викликів.

Виникає необхідність розробки механізму забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків із урахуванням базисних основ їх функціональності та потенціалу існуючої «архітектури» вулично-дорожньої мережі задля вирішення практичних завдань розвитку на новій концептуальній основі, що спирається з одного боку на фундаментальні наукові розробки, з іншого формує міждисциплінарний характер. Все вище наведене підкреслює актуальність обраного наукового напрямку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана згідно з положеннями, передбаченими Законом України від 20 березня 2018 року № 2354-VIII «Про стратегічну екологічну оцінку» (Розділ III. «Порядок здійснення стратегічної екологічної оцінки») та рішення Маріупольської міської ради №7/19-1549 від 29.06.2017 р. «Про Стратегію розвитку м. Маріуполя «Стратегія 2021» (Ціль 3. Зростання якості життя (п. 4. Сучасний транспорт і якісні дороги та п. 12. Екологія))».

Дисертаційна робота ґрунтується на результатах виконаних автором договірних науково-дослідних робіт МОН України за темами:

– «Стале збереження довкілля в умовах розвитку транспортної логістики Приазов'я» 2010 р. № 0307U003331;

– «Імплементація парадигми сітілогістичних рішень ефективної транспортної мережі в умовах раціонального природокористування» 2013 р. №0113U001330.

Окрім цього, результати дисертаційної роботи реалізуються у рамках міжнародної програми Erasmus + : KA2 CBHE, за темою: «Інжиніринг криз та ризиків у сфері транспортних послуг» 2019 р. № 598218 – EPP – 1 – 2018 – 1 – PL – EPPKA 2 - CBHE-JP.

Мета роботи полягає в розробці наукових основ, концептуальних положень, методів і моделей, які складають основу управління балансом між екологічною складовою транспортних потоків та потенціалом "архітектури" вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Об'єктом дослідження є транспортний потік в умовах екологічного каркаса середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, який представлено у вигляді складної системи з умовною назвою 3Т, що вперше запропоновано автором.

Предметом дослідження є закономірності впливу параметрів, що визначають екологічну безпеку транспортних потоків середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначені і вирішені такі завдання:

– розкрито сутність процесу забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків із позиції урбанізації досліджуваного середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон (СВДМПЗ) та розроблені базові основи методології їх управління, а саме: сформовані основні терміни і поняття; визначено фазові й функціональні складові екологічної стійкості потоків; запропоновані критерії (індикатори) оцінки екологічної стабільності; розроблено концепцію «Green lean

logistic» логістики як механізм управління "екологічними" інвестиціями, спрямованими на безпеку природних об'єктів системи ЗТ;

– для визначення факторної завантаженості та оцінки ступеня екологічної безпеки складових системи ЗТ сформована діаграма Ішікави. На базових принципах екологічного дименсіону, спрямованих на визначення коефіцієнта конкордації Кендела, а також на умовах статичного потенціалу «архітектури» вулично-дорожньої мережі промислових зон на прикладі м. Маріуполь розроблено метод «SMART LOCUS CONTROL» (SLC) контролю екологічної стійкості системи ЗТ СВДМПЗ, що дозволяє здійснити контроль за точкою переходу екологічного навантаження за межу регенераційних можливостей природної системи;

– проведено дослідження особливостей експлуатації рухомого складу в умовах СВДМПЗ, що дозволило видвинути гіпотезу про його фізичну природу та прирівняти до класу споживача «брудного ресурсу» з подальшим формуванням механізму оцінки його екологічної безпеки;

– за результатами кластерної оцінки транспортного потоку та з урахуванням характеристики формуючих його рухомого складу, тобто окклюзивності, розроблено механізм оцінки параметрів транспортних потоків;

– за результатами синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж розроблено модель оцінки рівня екологічного стану транспортної системи в умовах СВДМПЗ та надано графічне представлення цієї моделі. Запропонована модель дозволяє сформулювати чіткі екологічні орієнтири для формування класифікатора прикладних логістичних рішень в умовах урбанізації промислових зон;

– розроблено метод оцінки потенціалу екологічного каркаса в умовах існуючих особливостей «архітектури» вулично-дорожньої мережі середовища промислових зон із подальшою розробкою механізму визначення величини дефіциту витрат на забезпечення безпеки одиниці соціуму в умовах встановлених меж екологічно безпечної зони СВДМПЗ;

– екологічно-безпечний простір (ЕБП) для одиниці соціуму в межах ЕК СВДМПЗ може бути представлено не тільки координатами його розташування в географічному просторі, але і його розташуванням стосовно до техногенної складової середовища. Саме тому необхідно розробити модель ЕБП, яка допоможе дати відповіді на різні питання, а саме: які є причини зменшення потенціалу людини в умовах існуючих меж ЕК СВДМПЗ, що в свою чергу призводить до аварій на маршрутах; причини зниження рівня циклічної взаємодії складових суб'єктів СВДМПЗ та багато інших.

Методи дослідження: аналітичне дослідження стану проблеми екологічної безпеки складових транспортної системи з використанням положень теорії Ішікави; аналіз емпіричних даних, що характеризують екологічну безпеку транспортних потоків в умовах обмеженого географічного простору середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон; аналіз ієрархічного дерева транспортного кластера за ступенем впливу на екологічну складову середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон; використано механізм SWOT аналізу для отримання експертної оцінки функціональності складових системи ЗТ.

Наукова новизна отриманих результатів.

Важливі наукові рішення, запропоновані в процесі досліджень, що визначають новизну дисертації, полягають у такому:

Вперше розроблено:

– концепцію «*Green Learn Logistic*», яка заснована на формуванні «*Soft Skills*» кортежу управління транспортними потоками за системними принципами: адаптивність, гнучкість, самонавчання.

На відміну від розробленої існуюча концепція «*Green Logistic*» має функціональні обмеження її складових, що обумовлено невизначеністю природи кризи та ризиків розвитку середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, а саме: відсутність механізму синтезу екологічної та соціально-економічної сфер на всіх стадіях планування, проектування та регулювання транспортними потоками в означеному середовищі; відсутність можливості «самонавчання»

складових існуючих транспортнологістичних ланцюгів транспортних систем, що забезпечують життєдіяльність суб'єктів комерційної та соціальної складових в умовах досліджуваного середовища.

Реалізація концепції «*Green Learn Logistic*» забезпечує безпеку складових системи: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі (1Т) – стабільність транспортних потоків (2Т) – екологічна безпека транспортних потоків (3Т)» в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

– механізм прогнозування оцінки екологічної безпеки транспортних потоків, що формують кластери з характерною для них природою окклюдивності.

Відмінністю від існуючих механізмів є той факт, що базис запропонованого (нового) механізму складає інтелектуальна система управління дорожнім рухом у заданих архітектурних умовах вулично-дорожньої мережі в режимі реального часу на принципах стратегії "*SMART LOCUS CONTROL*".

Слід також зазначити, що в розробленому механізмі, на відміну від існуючого механізму індикаторної оцінки стану навколишнього середовища, розробленого *Haghshenas* і *Vaziri*, маса вагових коефіцієнтів складових СВДМПЗ визначається сумою, яка дорівнює одиниці.

– метод визначення потенціалу ЕК СВДМПЗ, заснований на припущенні того, що мобільність складових транспортних кластерів в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон визначається не тільки кількістю елементів ЕК, але й завантаженістю транспортних площ, сформованих його лінійними та вузловими елементами, синтез яких в архітектурну форму має безпосередній вплив на навколишнє середовище. На сьогодні даний метод не має аналогів як у вітчизняній, так і в світовій практиці графічного обрахування оцінки потенціалу транспортних мереж.

– На основі синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж *розроблено модель* управління рівнем екологічного стану транспортної системи заголом в умовах СВДМПЗ. Дано графічне представлення моделі. Високий ступінь достовірності прогнозу забезпечується навіть при

низьких швидкостях навчання і високій динаміці змін статистичних даних в умовах транзиту транспортних потоків міста. Використання нечітких нейронних мереж забезпечує можливість встановлювати повну відповідність між математичним представленням процедури нечіткого висновку і структурою міської транспортної системи. Запропонована модель дозволяє сформулювати чіткі екологічні орієнтири при прийнятті рішень у сфері надання транспортних послуг з урахуванням інтересів підприємств, транспорту і населення міста з подальшим перерозподілом транспортних потоків у тимчасовому і географічному просторі промислових районів міста. На відміну від існуючих моделей управління екологічним станом транспортної системи в нейронній моделі вперше використані показники: потенціал транспортних мереж, асиміляційний потенціал екологічного стану складних територіальних систем, щільність транспортного кластера, як складової транспортного потоку в досліджуваному середовищі.

Отримали подальший розвиток:

- метод кількісного визначення асиміляційного потенціалу екологічного стану складних територіальних систем із позиції того факту, що транспортний процес є об'єктом власності у сфері господарської діяльності та має свій економічний вплив на вулично-дорожнє середовище промислових зон;
- модель екологічної безпеки транспортних процесів середовища промислових зон у вигляді двошарового персептрону, яка може бути застосована для опису динаміки макрологістичних транспортних процесів у часовому просторі, пов'язаному з економічним станом транспортної інфраструктури вулично-дорожнього середовища промислових зон;
- модель впливу урбанізації на функціональність ЕК, що дозволило сформувати класифікатор прикладних логістичних рішень проблем забезпечення його екологічної безпеки в умовах вулично-дорожнього середовища промислових зон.

Практична реалізація результатів роботи. Використання розроблених методів і практичних рекомендацій дозволило зменшити час простою

транспортних засобів у міських мережах при обслуговуванні пасажиропотоків на 540 пас. год., і збільшити їх енергоефективність на 3% від існуючих нормативів і зменшити викиди парникових газів на 5% від існуючих показників.

Достовірність отриманих результатів підкріплює акт впровадження, який підписано заступником міського голови м. Маріуполь.

На базі отриманих результатів досліджень і розробленої моделі системи управління розподілом руху громадського пасажирського транспорту у великих муніципальних утвореннях було реалізовано блок практичних рекомендацій, щодо визначення раціональних параметрів взаємодії пасажирського транспорту загального користування в м. Маріуполь. Це практичне впровадження підтверджує акт, який затверджений начальником комунального підприємства «Маріупольське трамвайно-тролейбусне управління». Запропоновані практичні рекомендації дозволили скоротити час пересування пасажирів через транспортні вузли м. Маріуполя на 2054 пас. год. за один місяць. В результаті впровадження запропонованих практичних рекомендацій щодо раціональної організації взаємодії роботи міського пасажирського транспорту в м. Маріуполь може бути отриманий річний соціально-економічний ефект в розмірі 238,7 тис. грн.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою. Представлені в ній наукові результати отримані автором особисто, в тому числі розроблено, досліджено та практично апробовано метод оцінки потенціалу статичної архітектури транспортних маршрутів у середовищі промислових зон. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів, викладених у цій дисертаційній роботі, полягає в тому, що: проведено аналіз оцінки рівня сталого розвитку середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон (на прикладі м. Маріуполь) із використанням еколого-функціонального зонування середовища та застосування графоаналітичного методу [1;14,141]; розроблено механізм адаптивного управління ресурсом рухомого складу як фізичного об'єкта із заданим рівнем технічної надійності, який є складовою транспортного кластера в просторово-часовій структурі та характеризується своєю «окклюзивністю» і не тільки забруднює досліджуване

середовище, але й є споживачем його природного ресурсу [26; 28;29;30;37;38;110;111;112;113;122;145;159;161;163]; розроблено механізм забезпечення організаційно-екологічної стійкості транспортної системи в середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон "*SMART LOCUS CONTROL*", функціонал якого полягає в побудові маршрутів у географічному просторі вулично-дорожньої мережі з прив'язкою до часових обмежень, що дозволяє мінімізувати вплив транспортних кластерів, як складових транспортних потоків, на екологічну складову досліджуваного середовища [27,45;47;138;154;158;185;186]; розроблено метод визначення потенціалу екологічного каркаса середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, який заснований на припущенні того, що мобільність складових транспортних кластерів в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон визначається не тільки кількістю елементів екологічного каркаса, але й завантаженістю транспортних площ, сформованих його лінійними та вузловими елементами, синтез яких в архітектурну форму має безпосередній вплив на навколишнє середовище. Нині цей метод не має аналогів як у вітчизняній, так і в світовій практиці графічного обрахування оцінки потенціалу транспортних мереж [54;108;109;125;139;144;156;187]; розроблено модель впливу урбанізації на функціональність екологічного каркаса на базі механізму «екологічний дименсiон», який дозволив сформувавши класифікатор сітілогістичних рішень, що забезпечує можливість обрати адаптивну стратегію розвитку транспортних систем в умовах існуючого рівня економічного розвитку та необхідності виконання умови: збереження асиміляційного потенціалу навколишнього середовища в умовах існуючих оцінок економічної складової процесу його розвитку [41;42;46;123;124; 160;162;184;189;196]; на основі синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж розроблено модель оцінки рівня екологічного стану транспортної системи в умовах досліджуваногосередовища. Дано графічне представлення моделі. Високий ступінь достовірності прогнозу забезпечується навіть при низьких швидкостях навчання і високій динаміці змін статистичних даних в умовах високої динаміки

транспортних потоків, що складаються з так званих транспортних кластерів, які характеризується окклюзивністю. Використання нечітких нейронних мереж забезпечує можливість встановлювати повну відповідність між математичним представленням процедури нечіткого висновку і структурою міської транспортної системи. Запропонована модель дозволяє сформулювати чіткі екологічні орієнтири при прийнятті рішень у сфері перевезень з урахуванням інтересів підприємств, транспорту і населення міста, з подальшим перерозподілом транспортних потоків у тимчасовому і географічному просторі промислових зон [90;121;142;143;146;147;148;149;152,188]. Удосконалена модель визначення кількісної характеристики оцінки дефіциту потенціалу одиниці соціуму в умовах екологічного каркаса є універсальною, оскільки дозволяє визначати дефіцит коштів, необхідних на підтримку здоров'я не тільки в результаті надзвичайної ситуації, але й може бути використана для оцінки наслідків «штатного» впливу архітектури екологічного каркаса середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон на життя і діяльність фізичної особи [150;151;153;157;201;203;204;205;206].

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати дисертаційної роботи були викладені на конференціях:

- Университетская наука – 2010/2014: Международная научно – техническая конференция, (м. Маріуполь, Приазовський державний технічний університет, травень 2010/ 2014 р.);
- Conference proceedings. I International Scientific Conferens: transport problems 2009, (с. Katowice, june 2009 y.);
- ELPIT-2013: IV Международный экологический конгресс, (г. Тольятти, 18-22 сентября 2013 г.);
- Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: Всеукраїнська науково-практична конференція, національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів, 24-25 вересня 2015 р.);

– Conference proceedings. V International Scientific Conferens. II International Symposium of Young Researchers: «Conferens transport problems 2013», (с. Katowice, 26–28 june 2013 y.);

– Proceedings of the II International Scientific and Practical conference topical Problems of Science (с. Warsaw, 18 November 2017 y.).

Публікації. У процесі виконання дисертаційної роботи теоретичні та практичні положення опубліковано у 55-ми наукових працях, із них: 2 монографії; 5 статей у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних науково-метричних баз; 28 статей опубліковано у фахових виданнях України; 15 праць апробаційного характеру, 4 свідоцтва на науковий твір та 1 праця, яка опублікована додатково та відображає наукові результати дисертації

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків і додатків, списку джерел із 206 найменувань (57 – іноземними мовами), загальний обсяг дисертації становить 372 сторінки. У дисертації міститься 85 рисунків, 29 таблиць, 171 формула і 5 додатків обсягом 34 сторінки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ І ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН

1.1 Аналітична оцінка сучасного стану зовнішнього СВДМПЗ

Виклики, які спричиняють сучасні процеси урбанізації суспільства, актуальні й для України. Процесам урбанізації сприяла соціально-економічна політика радянської влади: інтенсивна індустріалізація у 20-30 рр. ХХ ст., післявоєнна відбудова господарства, коли головний аспект був спрямований на важку промисловість, відновлення і створення промислових центрів у 60-ті роки. Промисловість стала містобудівним чинником, основою економіки. Звичайно, при визначенні місця будівництва враховували техніко-економічні вимоги до розміщення і планування території. Промислові підприємства стали головним утворюючим фактором, який стимулював виникнення і розвиток міст. У працях авторів, які досліджували проектування промислових територій та споруд при розбудові нових міст, виділяють такі важливі чинники, якими керувалися для обрання території забудови, як наявність необхідних ресурсів (сировинних, водних, трудових); вигідне транспортне сполучення (автотранспорт, водний транспорт, залізниця); стратегічна програма розвитку території [1].

Як зазначено в аналітичній записці Національного інституту стратегічних досліджень «Сучасні проблеми урбанізації в контексті національної безпеки» за період радянської влади сформувався підхід, при якому економічні й оборонні цілі були домінантними при реалізації демографічної політики і, зокрема, при вирішенні питань розвитку міст [2]. Населення розглядали як трудовий ресурс, параметри якого повинні узгоджуватися зі структурою промислового, воєнного і транспортного комплексу. За інерцією такий підхід залишається і в незалежній Україні.

За даними Державної служби статистики України станом на 1 січня 2017 р. в Україні нараховували 460 міст (із них 189 мають спеціальний статус), де мешкало 29 584 952 осіб, що складає 69% населення України [3]. Значною кількістю міст (у межах 20-52) виділяються традиційно промислові регіони (особливо Львівщина та Донбас): Донецька область (52 міста), Дніпропетровська (20), Луганська (37), Львівська (44), а також регіони, які концентрують управлінські функції: Київська область (26) [4]. Кількість населення в найбільших містах України показано на рис. 1.1.

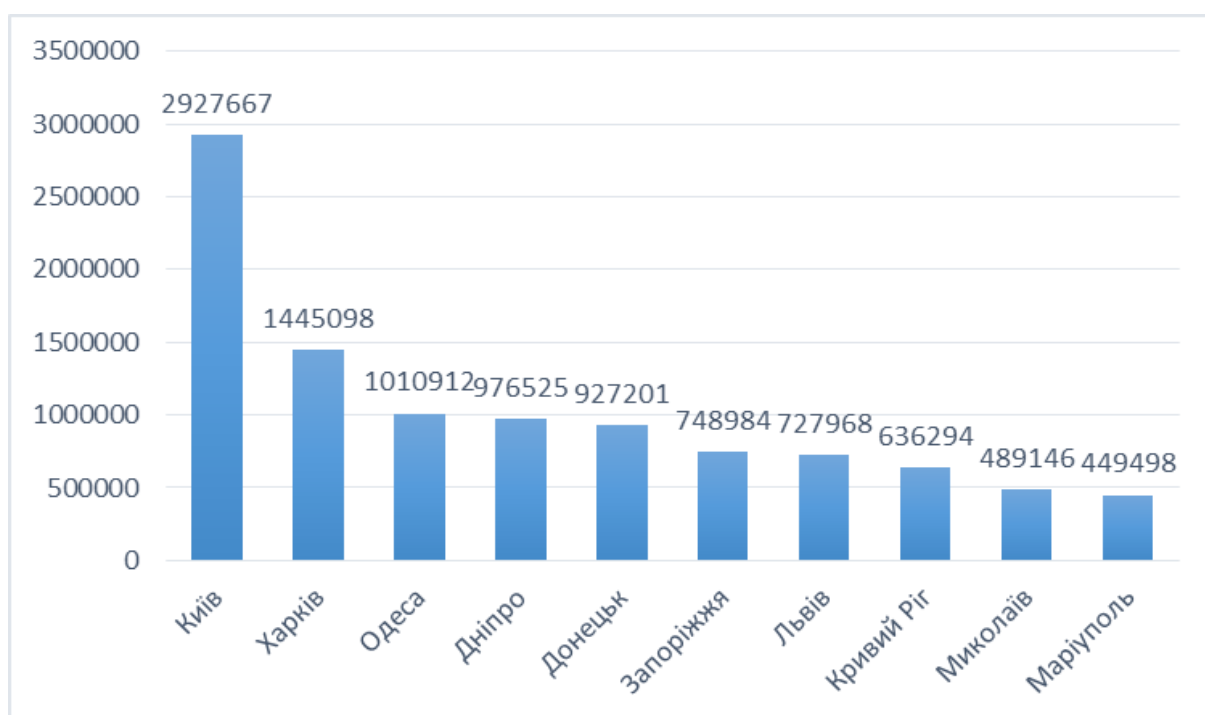


Рисунок 1.1 – Кількість населення в найбільших містах України

Таким чином, станом на 01.01.2017 р. значна частина населення України (понад 69%) проживає в урбанізованому міському середовищі промислових територій та промислових зон. Розглянемо поняття «промислова зона».

У структурі сучасних міст, відповідно до норм [5] (в розділі ДБН Б.2.2 – 12:2018 «Промислова територія») виділені та описані чотири зони, що входять до складу промислових територій: промислова зона (або промислово-виробнича), наукова і науково-виробнича зона, комунально-складська зона,

виробнича зона сільських поселень. Окремо виділяють санітарно-захисні зони, споруди зовнішнього транспорту, шляхи позаміського та приміського сполучень, громадські установи й місця загального користування для працівників підприємств. Відповідно до ДБН 2.2-12:2018, промисловою зоною вважають функціонально спеціалізовану територію міста, до складу якої входять об'єкти матеріального виробництва, виробничої інфраструктури, науки, наукового обслуговування, підготовки кадрів, інші об'єкти невиробничої сфери, які обслуговують матеріальне і нематеріальне виробництво. У нормативно-правових документах окреслено та нормовано склад промислової зони, її розміщення у функціонально-планувальній структурі міста, загальна площа території відповідно до її галузевого спрямування та окреслені її структурні елементи. Згідно з правилами [6]: "виробнича територія передбачена для розміщення промислових підприємств і пов'язаних з ними об'єктів, комплексів наукових установ із дослідними виробництвами, комунально-складських об'єктів (баз, складів, гаражів, автопарків, трамвайних, тролейбусних депо тощо.), підприємств з виробництва та переробки сільськогосподарських продуктів, створення санітарно-захисних зон промислових підприємств, об'єктів зовнішнього транспорту, шляхів позаміського та приміського сполучення". За нормативами 60-65% промислової території відводять під виробничу функцію з компактним розташуванням виробничих об'єктів. Функціональність промислової зони забезпечують магістралі загальноміського значення, які пов'язують її з іншими зонами міста (селітебною тощо) і формують каркас самої території. Промислову зону, залежно від її габаритів, розділяють на структурні елементи, промислові райони, промислові вузли, територіальні групи підприємств, окремі підприємства (ДБН. 2.2-12:2018). Так, у ДБН. 2.2-12:2018 подано категорійність промислових районів та їхнє розміщення у планувальній структурі міста (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Характеристика категорій промислових підприємств [5]

№ категорії	Шкідливі речовини	Потреба у залізничному транспорті	Умови виробництва	Розміщення
1	Виділяють	Необхідний	Особливі (пожежонебезпечні, вибухонебезпечні, радіоактивні)	На відстані від селітебних територій відповідно до санітарних і протипожежних норм
2	Не виділяють	Вимагають залізничних під'їзних шляхів	Звичайні	У периферійній частині міста. Віддалення таких підприємств від житлової забудови на значну відстань не є суворогою необхідністю
3	Не виділяють	Невеликий вантажообіг (не більше 40 автомашин за добу в одному напрямку). Не вимагають влаштування залізничних колій	Звичайні	Можуть розміщуватися у межах селітебних територій. Мінімальні санітарно-захисні розриви*.

*Мінімальні санітарно-захисні розриви для всіх виробничих будівель і складів, які не виділяють у навколишнє середовище шкідливих з неприємним запахом і пожежонебезпечних речовин, не створюють підвищення рівнів шуму, вібрації, електромагнітних випромінювань і не вимагають під'їзних залізничних шляхів, повинні бути не менше 50 м.

Промислові зони мають відповідати вимогам високої професійної привабливості, екологічності технологій, інтенсивності використання внутрішніх майданчиків тощо. Розміри загальної площі територій промислових зон за галузевим спрямуванням підприємства наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Розміри загальної площі територій промислових зон за галузевим спрямуванням підприємства

Різновиди промислових зон	Галузеве спрямування підприємства	Площа, га
1	2	3
1	Металургійні заводи з повним циклом і пов'язані з ними коксохімічні цехи, енергетичні допоміжні об'єкти, підприємства нафтохімічної і хімічної промисловості	1000-1500

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
2	Металургійні заводи з неповним циклом, заводи важкого і середнього машинобудування, з урахуванням енергетичних, допоміжних об'єктів і кущових будівельних баз	750-1000
3	Великі багатогалузеві групи, утворені підприємствами важкого і середнього машинобудування з додатковими і обслуговуючими об'єктами та майданчиками	300-700
4	Підприємства легкої промисловості, середнього машинобудування, які формують промислові вузли в районі загальних транспортних або енергетичних об'єктів	100-150
5	Середні і малі спеціалізовані підприємства важкого і середнього машинобудування, великі підприємства легкої промисловості і супутніх об'єктів з під'їзними шляхами та енергетичною групою, які утворюють промислові райони і вузли	50-150
6	Територіальні групи середніх і невеликих підприємств машинобудівної, легкої і харчової промисловості при позасельбищному розміщенні і обслуговуванні залізничним транспортом і кущовим енергетичним господарством	50-100
7	Виробництва легкої промисловості без обслуговування залізничним транспортом з переважно багатоповисловою забудовою, які розміщені у сільбищній зоні і нешкідливі у санітарному відношенні	20

Вивчення промислових зон та особливостей формування їхньої економічної ефективності викладено в працях багатьох науковців.

Зокрема, сутність промислових зон та промислово-агломераційних утворень, теоретичні аспекти їх економічної ефективності висвітлені в роботах В. Захарченка [7], І. Русанової [8], С. Цигичко [9] Й. Радеке, Р. Кірхнер, Д. Науменко [10].

Частина робіт зосереджена на дослідженні промислових зон окремих міст. Наприклад, О.В. Гладкий [11], вивчав Київську промислову агломерацію, яка є найпотужнішим агломераційним утворенням в Україні, в межах якого зосереджено близько 500 відносно великих підприємств. Г.П. Петришин та С.В. Ганець [12] – Львівську промислову зону, Ю.В. Лубенченко [13] – Донецьку промислову зону.

Автор цієї роботи [14] розглянув особливості СВДМПЗ. Оптимальна організація зовнішнього середовища, як досліджуваного географічного простору, включає в себе «запобіжник безпеки». Цим «запобіжником» є екологічний

каркас (ЕК), який формує режими й умови використання окремих ділянок і селітебних зон згідно з еколого-функціональним зонуванням природно-антропогенних та антропогенних комплексів, які забезпечують екологічну стійкість розвитку та збереження комфортного середовища проживання людини [14].

У раніше опублікованих наукових працях є визначення поняття екологічний каркас [15-18], «природно-екологічний каркас» [19], «ландшафтно-екологічний каркас» [20], «зелений каркас» [21] то що.

У зарубіжних наукових роботах дещо інші підходи до вивчення ЕК. Як правило, природній складовій ЕК відповідає поняття «ecological nets» - екологічна мережа. Екологічний каркас, як просторову систему природно-географічних комплексів особливої екологічної відповідальності, розглядав у своїх роботах В.В. Владимиров, який під ЕК мав на увазі вузли і осі зосередження найбільшої екологічної активності, відповідно до яких, рекомендував проводити урбоекоекологічне зонування території [15; 16]. Схожий сенс вклав у концепцію розвитку природно-екологічного каркаса П. Кавалаяускас. На його думку, це зона «особливої екологічної відповідальності», що охоплює найбільш важливі заходи в геодинамічному сенсі щодо забезпечення екологічної безпеки ареалу зон [22; 23].

У наукових працях А.В. Єлізарова поняття екологічного каркаса розкриває географічно-просторові території як сукупність природних комплексів з індивідуальним режимом природокористування, що утворюють просторову організовану інфраструктуру, яка забезпечує екологічну стійкість територій зон, запобігаючи втрати різноманітності і деградації ландшафту [24].

З вище наведеного можна виділити той факт, що термін «каркас» у вітчизняній і зарубіжній літературі зустрічається досить часто, при цьому найбільш вживаними термінами є «природний каркас» і «екологічний каркас». Порівняльний аналіз понять «природний каркас» і «екологічний каркас» дозволив зробити висновок про те, що ці поняття, незважаючи на різні трактування, часто виступають як синоніми. На думку автора, слід розділити

терміни «природний каркас» і «екологічний каркас». Природний каркас близький за значенням із системою природних територій, здатних забезпечити збереження екологічного балансу природного середовища, що перебувають під охороною держави. А екологічний каркас є більш широким поняттям, і крім природних територій, включає в себе промислові (антропогенні) зони.

Звідси цілком логічним є припущення, що ЕК служить запобіжником для захисту природного середовища від негативного антропогенного впливу суб'єктів діяльності у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон (рис. 1.2).

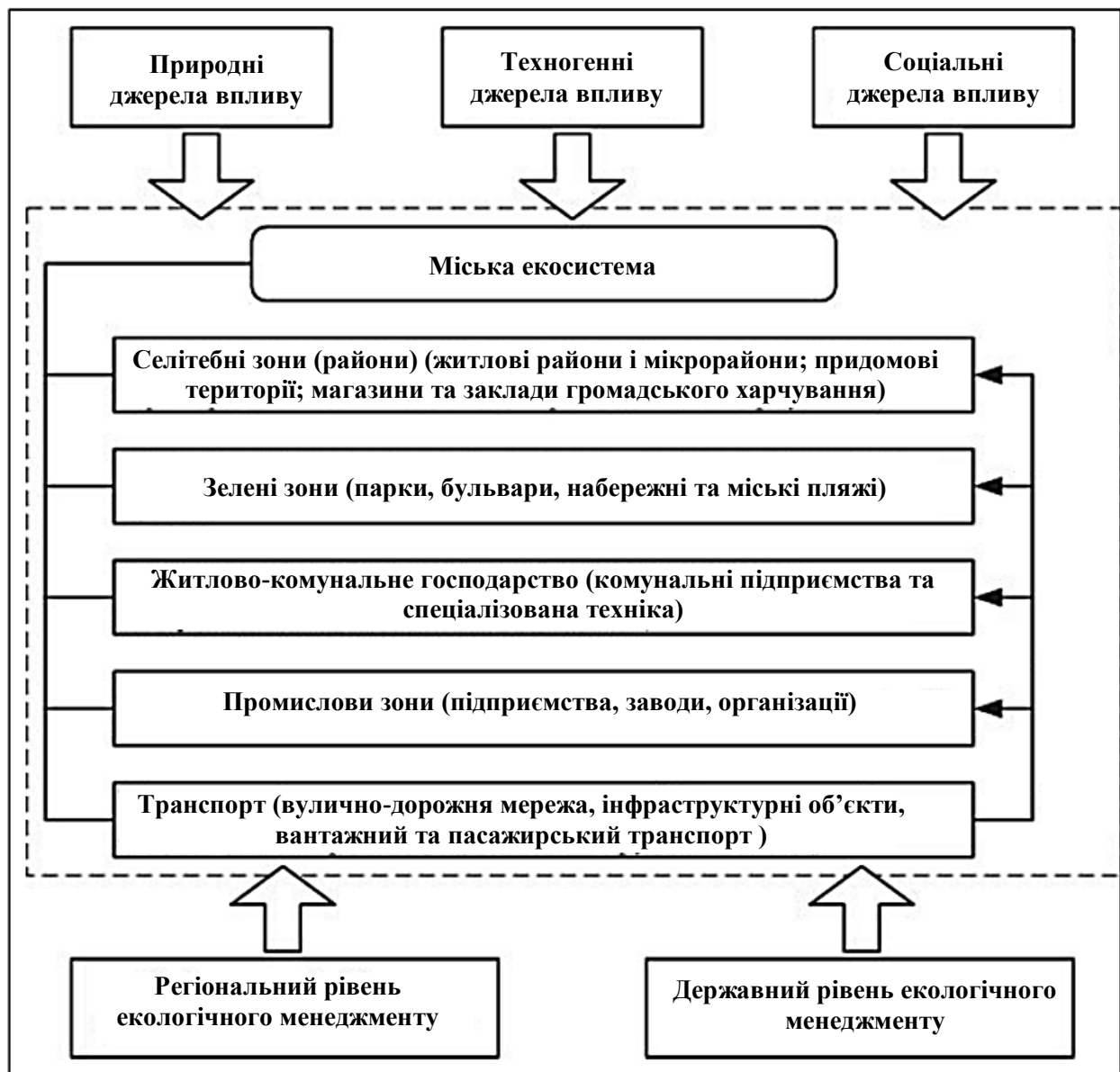


Рисунок 1.2 – Концептуальна схема складових екологічного каркаса промислово-агломераційного утворення (на прикладі міста Маріуполь)

Автором запропоновано найбільш адаптоване для цієї наукової роботи визначення ЕК.

Визначення 1. Екологічний каркас зовнішнього середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон – це територіально-просторовий комплекс міста, що характеризується особливостями архітектури вулично-дорожньої мережі (ВДМ) та забезпечує ефективність і безпеку не тільки транспортних потоків, але й життєдіяльність муніципальних і промислових суб'єктів СВДМПЗ з обов'язковим виконанням умови забезпечення регенераційного потенціалу природних ресурсів цього середовища [14].

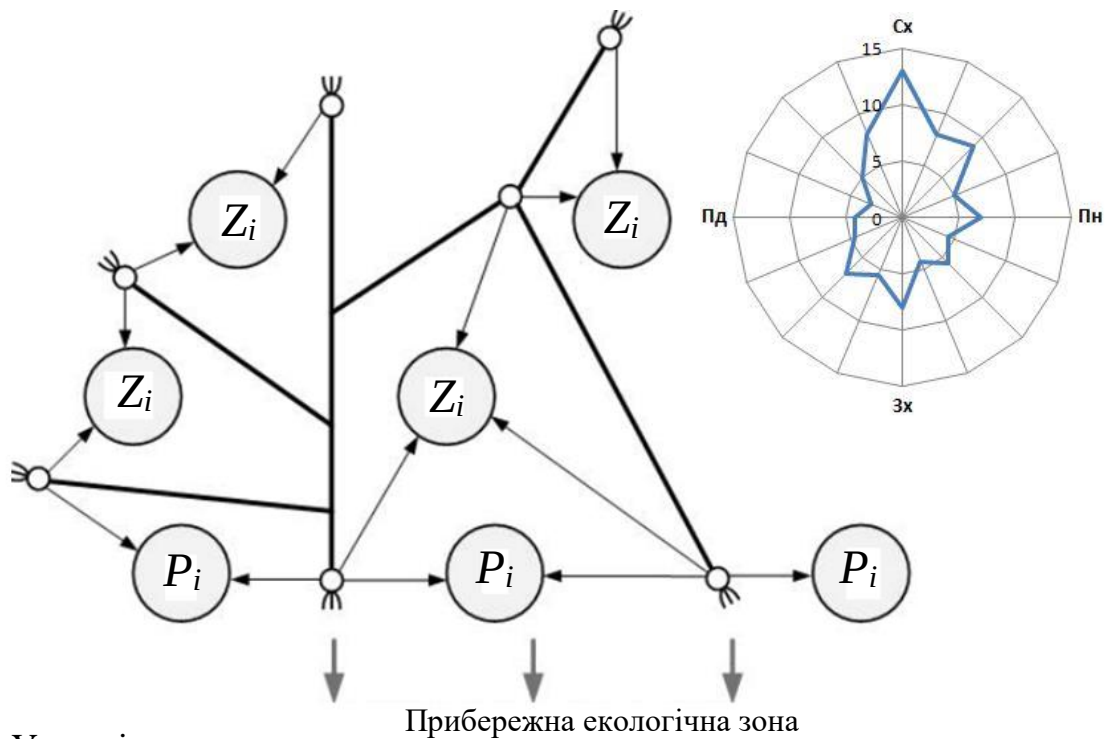
Розміщення промислових зон (враховуючи особливості розташування промислових підприємств у містах та їх технологічні зв'язки) може носити стохастичний характер. Функціональні промислові зони враховують прилеглі до них санітарно-захисні зони, ландшафтно-рекреаційні зони та зони розчленовані транспортно-комунікаційними шляхами територій міст. Особливістю сучасних промислових зон є певна кількість не функціонуючих промислових територій, незабудованих територій техногенного характеру.

У проведених дослідженнях визначено, що на формування та розміщення структурних елементів ЕК СВДМПЗ суттєво впливає стан екологічної безпеки транспортних потоків міста та архітектура ВДМ.

Екосистема промислових зон, елементами якої є біотичні та абіотичні компоненти, пронизана різноманітними речовинно-енергетичними та інформаційними потоками (рис. 1.3) [14].

Важливими чинниками, що впливають на формування сталого розвитку промислових зон, є [14]:

1. Наявність багатьох рівнів структурного складу ЕК у ландшафтах.
2. Існування значної кількості товарно-транспортних зв'язків між об'єктами, які забезпечують життєдіяльність промислових зон.
3. Суперечності та цільовий конфлікт розвитку окремих елементів та підсистем промислових зон.



Умовні позначки:

- ⊗ - транспортна система промислового підприємства;
- - транспортний зв'язок між підприємствами міста;
- - техногенний вплив транспортної системи міста на рекреаційні об'єкти;
- ⊙_{Zi} - і - та зелена зона (парк сквер, бульвар);
- ⊙_{Pi} - і - та прибережна зона (пляж, набережна);

Рисунок 1.3 – Екологічний «каркас» середовища вулично-дорожньої мережі промислової зони (на прикладі міста Маріуполь)

4. Сукупність транспортно-логістичних процесів, обмеження і завдання, функціонування яких поєднується внутрішнім і зовнішнім контекстом існування промислової зони.

Транспортну систему (ТС) промислового підприємства (зони) будують відповідно до технологічних процесів та взаємозв'язків підрозділів виробництва – від доставки сировини ззовні, переміщення окремих компонентів усередині промислового майданчика до відвантаження готової продукції з території підприємства [25-30]. У зв'язку з цим ТС промислової зони включає зовнішній та внутрішній транспорт. Крім того, вся ця система має забезпечувати і пасажирські перевезення для швидкої та безпечної доставки працівників до

робочих місць. При цьому доцільно уникати взаємного перетину вантажних та пасажирських комунікацій. Отже, ТС промислових зон передбачає комплексне використання загальних інженерних споруд та пристроїв для декількох видів транспорту (мости, переходи в двох рівнях, використання підземного простору, канатно-підвісних пристроїв тощо).

Процес функціонування транспорту в середовищі ВДМ промислових зон представлено такою сукупністю відображень [14]:

$$\{X, SRN\} \times T \rightarrow \{X, SRN\} \times T^{\Theta(k)} \rightarrow \{X^E_{(k)}, R^E_{(k)}\} \times T^{\Theta_{(k)}}, \quad (1.1)$$

де X – транспортний потік;

SRN – транспортні зв'язки між об'єктами промислової зони, що забезпечують ефективну та безпечну роботу ТС як територіальної площини загального користування, основним завданням якої є забезпечення транспортними і пішохідними зв'язками та безпечним рухом транспортних засобів (ТЗ) і пішоходів територією населених пунктів. Транспортні зв'язки між об'єктами промислової зони SRN можна представити множиною:

$$SRN = \langle SR_1, SR_2, \dots, SR_n \rangle, \quad (1.2)$$

де $SR_1, SR_2, \dots, SR_n$ – елементи множини ВДМ, що формують ЕК: вулиці, проспекти, провулки, проїзди, набережні, площі, тротуари, пішохідні та велосипедні доріжки, штучні споруди, елементи облаштування тощо;

$\{X, SRN\}$ – безліч ланок у ТС;

$\Theta_{(k)}$ – інформація, яку отримують за результатами моніторингу k – їх факторів негативного впливу на зовнішнє середовище ЕК СВДМПЗ;

$\{X^E_{(k)}, SR_{(k)}\}$ – оцінка екологічної безпеки ланки;

$T^{\Theta_{(k)}}$ – тривалість негативного впливу на елементи ЕК;

k – кількість видів (типів) факторів негативно впливу на елементи ЕК;

E – кількісні або якісні показники оцінки стану елементів ЕК СВДМПЗ.

Проаналізуємо особливості зовнішнього середовища ЕК СВДМПЗ. Як відомо, вибір виду транспорту визначають обсягом вантажообігу та пасажирських перевезень, місцевими кліматичними умовами, в тому числі й топографією місцевості. Залучення зовнішнього транспорту для забезпечення зовнішніх зв'язків промислових підприємств залежить від характеру вихідних ресурсів, габаритів продукції та місць доставки її споживачеві. Вирішальним фактором є обсяг загального товарообігу, відстані доставки вантажів з урахуванням взаємодії транспортних комунікацій та споруд, їх ефективного використання, раціональної організації перевезення та зв'язок з магістральними шляхами. Основними видами транспорту для промислової зони є залізничний та автомобільний.

Для руху транспортних засобів (ТЗ) і пішоходів призначена ВДМ вулиць, доріг, внутрішньоквартальні та інші проїзди, тротуари, пішохідні та велосипедні доріжки, набережні, майдани, площі, а також автомобільні стоянки та майданчики для паркування ТЗ з інженерними та допоміжними спорудами, технічними засобами організації дорожнього руху [31]. Архітектуру конфігурації ВДМ, її щільність, відстані між перетинаннями, ступінь складності транспортних вузлів багато в чому характеризують умови руху транспортних потоків. Швидкість руху транспорту, витрати часу, пропускна здатність ВДМ, ступінь безпеки руху та інші важливі показники значною мірою залежать від структури міста.

Так у роботах С.А. Тархова аналіз закономірностей зростання ВДМ, які є загальними для всіх видів транспорту і територіальних рівнів, дозволив визначити три архітектурні складові їх структури [32]:

1. Топологічна структура всіх транспортних мереж (ТМ) формується в однаковій послідовності: проста структура поступово перетворюється в багаторівневу циклічну мережу з великим циклічним остовом і невеликими зовнішніми і внутрішніми дендритами. Кожному класу топологічної складності

відповідає своя стадія зростання. Мережі можуть пройти стільки стадій, скільки надають їм соціально-економічний і природний потенціал території та характер його використання.

2. У ТМ відбуваються одні й ті ж конфігураційні зміни (акти конвекції, деревоутворення, циклоутворення), одні й ті ж процеси (поліцентралізація - консолідація, дендрітізація і остовоутворення).

3. Дві основні функції ТМ – максимально можливе охоплення і приблизно однакове та надійне обслуговування території – суперечать одна одній. Це протиріччя вирішується в чергуванні двох основних процесів сіткоутворення – дендрітізація і циклоутворення.

Отже, основною просторовою закономірністю зростання циклічних ВДМ є коливальний характер процесів дендрітізації і остовоутворення. Просторові закономірності розпаду ВДМ включають сіткоруйнування, яке зводиться до зниження рівня топологічної складності.

В роботах С. А. Тархова, E. Cascetta, J.P. Rodrigue, C. Comtois, B. Slack, J.P. Rodrigue, C. Comtois, B. Slack, E. J. Taaffe, H. L. Gauthier, M. E. O'Kelly визначено шість причин, які викликають руйнування «архітектури» ВДМ [32-35]:

- 1) діяхорна конкуренція між мережами "старіючого" і нового видів транспорту;
- 2) синхронна просторова конкуренція двох і більше видів транспорту (при наявності паралельних ліній);
- 3) соціально-економічна деградація території;
- 4) політико-географічні чинники;
- 5) військові дії руйнівної сили;
- 6) природні катастрофи, що призводять до руйнування окремих ділянок мережі. Останні дві причини можна віднести умовно до "форс-мажорних".

Аналіз основних факторів, що впливають на особливості функціонування ВДМ міст, провів О.В. Степанчук [36]. У праці також охарактеризовані показники надійності її експлуатації.

Як визначено в праці [37], якість роботи ТС промислового міста забезпечує своєчасна реакція системи на зміну характеристик дорожнього руху. Автор дослідив підходи до вирішення завдання короткострокового прогнозування транспортних потоків у міському середовищі. Стохастична природа транспортних потоків, на думку автора [38], з огляду на динамічність зміни його характеристик у часі, ускладнює процес оцінки потенціалу ТС промислових районів.

На режими руху потоку автомобілів на міських вулицях і дорогах промислових зон впливає наявність багатосмугової проїзної частини в одному напрямку; розташування тротуарів близько до дороги; частота розташування світлофорів і тривалість їх циклів; велика вірогідність появи пішоходів на проїзній частині; мала довжина перегонів; висока інтенсивність і щільність руху; різноманітний режим руху транспорту; велика кількість перехресть на одному рівні; наявність стоянок автомобілів уздовж бортів проїзної частини вулиць; велика кількість інформації, що надходить до водіїв. Під впливом перерахованих факторів відбувається формування потоку автомобілів на ВДМ. Стан транспортного потоку змінюється не тільки в результаті зміни інтенсивності руху, але і внаслідок зміни дорожніх умов. Причому вплив дорожніх умов на основні характеристики транспортного потоку на міських вулицях і дорогах є вирішальним. Чим частіше змінюються дорожні умови по довжині вулиці, тим складніше відбувається взаємодія автомобілів у транспортному потоці [39].

Динамічний розвиток середовища ВДМ промислових зон забезпечує поєднання соціальних і так званих технічних процесів (наприклад, виробництва продукції та надання транспортних послуг).

Одним із механізмів, що дозволяє визначити оцінку розвитку ВДМ, є алгоритм, розроблений Geoff Boting із департаменту міського та регіонального планування Каліфорнійського університету [40]. Цей алгоритм аналізує напрям вулиць (схід, захід, південь, північ) та їх кількість (чим більше вулиць, тим більша довжина лінійних елементів (див.діаграму рис. 1.4).

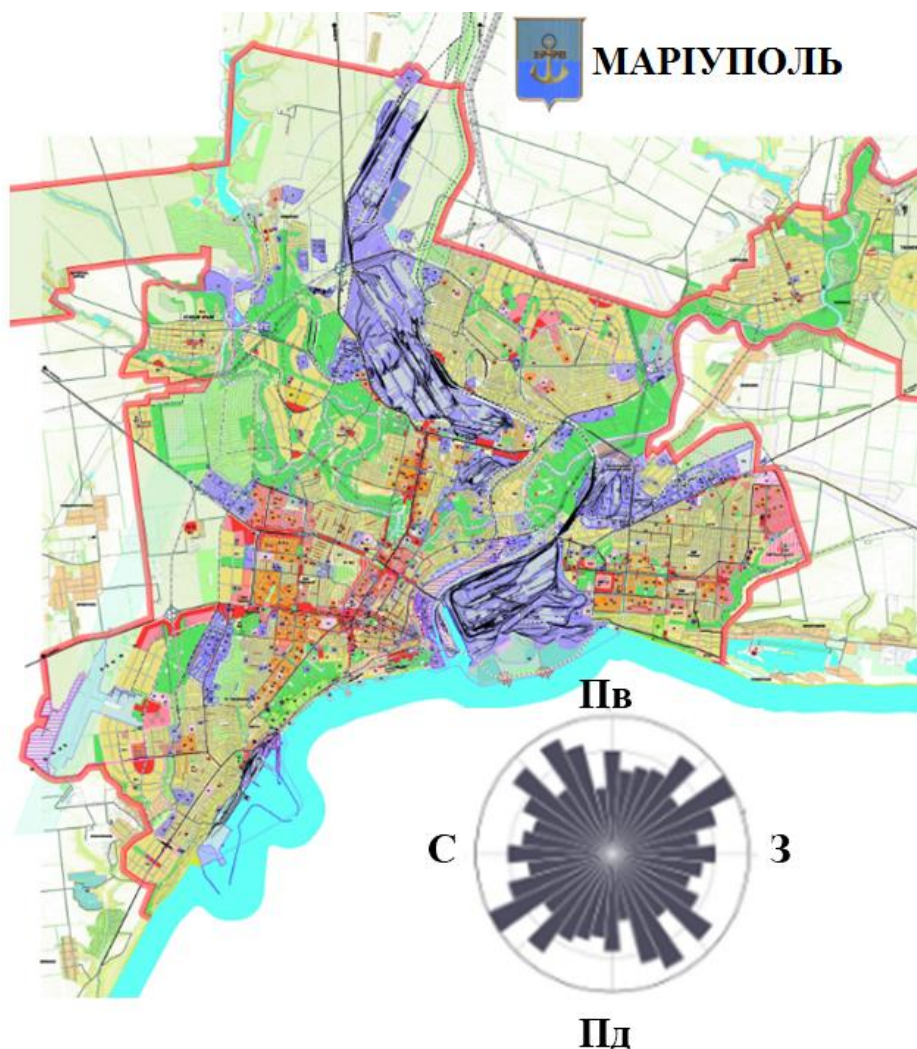


Рисунок 1.4 – Схематична оцінка рівня розвитку контуру екологічного каркаса зовнішнього середовища ВДМ промислових зон (на прикладі міста Маріуполь)

У контексті необхідності ув'язки технічних та соціосінергетичних знань в умовах збереження екологічного балансу між складовими ТС вводиться поняття біфуркації з неминучою необхідністю його трансформування з урахуванням особливостей процесу урбанізації СВДМПЗ і динамікою потреб соціуму в транспортних послугах.

Найбільш суттєва особливість реалізації поняття біфуркації в ТС, на відміну від біологічного і фізичного розвитку, полягає в зростанні варіативності

зв'язків причин і наслідків урбанізації складових ТС, що в науковому обґрунтуванні відбивається у виділенні вже не законів, а закономірностей.

При розвитку ТС сам вибір реалізують як поступове оформлення, закріплення нового порядку, обумовлені нескінченно складним поєднанням взаємного впливу на стан СВДМПЗ соціальних і транспортних суб'єктів.

Важливо підкреслити, що в сфері сінергетики точкою біфуркації називають: у природничих науках – фазовим переходом, а в теорії технічних та соціальних трансформацій – перехідним періодом. Таким чином характеристику соціально-технічної біфуркації і точки біфуркації можна представити в залежності від методологічної позиції автора, щодо розуміння процесу розвитку складових досліджуваної системи.

Робочою гіпотезою в праці є припущення того, що елементарна складова, а саме ТЗ, є не тільки забруднювачем природного середовища ЕК СВДМПЗ, але й споживачем природних ресурсів. Таким чином, ТЗ є фізичним об'єктом, якому притаманна біфуркаційна властивість.

Саме тому інтегрований підхід до аналітичної оцінки сучасного стану СВДМПЗ включає: використання наявних просторових ресурсів ВДМ, характеристики транспортних потоків та рівень забруднення зовнішнього середовища ЕК.

Межу урбанізації СВДМПЗ позначають біфуркаційною точкою фазового переходу (БТФП), коли екологічна безпека Т стає неможливою та потребує перебудови її структури або пошуку шляхів її дальшого розвитку.

Визначає цю межу урбанізаційний процес архітектурної складової транспортних комунікацій як єдине обмеження, обумовлене фізичними і тимчасовими розмірами життєвого простору соціуму, що населяє промислові зони, та особливостями структури транспортних потоків (транспортними кластерами) та їх динамікою.

1.1.1 Чисельний аналіз характеристик, які визначають умови розвитку вулично-дорожньої мережі. Для побудови аналітичної оцінки сучасного стану зовнішнього середовища ВДМ промислових зон були використані результати досліджень (ДОДАТОК В: табл. В.1 ÷ В.11), які проводили у рамках науково-дослідницьких робіт [41, 42] 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) [43].

Таблиця 1.3 – 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 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.

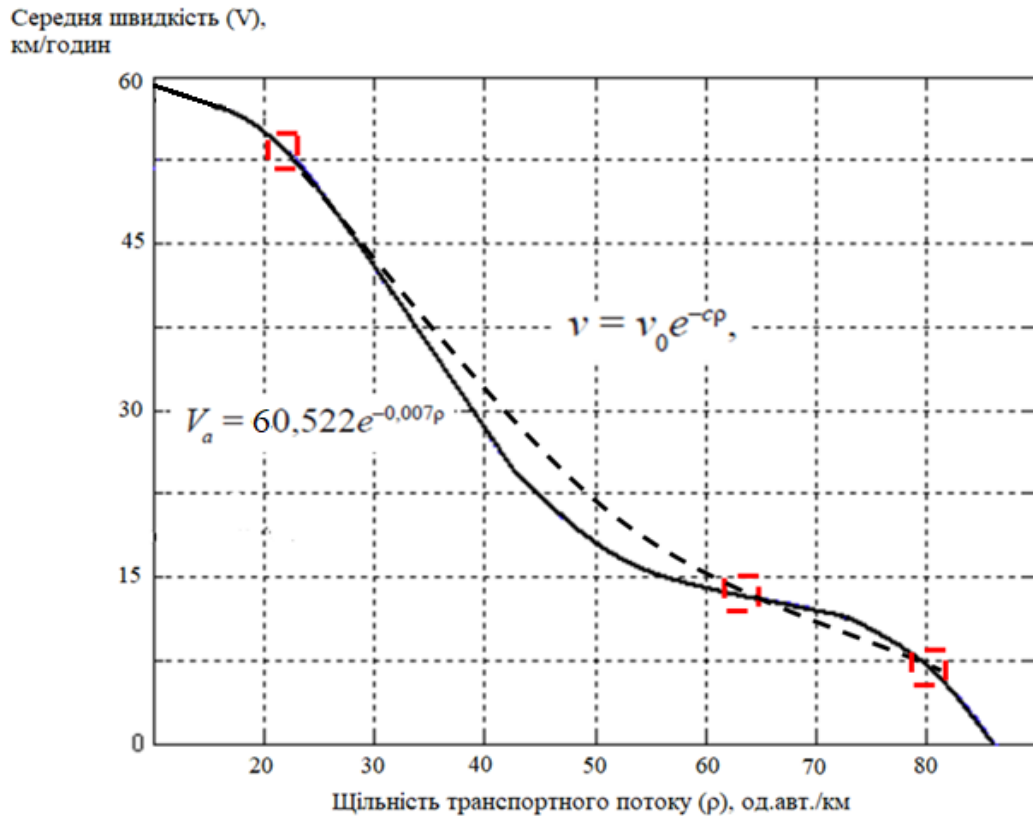
Для порівняльного аналізу умов розвитку ВДМ були використані граничні значення показників, які характеризують транспортний потік (ρ_i – щільність транспортного потоку; q_i – інтенсивність транспортного потоку) для забезпечення сталого функціонування її складових, а саме ділянки перетину лінійних складових пр. Миру (2 смуги руху) і вул. Флотської (2 смуги руху) таблиця 1.4.

Таблиця 1.4 – 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)

Для проведення чисельного аналізу, подана оцінка взаємного впливу швидкості транспортного потоку на його щільність (рис. 1.5)

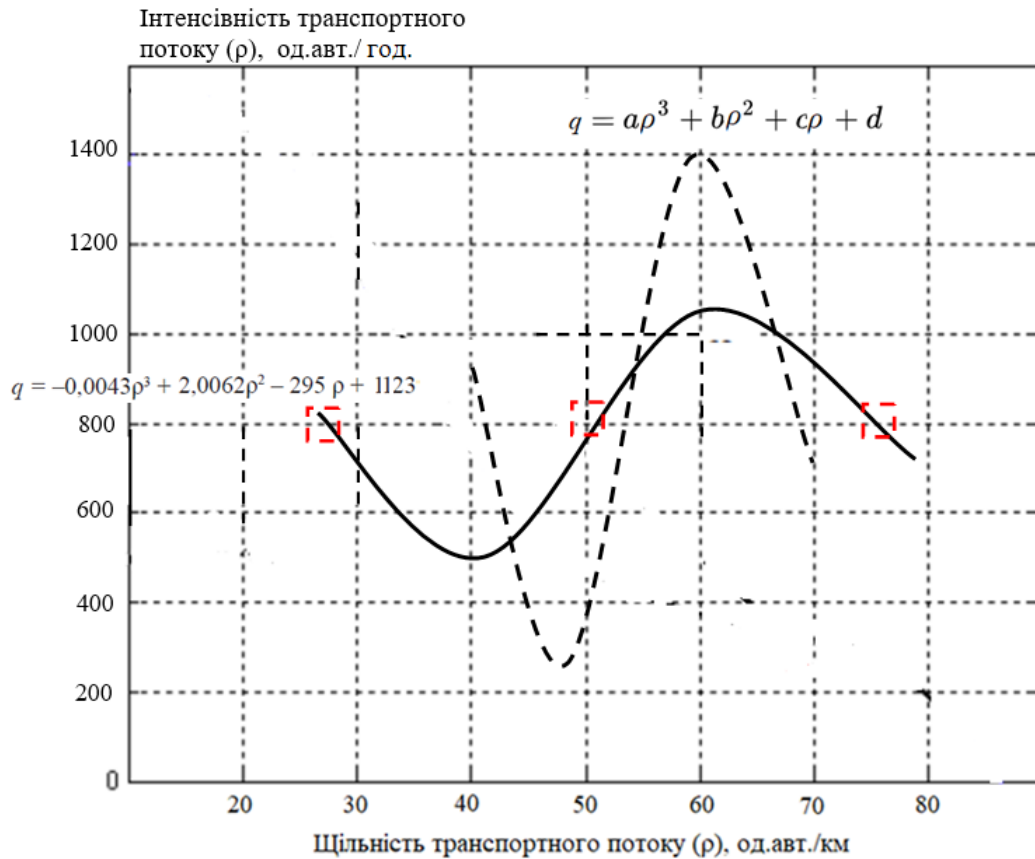
Пояснити «відхилення» функціональної залежності критеріїв на відрізку за координатами точок, що визначають швидкість та щільність транспортного потоку – початкової точки (54;24), проміжної точки (14;60) та завершальної точки (7;82), можна тим фактом, що в цьому випадку значний вплив на інтенсивність транспортного потоку чинять перестроювання одиниць автотранспорту, що знижує інтенсивність потоку.



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

Рисунок 1.5 – 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. 1.6. 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.

Рисунок 1.6 – 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.

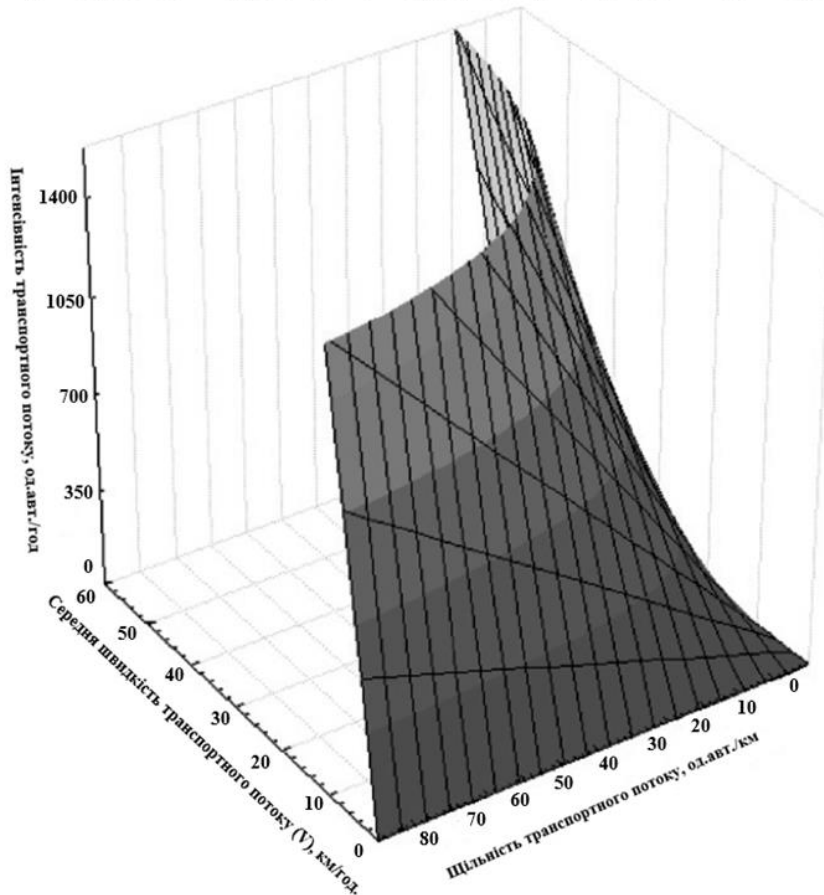
Отримані результати аналізу спільного впливу швидкості та щільності на інтенсивність транспортного потоку доводять, що вона може бути відображена у вигляді полінома (1.3) та представлена графічно (рис. 1.7)

$$q = a + bV + c\rho + dV^2 + kV\rho + m\rho^2, \quad (1.3)$$

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. |

Рисунок 1.7 – Графічне відображення ступеня впливу щільності та середньої швидкості руху на інтенсивність транспортного потоку в умовах зовнішнього середовища ВДМ промислових зон

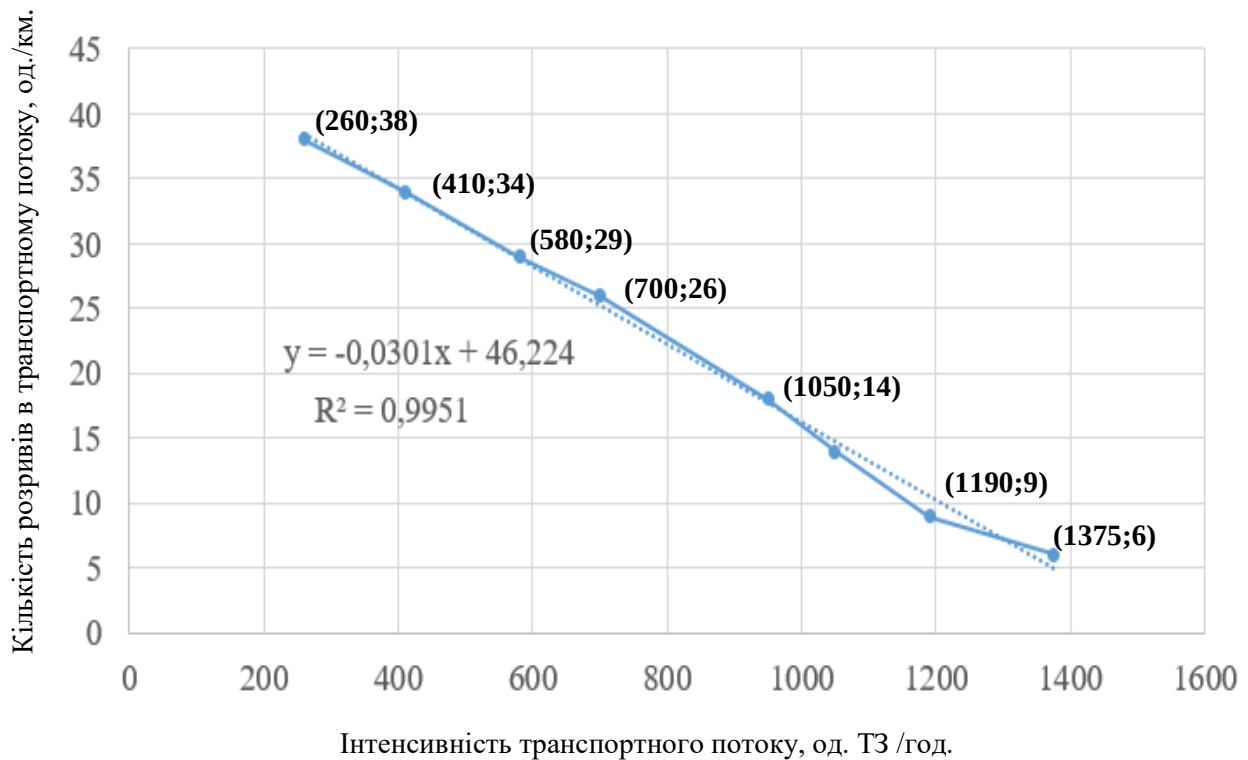
Слід підкреслити, що однією з характеристик транспортного потоку в досліджуваному середовищі є кількість розривів, що має пряму залежність від

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 кожную вантажівку або автобус припадає на 2 легкових автомобілі менше, на кожную 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. 1.8).

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 [17], 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 .



(x – інтенсивність транспортного потоку; y – кількість розривів в транспортному потоці)

Рисунок 1.8 – Графік залежності кількості розривів у транспортному потоці від його інтенсивності

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 $Ddt = \sqrt{\langle |dr|^2 \rangle} \cdot dr^2$.

Отримані поля показані на рис. 1.9, на якому його фрагмент a зображує відношення $\eta = D/|V|_m$. Біла ділянка відповідає осередкам, де не було отримано вимірювань. Заштрихована ділянка відповідає значенням $\eta > 3,5$.

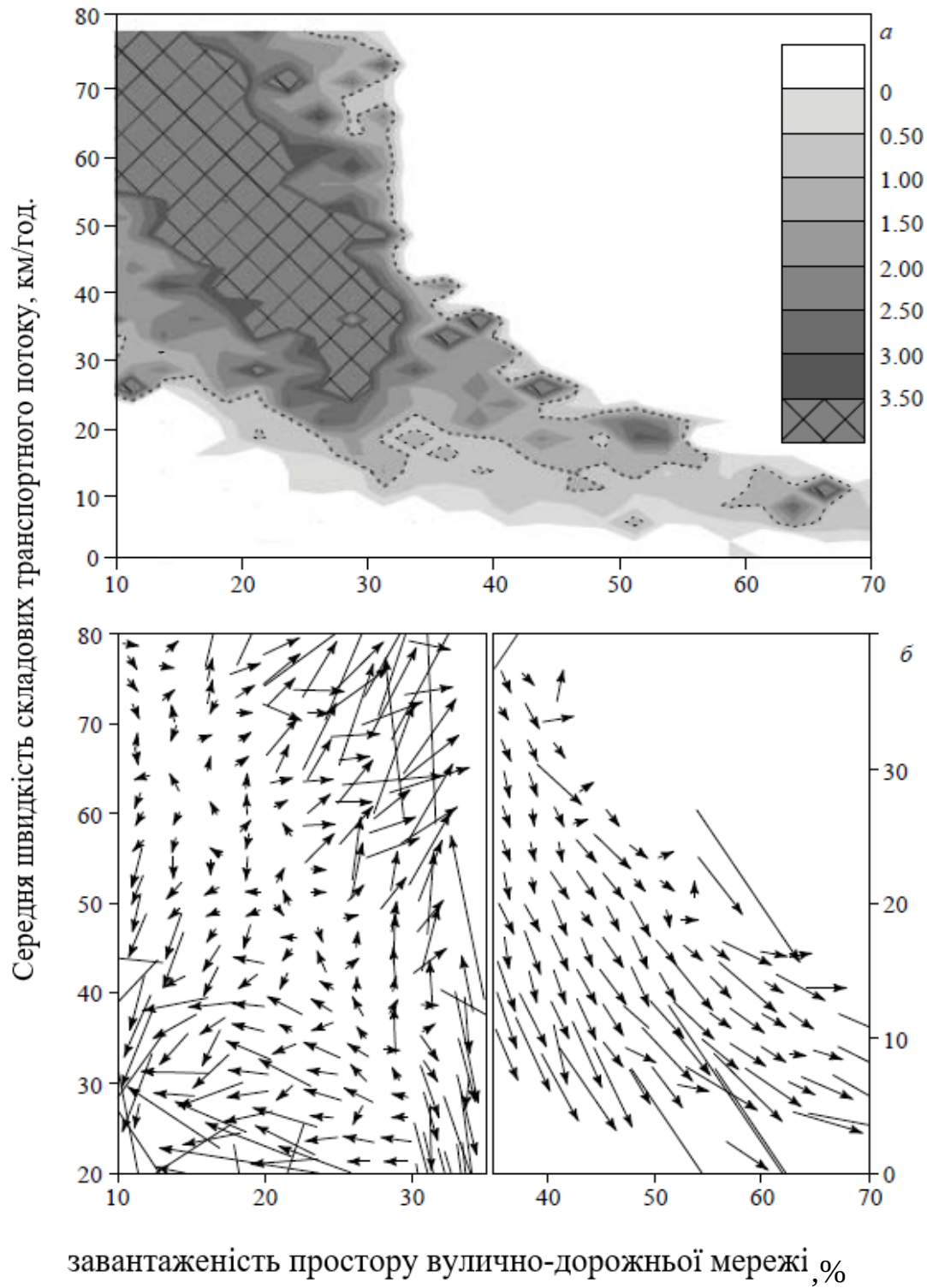


Рисунок 1.9 – Портрет фазового впливу швидкості потоку автомобілів на завантаженість географічного простору ВДМ в районі перехрестя лінійних ділянок пр. Миру та вул. Флотська (м. Маріуполь)

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. 1.9 показує поле дрейфу $V_m(r)$. Оскільки його інтенсивність істотно змінюється в різних частинах площини $\{k, v\}$, для наочності використані два окремих вікна. 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 [10].

Виходячи з результатів, представлених на верхньому фрагменті рис. 1.9, 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. 1.9.

Отримані результати чисельного аналізу 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 окклюзивність транспортних потоків загалом. Для розробки механізму інтегральної оцінки, спираючись на результати досліджень (рис. 1.9) сформовано поняття окклюзивності.

Визначення 2. Окклюзивність транспортних потоків – це характеристика рівня концентрації одиниць рухомого складу в досліджуваному транспортному кластері в умовах установлених обмежень БНП простору вулично-дорожньої мережі.

1.1.2 Оцінка «прихованих» чинників, що визначають сучасний стан СВДМПЗ. Одним із «прихованих» чинників, що здійснює негативний вплив на сучасний стан досліджуваного середовища, є безпека екологічного каркаса, та його статичних (підприємств) та динамічних (транспортні потоки) складових (рис. 1.10). Статична складова, яка впливає на ЕК, це насамперед, металургійні та хімічні підприємства. На прикладі м. Маріуполь це – Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча - 5,35 млн. тонн на рік (45,9%); металургійний комбінат «Азовсталь» - 3,3 млн. тонн на рік (38,8%); Маріупольський коксохімічний завод "Маркохім"- 50,6 тис. тон на рік (0,6%).

Оцінка рівня безпеки динамічної складової визначається залежністю обсягу викидів у зовнішнє середовище забруднювачів та швидкісного режиму експлуатації рухомого складу. Найбільшу кількість ТЗ експлуатують у межах ЕК досліджуваного середовища, в зв'язку з чим, у цих умовах визначальне значення концентрації викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел має інтенсивність руху або число автомобілів, що проходять через елементи ВДМ в одиницю часу.

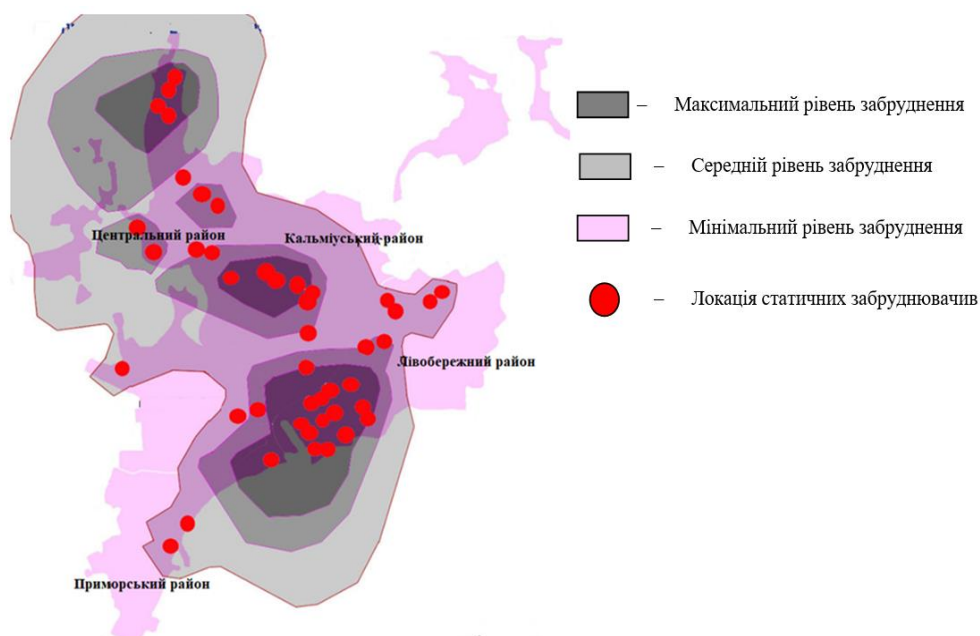


Рисунок 1.10 – Ступінь забруднення атмосфери районів в екологічному каркасі середовища ВДМ промислових зон (на прикладі м. Маріуполь)

Найбільш несприятливими з екологічної точки зору режимами роботи ТЗ, що характеризуються значним збільшенням обсягу викидів забруднюючих речовин – продуктів згоряння пального, є рух із малими швидкостями, «холостий режим» роботи двигуна і переривчастий характер роботи двигуна ТЗ (у режимі «stop and go») (рис. 1.11) [45÷47].

Транспортні потоки в досліджуваному середовищі відрізняються за величиною викидів окису вуглецю (СО). Для вантажного транспорту – це 5,11 кілограм на тону-кілометр (кг/ткм), для залізничного – 0,40 кг/ткм, для водного транспорту – 0,81 кг/ткм.

Оцінка «прихованих» чинників, що визначають сучасний стан середовища ВДМ промислових зон в існуючих умовах, є проблематичним процесом, тому що на даний час, єдиним обов'язковим адміністративним заходом, який забезпечує контроль за викидами забруднюючих речовин транспортом, є проходження щорічного технічного огляду рухомого складу.

Цей захід регулює ст. 36 Закону України № 3353: «Про дорожній рух».

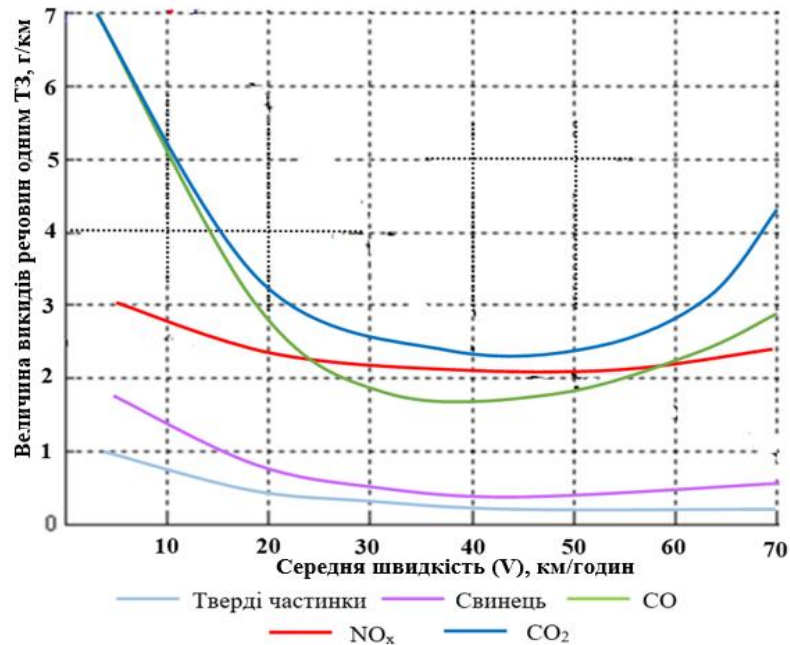


Рисунок 1.11 – Графік залежності обсягу викидів забруднювачів та швидкісного режиму експлуатації рухомого складу

Згідно з проведеними дослідженнями [41,42] отримані результати забруднення району зовнішнього середовища ВДМ промислових зон (рис. 1.12÷1.14).

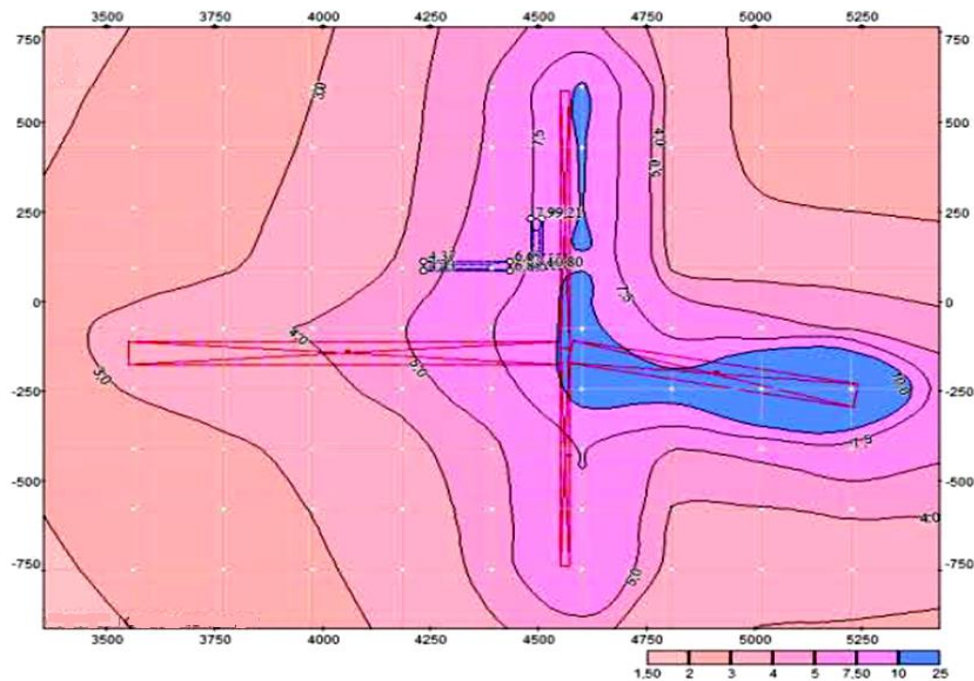


Рисунок 1.12 – Рівень забруднення свинцем району перехрестя лінійних ділянок пр. Миру та вул. Флотська, (г/м³)

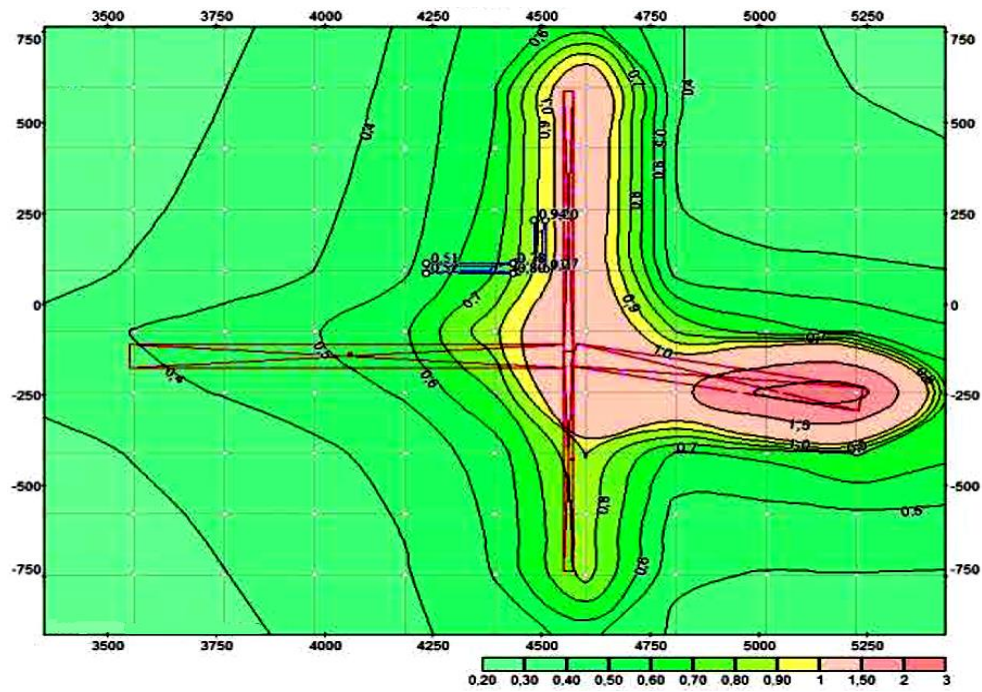


Рисунок 1.13 – Рівень забруднення вуглецем чорним (сажа) району перехрестя лінійних ділянок пр. Миру та вул. Флотська, (г/м³)

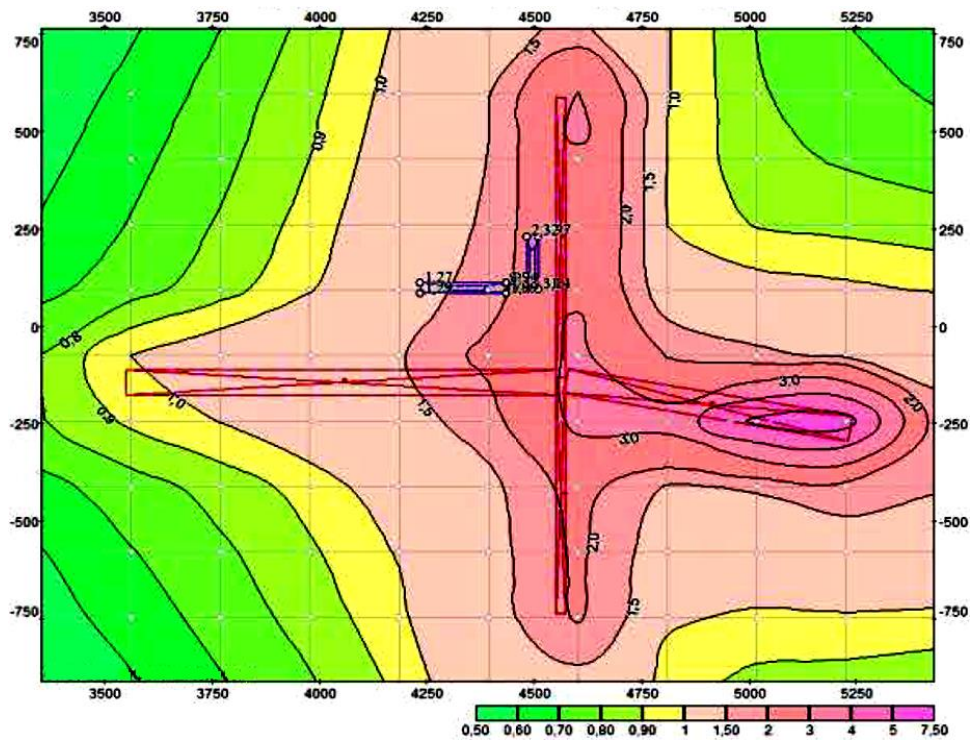
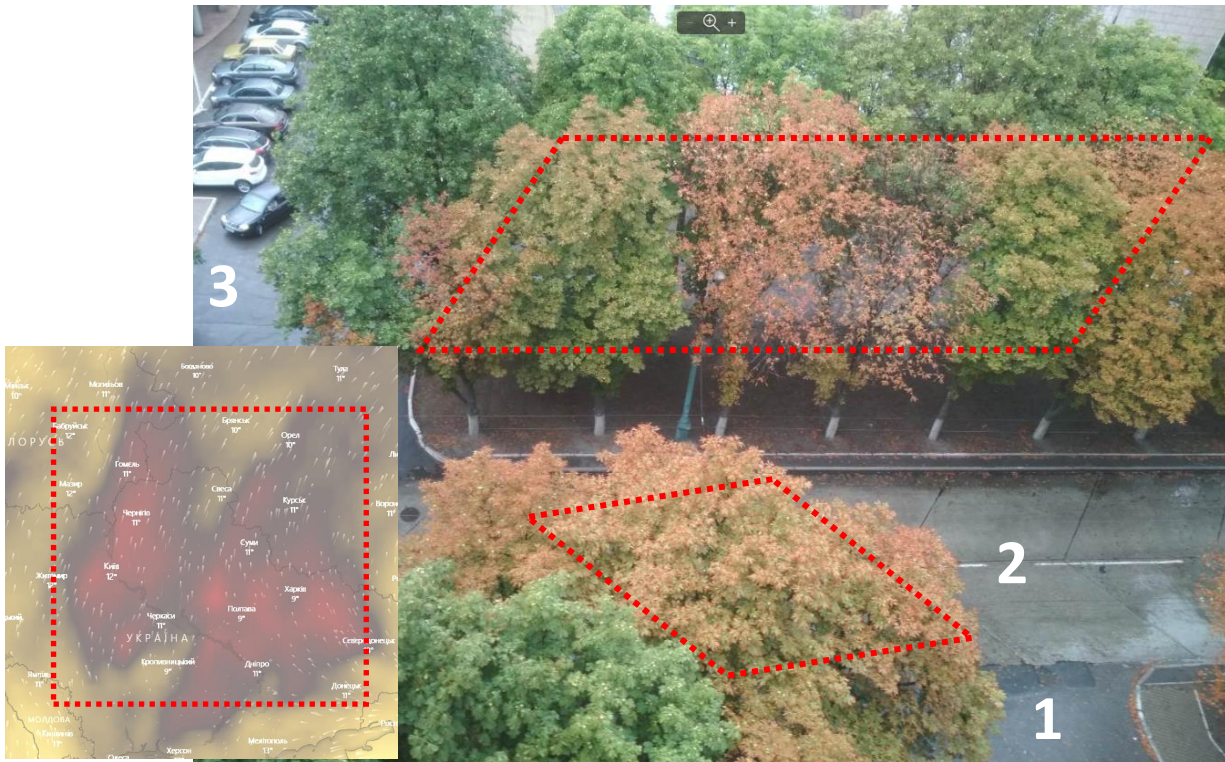


Рисунок 1.14 – Рівень забруднення оксидом вуглецю перехрестя лінійних ділянок ВДМ пр. Миру та вул. Флотська, (г/м³)

Слід зазначити особливість впливу СО на навколишнє середовище (рис. 1.15)



 – сліди регіонального та локального впливу транспортних потоків на навколишнє середовище;

1 – транспортна «кишеня», що виконує функцію обслуговування діяльності супермаркету;

2 – транспортна комунікація – центральний проспект;

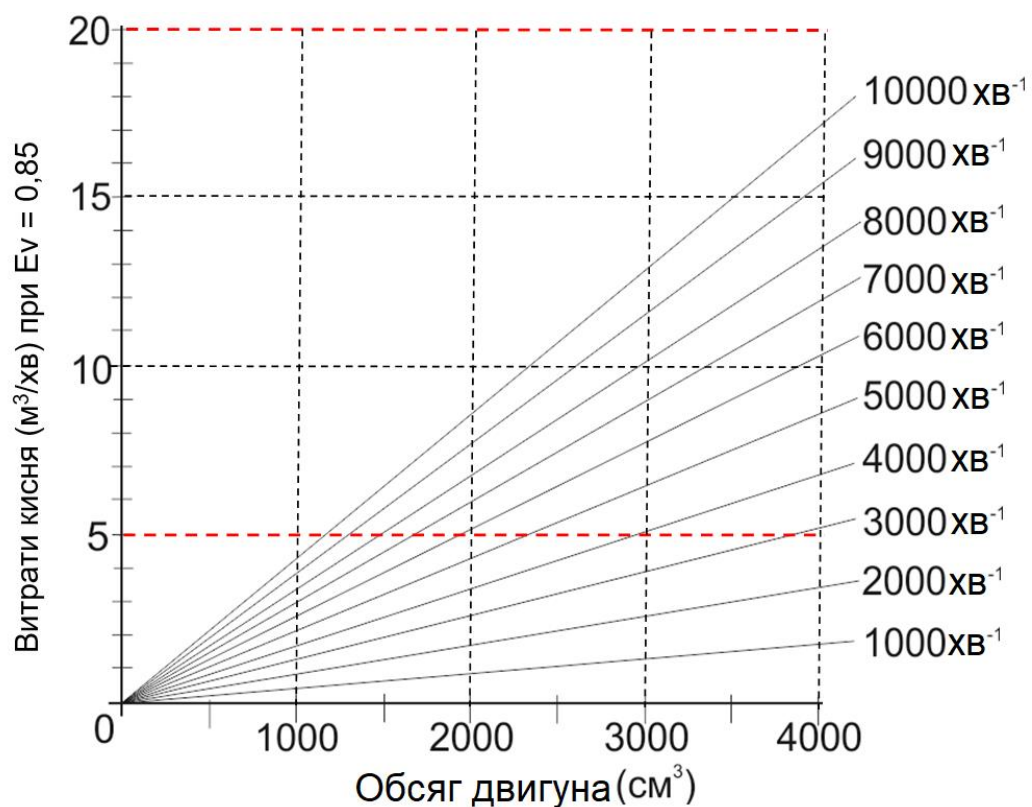
3 – транспортна «кишеня», що виконує функцію автостоянки біля спортивного комплексу.

Рис. 1.15 – Зональність впливу транспортних потоків на екологічний стан СВДМПЗ на прикладі транспортної розв’язки м. Маріуполь

Слід зазначити, що ТЗ є не тільки об’єктом, що викидає забруднення в зовнішнє середовище, але і споживачем зовнішніх ресурсів, переважно кисню для формування робочої суміші.

Обсяг споживання кисню через двигун зазвичай вимірюється в кубічних метрах повітря за хвилину при стандартному атмосферному тиску. На базі практичних досліджень побудовано графік залежності між такими експлуатаційними показниками ТЗ: обсяг споживання кисню; об'єм двигуна; частота обороту двигуна (рис. 1.16) [41,42].

Отримані результати дослідження дозволяють виокремити особливу характеристику одиниці автомобільного рухомого складу, який у своїй сукупності з іншими формує так званий транспортний потік, тобто здатність до анагілірування.



де E_v – коефіцієнт корисного обсягу двигуна.

Примітка: Коли вміст повітря в суміші менше 5 кг на 1 кг пального або більше 20 кг на 1 кг пального, горюча суміш в циліндрах не загоряється.

Рисунок 1.16 – Значення витрати повітря для 4-тактних двигунів внутрішнього згорання ТЗ

Отже, в процесі експлуатації ТЗ, можна охарактеризувати як об'єкт, що переходить від стану споживача хімічних елементів зовнішнього середовища (кисень) до «виробника» забруднюючих речовин.

1.2 Базові принципи впливу транспортних потоків на екосистему СВДМПЗ

Забезпечення сталого розвитку міст є одним із базових принципів регіональної політики країн ЄС. Проте нагромадження хронічних соціальних, економічних та екологічних проблем суттєво впливають на безпеку життя людей у промислових зонах міст України. Розвиток промисловості призводить до техногенного забруднення довкілля. Техногенне навантаження, яке виникає в результаті викидів від об'єктів промислової інфраструктури, зумовлює формування стійких зон забруднення, що в разі тривалого впливу на екосистеми спричиняє деградацію, руйнування біоценозів, погіршення стану здоров'я населення [45,46,47].

Поряд із промисловістю та іншими джерелами забруднення (енергетичними та опалювальними системами, спалюванням відходів) питому вагу в забрудненні атмосфери міст має автотранспорт [46]. Автор підкреслює важливість того, що транспортні потоки у середовищі ВДМ промислових зон мають велику ступінь впливу на довкілля, а саме: понад в 80 відсотках забруднення атмосфери в міському середовищі здійснюється через транспортну діяльність [47]. Небезпека автомобільного транспорту в забрудненні атмосфери складається не тільки з абсолютної маси викидів. Вихлопні гази надходять безпосередньо в шар атмосфери, де швидкість вітру незначна і гази погано розсіюються на відміну від викидів підприємств через високі заводські труби. Крім того, важкі гази становлять основну масу інгредієнтів вихлопу, що перешкоджає їх розсіюванню, особливо в місцях вітрового затишшя. Встановлено, що кількісний та якісний склад вихлопів автомобілів залежить від типу двигунів самих автомобілів [48]. Високий рівень концентрацій хімічних

елементів в атмосферних опадах кореляційно пов'язані з їх значним вмістом в атмосферному повітрі, що в свою чергу обумовлює забруднення інших середовищ (грунт, вода), створюючи умови для біологічних накопичень [49].

Рівень забруднення довкілля суттєво залежить від типу ТЗ та виду палива, який він використовує. Наприклад, електротранспорт (тролейбуси і трамваї, метро та приміські поїзди) має менший ступінь впливу на навколишнє середовище, ніж легкові чи вантажні автомобілі, проте він є джерелом шумового та вібраційного забруднення міського середовища.

Слід також відзначити праці В.К. Долі, В.П. Поліщука, Г.С. Прокудіна, Е.О. Бакулич, В.О. Хрутьби, Д.В. Гулевець, В.М. Гавриленко, О.В. Кохан, Я.І. Мовчан та О.І. Голіцина з питань розробки системного рішення щодо забезпечення ефективності організації дорожнього руху та необхідності врахування мінімізації рівня його впливу на екологічне середовище [50÷69].

Основні типи впливу транспортних процесів на природні та штучні екосистеми досліджуваного середовища відображені на рис. 1.17.

Реалізація транспортних процесів у міському середовищі призводить до антропогенного навантаження на складові екосистеми за рахунок:

- посилення експлуатації природних ресурсів;
- забруднення повітряного басейну, водних об'єктів та ґрунту;
- високого рівня шуму, вібрації та електромагнітного випромінювання;
- травматизму і загибелі людей та тварин у транспортних аваріях;
- деградації і знищення рослин внаслідок втрати умов їх проростання;
- вилучення, забруднення і руйнування рослинного покриву земель для транспортних об'єктів.

Аналіз наукового досвіду вирішення означеної проблеми східноєвропейськими вченими (О.Н. Голіцин: Промислова екологія та моніторинг забруднення природного середовища (2010) [69]; Е.А. Сафронов: Транспортні системи міст і регіонів (2007) [70]; Ю.Ф. Гутаревич, А.Г. Говорун, Д.В. Зеркалов, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвська: Екологія та автомобільний транспорт (2008) [71]; А. Е. Кондратьєв: Роль екологічно чистого транспорту у

підтримці сталого розвитку міст (2012) [72]; О.В. Бойко: Сталий розвиток транспортної системи України (2013) [73], Г.Я. Мозолевич: Розробка методу оцінювання сталого розвитку транспортної системи міста [74]) та західноєвропейських наукових праць (Р. Вукан Вучик: Транспорт в містах, зручних для життя (2011) [75]; В. Allenby and D. Richards: The Greening of Industrial Ecosystems (1994) [76]; R. Ayres and L. Ayres, : Industrial Ecology (2002) [77]; Ю.Н. Ризаева: Теоретично-прикладні методи організації ефективного та екологічного поліпшеного автотранспортного руху (2014) [78] і практичних розробок, у яких брав участь автор [41, 42]), дозволив сформулювати шість фундаментальних принципів, що відображають ступінь впливу транспортних потоків на зовнішнє середовище ВДМ промислових зон.



Рисунок 1.17 – Основні типи впливу транспортних потоків на зовнішнє середовище (природні та штучні екосистеми) ВДМ промислових зон

Принцип 1. Транспортні системи та їх складові мають значний антропогенний вплив на зовнішнє середовище ВДМ – географічний простір промислових зон міст. Ступінь цього впливу включає:

- зміни від локального до глобального рівня;
- суттєвий вплив як на навколишнє природне середовище, так і на здоров'я населення промислових зон;
- руйнування пам'яток культури, які мають історичну цінність через вплив на культурні центри середовища ВДМ промислових зон.

Принцип 2. Транспортні потоки характеризуються споживанням значного обсягу енергетичних і матеріальних ресурсів. Наприклад, у багатьох індустріальних країнах понад 30% від загального споживання енергії пов'язане з транспортом. Високе споживання енергії є не тільки проблемою глобального характеру, а й впливає на споживання ресурсів життєзабезпечення промислових зон (експлуатація, виробництво і постачання).

Принцип 3. Транспортна діяльність є важливим джерелом впливу на здоров'я населення за рахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу (повітряна оболонка Землі), гідросферу (водна оболонка Землі) і літосферу (зовнішня тверда оболонка Землі). Основними викидами є діоксид вуглецю (CO_2), оксиди азоту (NO_x), легкі органічні сполуки (ЛОС), окис вуглецю (CO), діоксид сірки (SO_2) та багато ін. Викиди шкідливих речовин формують тропосферний озон, який руйнує хлоропласти, інгібує фотосинтез, змінює активність ферментів, уповільнює розвиток рослин та рослинний покрив як складову зелених зон міст, що призводить до деградації біологічного різноманіття. Шумове забруднення вулично-дорожнього середовища промислових зон є типовою характеристикою емісії в повітрі.

Принцип 4. Урбанізація промислових зон міст обумовлена інтенсифікацією використання просторових ресурсів елементів дрібно-вузлової ВДМ, що призводить до деградації біологічного різноманіття та природних і земельних ресурсів, наприклад, до погіршення культурних ландшафтів і

аграрних виробництв, які мають величезне значення для забезпечення достатнього рівня життєдіяльності населення промислових зон міст.

Принцип 5. Викиди забруднюючих речовин від роботи ТЗ є важливим джерелом погіршення фізичного стану культурних пам'яток і цінних архітектурних форм існуючої архітектури ВДМ. Слід відмітити і транспортно-земельну завантаженість, яка складає $30 \div 40\%$ від загальної площі міського середовища.

Принцип 6. Аналіз екологічного балансу використання потенціалу середовища ВДМ відображає очевидний зв'язок розміру "екологічного сліду" від транспортних потоків і складових їх кластерів, від архітектури транспортної сітки. Забезпечення якості обслуговування транспортних потоків та збільшення обсягів антропогенного навантаження викликає гальмування регенераційних можливостей природної системи. За таких умов процес контролю екологічного балансу діяльності вулично-дорожнього середовища ТС міст визначає не стільки якість життя населення, що проживає нині на території промислових зон, скільки якість життя прийдешніх поколінь.

Отже, основним завданням ТС у промислових зонах стає забезпечення безпечних природно-технічних систем. Портрет проблеми можна представити у вигляді діаграми, що побудована за основними принципами Ішікави: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі (1Т) – стабільність транспортних потоків (2Т) – екологічна безпека транспортних потоків (3Т)». І варто присвоїти умовну назву самої проблеми **три Т - «3Т»** (рис. 1.18).

Таким чином, транспортні потоки у СВДМПЗ міст призводять до: посилення споживання природних ресурсів; забруднення повітряного басейну, водних об'єктів та ґрунту; високого рівня шуму, вібрації та електромагнітного випромінювання; травматизму і загибелі людей та тварин у транспортних аваріях; деградації і знищення рослин внаслідок втрати умов їх проростання; вилучення, забруднення і руйнування рослинного покриву земель для транспортних об'єктів. Розглянемо існуючі методи забезпечення екологічної безпеки від впливу транспортних потоків на довкілля.

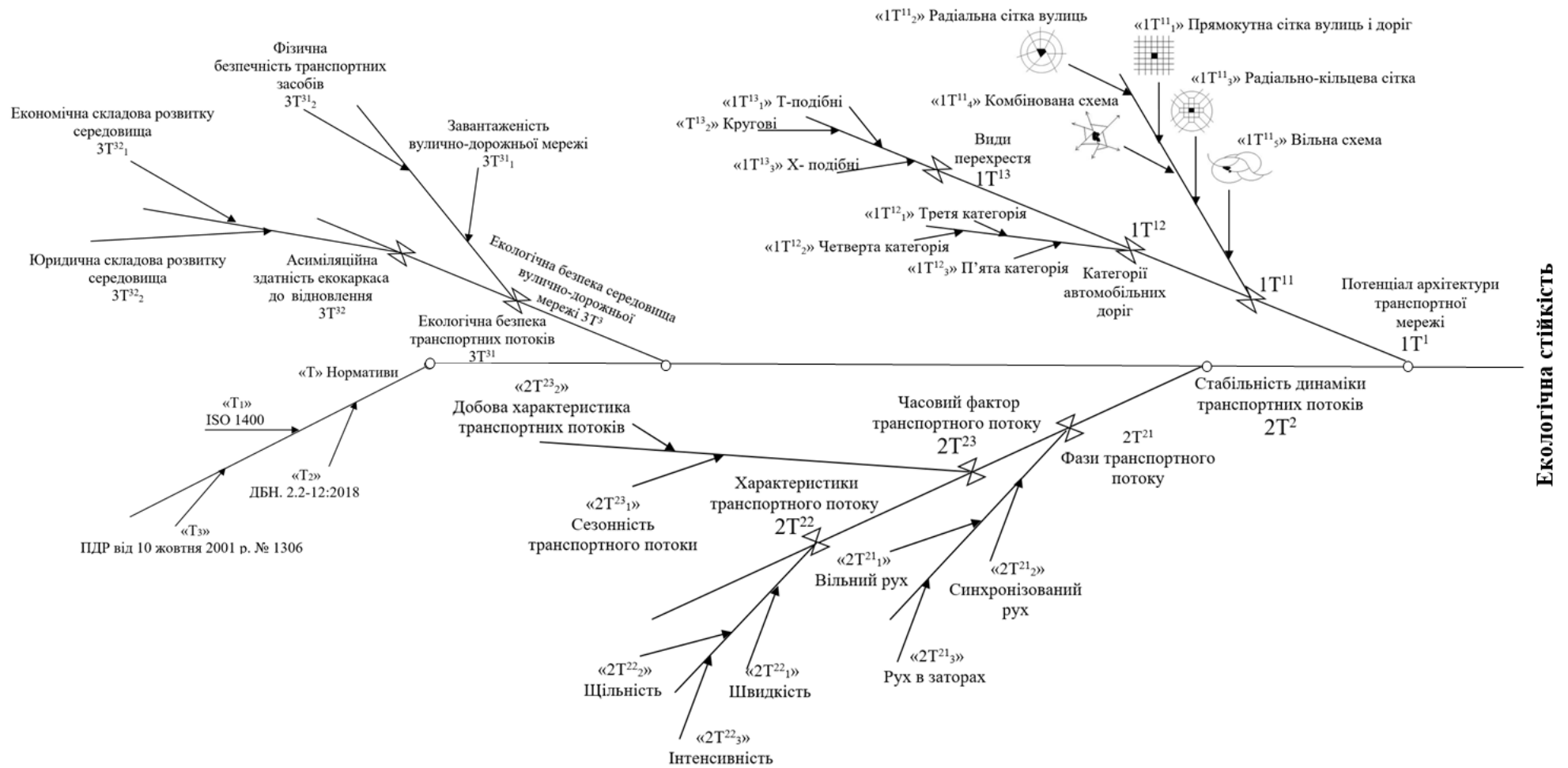


Рисунок 1.18 – Діаграма «Ішікави» складових проблеми (система 3Т): «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі (1Т) – стабільність транспортних потоків (2Т) – екологічна безпека транспортних потоків (3Т)»

1.3 Аналіз методів забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків в умовах СВДМПЗ

Одним із критеріїв екологічної безпеки складних техніко-соціальних систем є показник – стійкість. Аналіз більшості літературних джерел показує, що однозначного перекладу українською мовою терміну "sustainable" не існує. В загальному контексті термін означає "здатний підтримувати своє власне існування" і перекладається відповідно за загальноприйнятим терміном "стійкий", "рівноважний" або "збалансований", при цьому передбачається здатність системи або її елементів зберігати свої функції, змінюючись у часі в певних, визначених здатністю до функціонування системи, межах.

Базисне визначення поняття "стійкий розвиток" [79] наведено в доповіді Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів "Світова стратегія охорони навколишнього середовища" (1980), в якій відзначено: "Розвиток неможливо забезпечити без збереження навколишнього середовища". Концепт сталого розвитку формувався суспільством поступово. Більше того, є всі підстави охарактеризувати його як нову соціально-економічну парадигму. Термін сталий розвиток, як добре відомо, введений у широкий вжиток Міжнародною комісією з навколишнього середовища і розвитку (Комісія Брунтланд) у 1987 р. Під сталим розуміють такий розвиток, який задовольняє потреби нинішнього часу, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти власні потреби [80].

В літературі поняття "стійкий транспорт (зелений транспорт)" [81, 82, 83, 84] означає таку форму організації транспортної діяльності, яка дозволяє знизити рівень впливу транспортних процесів на стан навколишнього природного середовища, насамперед ВДМ промислових зон урбанізованих територій міст. Базові принципи потокової стійкості в ТС широко визначають як принципи Вардропа, які раніше були сформульовані Ф. Найтом [85] і А. Пігу [86]. Автори стверджують, що всі учасники руху, які прямують із деякого вузла мережі в

інший, розподіляються за різними маршрутами таким чином, щоб питома (у розрахунку на один автомобіль) вартість поїздки була одна і та ж для всіх.

Дослідження наукових основ у сфері забезпечення стійкості ТС у вулично-дорожньому середовищі промислових зон дозволив згрупувати три базисних категорії.

Перша категорія фокусується на концептуальному і теоретичному визначенні поняття стійкості просторових структур та об'єктів, що забезпечують її життєдіяльність та функціональність. Так, Girardet в 1999 році дав коротке визначення стійкості: "Стійка структура з певними географічними межами має бути організована так, щоб дати можливість усім об'єктам, які забезпечують її життєдіяльність, задовольняти свої потреби і підвищувати свій добробут із мінімальним ступенем впливу на навколишню природу в даний час або в майбутньому" [87, 88]. Mitlin і Satterthwaite (1996) стверджували, що «метою сталого розвитку є постійний конфлікт між задоволенням потреб складних біологічних, технологічних і технічних систем у географічних межах деякої просторової структури з певним рівнем використання ресурсів і виробництва відходів [87]. Ця мета повинна задовольняти економічні, соціальні і культурні потреби нинішнього покоління без нанесення шкоди майбутнім поколінням задовольнити свої потреби» [89].

Деякі вчені намагалися запропонувати механізми або моделі сталого розвитку просторових утворень та їх складових систем. Для прикладу, Haughton (1997) запропонував ряд моделей сталого розвитку географічних площ та їх складових. Базовою моделлю в цій групі є модель забезпечення "справедливого балансу" [90÷93]. Finco і Nijkamp (2001) запропонували топологічний підхід, заснований на трьох "характерних кутах", а саме: виділення сильних і слабких позицій у стійкості досліджуваного територіального об'єднання [94, 95].

В. М. Колмакова (2018) визначає, що у світовому господарському процесі сьогодні чітко простежується необхідність оперування не тільки окремими територіальними площами, а в їх межах і конкретними матеріально-фінансовими потоками.

Тобто у цьому сенсі домінуючим в управлінні стає оперування матеріально-фінансовими потоками та екологічними ресурсами, що визначають перспективи розвитку різних просторових утворень [96].

Друга категорія включає дослідження механізмів, які забезпечують досягнення стійкості територій і об'єктів в їх структурі. Часто вони пов'язані з секторальними підходами у вигляді технічних аспектів (міське планування, розробка транспортної політики, енергоефективність у виробництві, програм розвитку поновлюваних джерел енергії тощо), екологічних або соціальних аспектів (Beatley, 2000; Satterthwaite, 1999) [97,98]. Аспекти можуть бути засновані на "досвіді моделювання імітації" (Саха, 2009) [76,78,79]. Наприклад, Beatley (2000) вивчає прогрес і політику 25-ти "найбільш інноваційних міст" в 11-ти європейських країнах. Romaya і Rakodi (2002) аналізували дослідження відокремлених рішень за географічними векторами "Південь" - "Північ" тощо, передбачаючи при цьому "унікальність" територіальних структур у таких аспектах, як екологічні, соціальні, економічні та політичні [99].

Гіпотеза "стану стійкості" в інших наукових роботах зосереджена на принципах біорегіоналізму (Riddlestone, 2002) і кругового територіального метаболізму (Girardet, 1999), які вирішують проблему нестійкості траєкторії розвитку територій і її складових [100].

Третя категорія включає оцінку стійкості, яка розглядає як теоретичні, так і практичні дослідження описаної проблеми.

Оцінку екологічної стійкості просторових утворень, країн, територій, громад проводять відповідно до індексу екологічної стійкості (EPI), який визначався для будь-якої країни за 76-ма показниками. Цей індекс був запропоновано Центром екологічної політики та права Єльського університету спільно з Колумбійським університетом і Всесвітнім економічним форумом (2000). Пізніше було запропоновано індекс екологічної ефективності. Порівняння проводилося за 16-ма показниками з шести категорій політики, об'єднаних у дві групи: зниження навантаження навколишнього середовища на

здоров'я людини; забезпечення життєздатності екосистем і розумного використання природних ресурсів [91-93].

У роботах Satterthwaite (1997) [94,95] запропоновано та теоретично обґрунтовано 5 критеріїв оцінки екологічної стійкості, які охоплюють оцінку охорони здоров'я на місцевому рівні, критерії екологічної небезпеки і якості споживання природних ресурсів. Newman (2006) [94÷100] запропонував оцінку стійкості на базі "набору 8 критеріїв". Portney (2003) розробив набір 34-х кількісних показників вимірювання зобов'язання або "серйозності" розвитку для 24-х просторових утворень США як стійких складних систем [101÷107].

В окремих дослідженнях наводять результати оцінки екологічної стійкості просторових утворень, регіонів, територіальних структур або природних об'єктів. Наприклад, Н.М. Погорецька [70] розглядає екологічну стійкість як здатність ґрунту протистояти змінам під дією різноманітних зовнішніх факторів. Авторка вважає, що екологічно стійкі ґрунти можуть зберігати свої природні властивості за рахунок внутрішнього потенціалу, зумовленого певними генетичними ознаками, і попереджувати погіршення стану інших природних компонентів. Оцінювання екологічної стабільності територіальної структури Миколаївської області та стійкості земельних угідь до антропогенного навантаження проведено О.А. Літвак [72].

Такий різноманітний підхід визначення стійкості дозволив розробити новий підхід у вирішенні означеної проблеми з обов'язковим урахуванням "екологічного сліду".

Проведений аналіз дозволив запропонувати визначення поняття *"екологічної стійкості транспортних потоків в умовах середовища вулично-дорожньої мережі"*.

Визначення 3. Екологічна стійкість (безпечність) транспортних потоків в умовах середовища вулично-дорожньої мережі – це стан елементів ВДМ, що у своїй сукупності формують архітектуру ЕК, який задовольняє сучасні потреби людини в надаваних транспортних послугах, при цьому не позбавляючи майбутні покоління можливості задовольняти їхні потреби в

перевезеннях будь-яким видом транспорту за умови, що всі учасники руху розподіляються по різних маршрутах таким чином, щоб питома (у розрахунку на один автомобіль) вартість поїздки була однакова для всіх [108,109].

Отже, категорії оцінки екологічної стійкості (безпеки) транспортних потоків середовища ВДМ промислових зон передовсім фокусується на концептуальному і теоретичному визначенні поняття стійкості просторових структур та динамічних об'єктів, що забезпечують життєдіяльність та функціональність промислових зон. Друга категорія включає дослідження механізмів, які забезпечують досягнення стійкості територій і динамічних об'єктів у їх структурі. Третя категорія включає кількісні та якісні критерії оцінки стійкості. Визначені категорії дозволили сформулювати поняття екологічної стійкості середовища ВДМ промислових зон як здатність задовольняти сучасні потреби людини в транспортних послугах, не позбавляючи при цьому майбутні покоління можливості задовольняти їхні потреби в перевезеннях будь-яким видом транспорту. Розглянемо існуючі моделі транспортного потоку як механізму управління стійкістю системи вулично-дорожнього середовища промислових зон.

1.4 Фундаментальні основи механізмів моделювання транспортного потоку як складової СВДМПЗ

Характеристика наукових основ моделювання транспортного потоку як механізму управління рівноважним станом транспортного сектора у вулично-дорожньому середовищі промислових зон приведено на рис. 1.19.

На основі системного підходу до вирішення проблеми формуються парадигми транспортних потоків, визначається часовий простір етапів розвитку транспортних процесів.

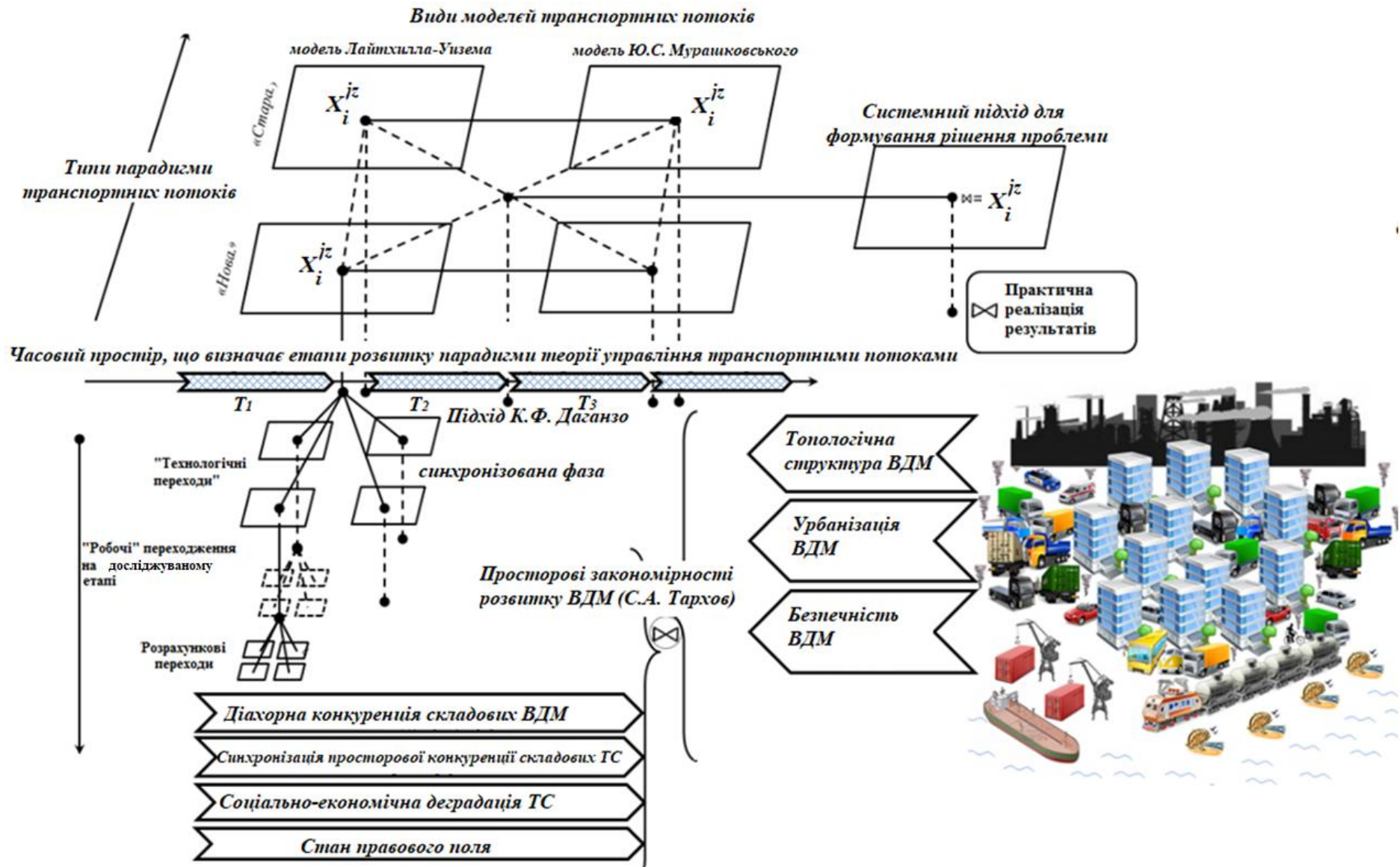


Рисунок 1.19 – Наукові основи моделювання транспортного потоку як механізму управління рівноважним станом транспортної системи в зовнішньому середовищі ВДМ промислових зон

Різні класи моделей управління транспортним потоком є механізмом управління стійкістю вулично-дорожнього середовища промислових зон. Базисом даних моделей є критерії безпечної дистанції та оптимальної швидкості.

Розглянемо основні класи цих моделей.

Моделі, засновані на критерії безпечної дистанції. Описують динаміку руху одиночного ТЗ у відповідності з рухом його попередника. У моделі, яка запропонована у [104, 105], під безпечною дистанцією розуміють дистанцію, що дорівнює довжині ТЗ, помноженою на відношення швидкості ТЗ до швидкості 16 км/год.

Аналогічне припущення було зроблено в праці [106]. Незважаючи на уявну простоту, обидві теорії добре узгоджуються з експериментальними даними [107]. В праці [108] зроблено припущення, що на управління стійкістю транспорту впливає три складові: час, який необхідний водієві для усвідомлення зміни дорожньої обстановки, час прийняття рішення, час реакції водія ТЗ.

Моделі, засновані на критерії оптимальної швидкості. Суттєвою відмінністю цього типу моделей є поняття оптимальної швидкості ТЗ, яка залежить від дистанції між двома ТЗ [108, 109].

Передбачається, що учасник дорожнього руху прискорюється або сповільнюється в залежності від того, чи перевищив він оптимальну швидкість, чи рухається повільніше.

Окремим класом моделей для управління стійкістю СВДМПЗ є "**наслідувальні**" моделі (stimulus-response models), суть яких полягає в тому, що учасник дорожнього руху прагне наслідувати поведінку попереднього автомобіля. Іншими словами, "реакція" дорівнює добутку "чутливості" на "стимул". Зазвичай під реакцією мають на увазі процеси прискорення чи гальмування.

В **моделях, заснованих на розподілі транспортних засобів по магістралі**, під тимчасовою дистанцією розуміють часовий інтервал між

проходженням одного і того ж положення на магістралі (перетину) двома послідовними ТЗ. Зазвичай передбачається, що це однаково розподілена незалежна випадкова величина. Ці моделі є *мезоскопічними*, оскільки розглядають тимчасові дистанції між ТЗ і не простежують їх рух. До недоліків такого підходу слід віднести нехтування динамічними співвідношеннями і незалежність функції розподілу від типу ТЗ. Подібних недоліків позбавлена модель, запропонована в [109], яка враховує відмінності між окремими автомобілями і дозволяє проводити розрахунки також для багатосмугових магістралей.

Кластерні моделі відрізняються тим, що центральну роль у них відіграють групи ТЗ [108, 110]. Можна розглядати різні властивості групи, але зазвичай враховують кількість автомобілів у групі і швидкість групи. Відмінностями швидкостей і дистанцій між автомобілями в групі зазвичай нехтують, вважаючи групу однорідною.

Ускладнена газокінетична модель Пареві-Фонтана. Ставилося під сумнів припущення про випадковий характер руху автомобілів, внаслідок чого взаємодією між двома сусідніми автомобілями нехтували [104, 105]. Запропоновано розглянути автомобіль, який наздоганяє групу автомобілів, що рухаються з меншою швидкістю. У цьому випадку можливі два варіанти розвитку подій:

- автомобіль, що наздоганяє групу, обганяє її так, ніби вона є одиничним ТЗ;
- автомобіль послідовно обганяє кожен автомобіль у групі.

Модель Пригожина розглядається, як випадок моделі Пареві-Фонтана за умови, що реальний обгін є комбінацією обох попередніх варіантів. У моделі на показник підстроювання до очікуваної швидкості суттєво впливає кількість автомобілів за умови припущення, що поведінка водія не залежить від цього параметра [106].

Основним припущенням моделі *Лайтхілла і Уїзема* [107] є залежності швидкості транспортного потоку від його щільності. Загальний розв'язок

рівняння може бути отриманий шляхом розгляду характеристичних кривих. У праці [104, 105] **Річардс** досліджує рух автотранспорту з тих же позицій, що і Лайтхілл та Уїзем, доповнивши рівняння нерозривності емпіричним співвідношенням між швидкістю і щільністю транспортного потоку.

Рух за розкладом. Частиною загальної проблеми руху транспорту у великому місті є організація руху громадського транспорту – автобусів, тролейбусів, трамваїв та поїздів метрополітену. Особливістю цього завдання є наявність на заданому маршруті фіксованих зупинок. Рух визначається розкладом, заборонаю обгонів і взаємодією під час руху та на зупинках із поведінкою пасажирів (Регієра [109], Nagatani [109], Hill [105]).

У роботах **Регієра** [109] подано опис руху автобусів і пасажирів на довільному маршруті. Взаємодія автобусів і пасажирів зводиться до залежності часу стоянки і заповнювання ТЗ пасажирами. З іншого боку, кількість пасажирів залежить від дотримання інтервалу руху ТЗ. Автор дає опис кінематики автобусів і пасажирів, що дозволяє здійснювати обчислювальні експерименти.

Модель Грінберга. Свій подальший розвиток газодинамічна аналогія отримала в праці [105]. Грінберг наголошує на необхідності розвитку альтернативних методів вивчення транспортних потоків. Застосування моделі обмежується параметрами, де щільність не досягає свого мінімального значення. Вивчення динаміки транспортного потоку за допомогою рівняння руху представлено в роботах [103, 109].

У **моделі Пейна** описано процес, під час якого водій намагається швидкість ТЗ привести у відповідність до оптимальної, яка залежить від швидкості попереднього транспортного потоку. Оптимальна швидкість є балансом між значенням максимально дозволеної швидкості руху, до якої прагне швидкість автомобіля у вільному потоці, і зниженням швидкості, обумовленої дорожніми умовами. Результати аналізу існуючих моделей дозволило сформулювати їх порівняльні характеристики (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 - Порівняльна характеристика базових моделей транспортного потоку з визначенням їх переваг та недоліків

Найменування моделі транспортного потоку		Науковці	Математична запис базової моделі	Достоїнства	Загальні недоліки
1		2	3	4	5
Мікроскопічна модель транспортного потоку (газокінетична модель)	Детермінована	В.П. Поліщук В.Д. Данчук Г.С. Прокудін В.К. Губенко В.К. Доля Ю.О. Давидич	Алгоритм покрокового підвищення ефективності ТС	1. Має наочний зв'язок між параметрами (режимом роботи) ТЗ та параметрами транспортного потоку. 2. Можна враховувати вплив параметрів ТЗ на транспортний потік в цілому	1. Як правило, модель виходить громіздкою. 2. Потрібні дуже великі обчислювальні ресурси
	Стохастична	А. Дрю В.П. Поліщук Г.С. Прокудін В.К. Губенко В.К. Доля Ю.О. Давидич	$\sigma_v^2 = \alpha(\rho)[V_e(\rho)]^2$	1. Простота моделі. 2. Потребує «стандартні» обчислювальні ресурси	За простотою і «стандартністю» моделі втрачається фізичний зв'язок між параметрами моделі

Продовження таблиці 1.5

1		2	3	4	5
Макроскопічна модель транспортного потoku		С. Трайбер В.П. Поліщук Г.С. Прокудін В.К. Губенко	Intelligent Driver Model $\dot{v}_n(t) = a_n \left(1 - \left(\frac{v_n}{V_n^0} \right)^\delta - \left(\frac{s_n^*(v_n, \Delta v_n)}{s_n} \right)^2 \right)$		
		І.П.Лубашев- ский	$\frac{da}{dt} = -\frac{1}{\tau_a} \left(a - a_{opt}(h, v, V) \right) + \eta \xi(t)$		
	Стохастична	І.Лайтхилл Уизем Ричардс	$v(x, t) = v_e(\rho(x, t))$ $Q(x, t) = Q_e(\rho(x, t)).$	1. Простота моделі 2. Потребує малі «стандартні» обчислювальні ресурси	Не враховуються параметри і режими роботи елемента потоку при розрахунку транспортного потoku
		К. Танака	$\rho(v) = \frac{1}{d(v)},$		
		Кернер- Кленов- Вольф- Нагель	Алгоритм виконання операцій ТЗ		
		С. Пейн	$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{1}{\tau} \left(v - \left(V(\rho) - \frac{D(\rho)}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) \right).$		
		Кернер- Конхойзер	$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{\tau} (V(\rho) - v) - \frac{\theta_0}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}.$		

Таким чином, представлені моделі використовують для опису динаміки автотранспортного потоку системою рівнянь у часткових похідних щодо швидкості та щільності потоку. Перевагами такого підходу є обмежене число рівнянь, які можна вирішити аналітичними або чисельними методами, та відносно невелика кількість змінних, які використовуються для опису потоку.

Суттєвим недоліком їх є відсутність врахування потенціалу архітектурних складових транспортних мереж (лінійні та вузлові), які в свою чергу визначають швидкість руху, щільність потоку і його екологічну безпеку (асиміляційний потенціал) у вулично-дорожньому середовищі промислових зон.

Тому необхідна розробка механізму, яка б враховувала динамічні характеристики автотранспортного потоку.

1.5 Постановка завдання та його формалізація

З наведеного вище огляду можна зробити такі висновки:

- активізація та постійне зростання обсягу транспортних послуг викликали потребу розвитку транспортної інфраструктури промислових районів та визначили гостру необхідність підвищення їх функціональності, безпеки і якості. Зростання автомобілізації супроводжується такими проблемами, як зростання кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП); збільшення токсичних викидів; шумове забруднення; зниження швидкості руху; наявність заторів у години «пік»; великі втрати часу для учасників руху; перевищення пробігу, висока витрата пального; збільшення сумарних експлуатаційних витрат на автомобільні перевезення тощо. Зазначені недоліки перш за все виявляються в місцях концентрації так званих транзитних транспортних потоків на ділянках ВДМ промислових зон, що функціонують у режимі перевищення своєї пропускної здатності.

- в середовищі промислових зон сформована несприятлива екологічна ситуація. Разом з тим у багатьох випадках критерієм ефективності ТС є одержання максимального прибутку, розширення масштабів бізнесу, а не його

збалансованість і підтримка розвитку вулично-дорожнього середовища промислової зони на основі пріоритетів ресурсозбереження, екологічної та техногенної безпеки.

– проведений аналіз наукових основ моделювання транспортного потоку як механізму управління екологічною безпекою дозволив визначити базові принципи впливу транспортних потоків на екосистему середовища ВДМ промислових зон. Система факторної безпеки транспортних потоків представлена діаграмою «Ішікави» (рис. 1.18) та розробленою матрицею вихідних даних для вирішення поставленої в роботі проблеми (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Матриця вихідних даних для вирішення проблеми забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків в умовах середовища ВДМ промислових зон

Ранг складової проблеми	Тип факторних груп							
	1T ¹			2T ²			3T ³	
	Фактори першого порядку							
	1T ¹¹	1T ¹²	1T ¹³	2T ²¹	2T ²²	2T ²³	3T ³¹	3T ³²
	Фактори другого порядку							
	1T ¹¹ ₁ ÷ 1T ¹¹ ₅	1T ¹² ₁ ÷ 1T ¹² ₃	1T ¹³ ₁ ÷ 1T ¹³ ₃	2T ²¹ ₁ ÷ 2T ²¹ ₃	2T ²² ₁ ÷ 2T ²² ₃	2T ²³ ₁ ÷ 2T ²³ ₂	3T ³¹ ₁ ÷ 3T ³¹ ₂	3T ³² ₁ ÷ 3T ³² ₂
	$P_{11} = \sum_{i=1}^i P_{11i}$			$P_{21} = \sum_{i=1}^i P_{21i}$			$P_{31} = \sum_{i=1}^i P_{31i}$	

Отже, виникнення проблеми низької екологічної безпеки транспортних потоків у середовищі ВДМ промислової зони викликано високою динамікою кластерів, які формують транспортний потік, що, в свою чергу, зумовлено низьким потенціалом архітектури самої мережі та низьким рівнем асиміляційного потенціалу досліджуваного середовища. Це спонукає до пошуку ефективних методів вирішення цієї актуальної проблеми, що дозволить

формувати в просторово-часовій структурі статичного каркаса вулично-дорожнього середовища таких маршрутних ліній, які забезпечать ефективну діяльність ТС з мінімальним антропогенним впливом на довкілля.

Гіпотеза дослідження полягає у припущенні того, що забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків є складним процесом, який залежить не тільки від техногенного впливу транспортних одиниць на довкілля, що, в свою чергу, залежить від багатьох факторів, а саме – сезонності, часу, простору, але і від процесу урбанізації ЕК архітектури екологічного каркаса вулично-дорожньої мережі в умовах існуючого асиміляційного потенціалу СВДМПЗ.

Для формалізації завдання забезпечення ефективного управління рівнем екологічної безпеки транспортних потоків СВДМПЗ, використані результати досліджень взаємовпливу його структурних елементів (див. п.п. 1.1.1 та 1.1.2.), які характеризуються деструктивним впливом різноманітної «природи».

Декомпозиція процесу управління, що моделюється, дозволила визначити основні елементи завдання:

– **об'єкт, що підпадає під вплив деструктивних змін**, – транспортний потік середовища ВДМ промислових зон, який представлено у вигляді складової системи $3T$ та який характеризується різноманітністю видів транспортних кластерів (вантажний, пасажирський, змішаний та інші види).

Порушення функціональності системи $3T$ пов'язано з постійним конфліктом мети її складових, низьким потенціалом асиміляційної здатності середовища та потенціалом ЕК;

– **керуючий вплив** – вплив, який направлено на попередження деструктивних змін та усунення їх наслідків;

– **зовнішнє регулювання** – вплив сил, зовнішніх стосовно складної досліджувальної системи, яка визначає можливості управління (законодавчі, економічні, організаційні та інші обмеження).

В складі об'єкта, що підпадає під вплив деструктивних змін, можна виділити функціональні складові елементи, які безпосередньо виконують

основні його функції, а також складові, які призначені для захисту від несприятливого впливу зовнішнього середовища.

Складовим першого типу дамо умовну назву підсистеми, що потребує захисту, підсистеми другого типу – ті, що захищають.

Підсистема, що захищає, об'єднує механізми підтримки та відновлення екологічної безпеки транспортних потоків.

Механізми підтримки безпеки сформовані заздалегідь, постійно діючі та ті, що впроваджуються в умовах необхідності без суттєвих змін і для протидії деструктивному впливу.

Механізми відновлення безпеки відсутні при нормальному функціонуванні досліджуваної системи, та створюються в разі виникнення деструктивного процесу.

Наведемо умовні позначення для подальшої **формалізації завдання** (рис. 1.18):

$D(t)$ – це стан системи $3T$, при якому більшому значенню екологічної безпеки відповідає максимальна її безпека;

$I(t)$ – показники, що характеризують стан підсистеми, яка потребує захисту $-2T^2$;

$u(t)$ – показники, що характеризують елементи захисної підсистеми, які спрямовані на попередження деструктивних змін $1T^{11}$;

$a(t)$ – показники, що характеризують елементи захисної підсистеми $3T^{32}$, які спрямовані на усунення наслідків деструктивних змін;

$e(t)$ – ефект від керуючого впливу;

$EN(t)$ – показники, що характеризують зовнішнє регулювання $3T^3_2$;

$W(t)$ – інтенсивність деструктивних впливів $2T^{23}$;

$z(t)$ – керуючий вплив (розроблений комплекс сітілогістичних рішень) та існуючі нормативи «Т»;

$\Theta, \Omega, \Xi, \Psi$ – функції, що визначають зміну стану керованої і керуючої підсистем СВДМПЗ, а також ефективність управління;

t – час;

n – кількість періодів спостереження.

$$D(t_i) = \Theta(I(t_i); u(t_i); a(t_i); EN(t_i)), i = 1 \dots n, \quad (1.4)$$

$$I(t_i) = \Omega(I(t_{i-1}); e(t_{i-1}); W(t_{i-1})), i = 2 \dots n, \quad (1.5)$$

$$u(t_i) = \Psi(u(t_{i-1}); e(t_{i-1}); W(t_{i-1})), i = 2 \dots n, \quad (1.6)$$

$$a(t_i) = \Psi(a(t_{i-1}); e(t_{i-1}); W(t_{i-1})), i = 2 \dots n, \quad (1.7)$$

$$e(t_i) = \Xi(z(t_{i-1}); D(t_{i-1})), i = 1 \dots n, \quad (1.8)$$

Система відновлення безпеки елементів, які діють на окремий j -й рівень системи $3T$, містить також механізми, що впливають на всю керовану підсистему, тому кількість елементів цієї множини на один більше числа ієрархічних рівнів системи $3T$.

Рівень безпеки системи $3T$ визначимо, як:

$$\varphi(t, D(t)) = \int_0^t D(\xi) d\xi, \quad (1.9)$$

Таким чином, вихідна задача зводиться до знаходження для заданого часового періоду безлічі керуючих впливів $z(t)$ такого, що:

$$\forall t: \varphi(t, D(t)) \xrightarrow[Z(t)]{} \max. \quad (1.10)$$

Співвідношення 1.1 і 1.7 є формалізованим записом математичної моделі, яка є базисом для розробки механізмів підтримки прийняття рішень, спрямованих на забезпечення безпеки для складових системи $3T$, до деструктивних впливів зовнішнього середовища.

Розроблений теоретичний базис полягає в управлінні оцінкою рівня взаємовпливу декількох обмежень, які визначають екологічну безпеку транспортних потоків у середовищі ВДМ (щільність транспортного кластера, потенціал транспортної мережі та асиміляційний потенціал екологічного каркаса), що забезпечить та у багато разів перевищить можливість досягнення поставленої мети від спроб розсіяного впливу на всі або безліч цих же обмежень в досліджувальному середовищі.

Теоретичний базис включає набір логічних інструментів і логістичних рішень, що дозволяють знаходити обмеження, виявляти управлінські протиріччя, розробляти і впроваджувати рішення для управління екологічною безпекою транспортних кластерів у середовищі ВДМ промислових зон.

1.6 Висновки до розділу 1

1. Аналіз 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. Цій системі умовно присвоєна назва 3Т.

2. Математичне моделювання поведінки транспортного потоку дозволило:

– визначити неоднозначність поведінки-залежності інтенсивності від щільності транспортного потоку, таким чином одному і тому ж значенню інтенсивності можлива відповідність різної характеристики щільності. Ця неоднозначність пояснюється тим, що одному значенню інтенсивності може

відповідати як більша його щільність при невеликій швидкості, так і навпаки – мала щільність при великій швидкості;

– виявити притаманну для транспортного потоку характеристику **окклюзивності** - рівню концентрації одиниць рухомого складу в досліджуваному транспортному кластері в умовах установлених обмежень ДБН простору вулично-дорожньої мережі.

– висунути робочу гіпотезу, яка полягає в припущенні того, що елементарна складова, а саме ТЗ, є не тільки забруднювачем природного середовища ЕК СВДМПЗ, але й споживачем природних ресурсів.

3. В умовах сучасної урбанізації СВДМПЗ виникає необхідність удосконалення та впровадження інноваційних механізмів керування екологічною безпекою транспортних потоків у системі ЗТ. Необхідність удосконалення обґрунтована потребою муніципальних і промислових підприємств до ресурсозбереження, зменшення рівня негативного впливу транспорту, всебічного поліпшення рівня життя соціуму, що в свою чергу спрямоване на реалізацію концепції сталого та екологічно безпечного розвитку промислових зон.

4. У рамках сформованих вимог та ресурсних обмежень у промислових зонах дієвим механізмом забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків у СВДМПЗ є формування та реалізація кортежу управління «Soft skills» транспортних потоків за системними принципами: адаптивність; гнучкість; самонавчання. При цьому враховуються притаманні для транспортних потоків СВДМПЗ такі властивості як: окклюзивність, висока динамічність, низька щільність, які у своїй сукупності впливають на структуру транспортних потоків. Структура транспортних потоків характеризується широким спектром видів ТЗ, які в процесі їх експлуатації можна охарактеризувати як об'єкти, що переходять від стану споживачів хімічних елементів зовнішнього середовища (кисень) до «виробників» забруднюючих речовин. Слід також підкреслити ступінь фазового впливу швидкості потоку автомобілів на завантаженість географічного простору ВДМ.

5. Існуючі підходи до управління екологічною безпекою транспортних потоків в умовах СВДМПЗ зорієнтовані на моделювання їх «поведінки» з урахуванням фундаментальних показників: щільність, інтенсивність, швидкість, що не дає можливість аналізу з позиції фізичної та економічної «природи» складових системи ЗТ. Все це не дозволяє досягти адаптивного управління екологічною безпекою транспортних потоків в умовах необхідності постійного формування якості та безпеки життя населення у промислових зонах.

6. Механізм управління екологічною безпекою транспортних потоків у СВДМПЗ є інноваційним, оскільки дозволяє вирішувати обрану проблему комплексно з урахуванням особливостей архітектури ЕК вулично-дорожньої мережі, природу поведінки транспортних потоків, а саме окклюзивність формуючих їх транспортних кластерів та економічну складову СВДМПЗ – асиміляційний потенціал системи ЗТ.

Матеріали розділу представлені в роботах [14], [26,27,28,29,30,37,38], [41,42,45,46], [108,109].

РОЗДІЛ 2

ЛОГІСТИЧНА КОНЦЕПЦІЯ І МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ ЗТ В СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ СЕРЕДОВИЩА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН

2.1 Теоретичні основи забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ

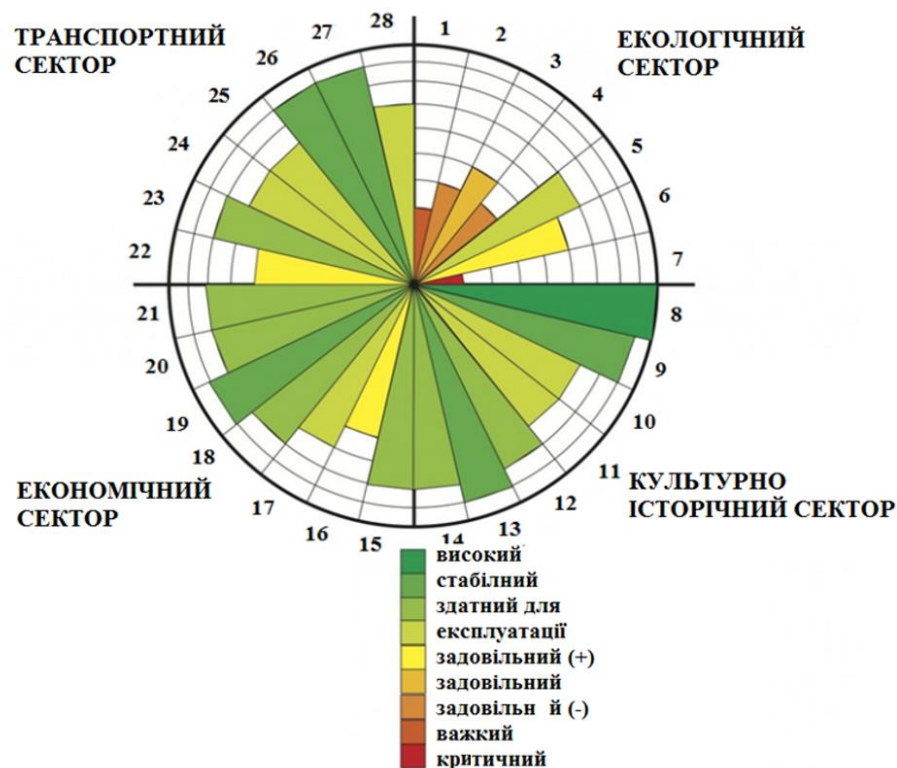
Пошук ефективних методів вирішення актуальної проблеми низької екологічної безпеки складових системи ЗТ потребує розробки теоретичних основ (методів, моделей, критеріїв та механізмів) та формування в просторово-часовому просторі ЕК СВДМПЗ такої її архітектурної форми, яка буде в змозі забезпечити ефективну діяльність системи ЗТ з мінімальним антропогенним впливом на довкілля. Термін «довкілля» введено в юридичну площину в Законі України від 28.11.2002 р. № 254-IV «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України» [110], а також термін «довкілля» увійшов до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [111].

Оцінка стану складових системи ЗТ передбачає облік не просторової, а функціональної розбивки секторів системи. Систематизація результатів аналізу досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців і практиків [70, 112] дала можливість здійснити загальну умовну оцінку функціональних складових системи ЗТ, які представлені на рис. 2.1. Базисом виявлення ступеня функційності складових системи ЗТ є механізм SWOT – аналіз або експертна оцінка (е. о.) [113].

Отримані результати SWOT – аналізу дозволяють виділити низку особливостей природи впливу транспортних потоків на складові системи ЗТ в середовищі промислових зон, які згруповані у базові аналітичні групи загроз і можливостей розвитку досліджуваного об'єкта із середньою експертною оцінкою (е. о.), а саме:

– група загрози: високе стратегічне планування діяльності і його розвиток (12,8 е. о.); істотна залежність фінансового стану від об'ємів замовлень декількох значущих споживачів (9,6 е. о.); слабка правова база, що регламентує екологічну безпеку діяльності об'єкта (6,6 е. о.); впровадження зарубіжних інноваційних рішень у діяльність об'єкту (11,8 е. о.); інтенсивне оновлення існуючих механізмів екологічного захисту (2,8 е. о.);

– група можливості: кадрові можливості створення потужної інформаційної бази і професійної команди менеджерів (14,6 е. о.); ефективне використання інформаційних технологій (5,6 е. о.); критично низький рівень впровадження функцій сітілогістики (5,6 е. о.); вдосконалення якості транспортних послуг (10 е. о.); створення спеціалізованого центру управління процесом забезпечення екологічної стійкості об'єкту (10 е. о.) [113].



- | | | | | |
|--------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| 1 – Паркові зони; | 2 – Заповідники; | 3 – Алеї; | 4– Оранжереї; | 5– Сади; |
| 6 – пляжні зони; | 7 – «Зелені» зони; | 8 – Музеї; | 9– Театри; | 10– Клуби; |
| 11 – Кафе; | 12 – Бібліотеки; | 13 – Історичні забудови; | 14– Турфірми; | 15– Біржи; |
| 16 – Банки; | 17 – Держуправління; | 18 – Муніципалітет; | 19 – Підприємства; | 20– Ринки; |
| 21– Бізнес-центри; | 22 – Мун.тр-т; | 23 – Вантажний транспорт; | 24 – Приват.тр-т; | 25– Пасаж. тр-т; |
| 26 – СТО; | 27– Спец. транспорт | 28 – Транспортний простір; | | |

Рисунок 2.1 – Функціональні складові системи ЗТ

Функціональність цих складових забезпечує архітектура вулично-дорожньої мережі ЕК. Схема багатофункціональності системи ЗТ наведена на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Схема багатофункціональності системи ЗТ СВДМПЗ (на прикладі міста Маріуполь)

Властивостями підсистеми забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ є їх цілісність і подільність. Це означає, що в цілісній системі ЗТ можна виділити об'єкти, які є невід'ємною частиною ЕК.

Цілісність системи ЗТ означає певну відокремленість її від інших, замкнених зовнішніх систем, які тісно пов'язані між собою і кожна є функціонально необхідною. Система ЗТ не може бути ефективною у разі усунення окремих фрагментів або їх частин, оскільки це погіршує її функціонування.

Показником, що характеризує цілісність і подільність системи ЗТ, пропонуємо використовувати ступінь належності об'єкта до складових системи забезпечення екологічної безпеки – U_s .

Якщо $U_s > 0$, то об'єкт належить підсистемі забезпечення екологічної безпеки; при $U_s < 0$ об'єкт не належить підсистемі; якщо $U_s = 0$ – положення об'єкта стосовно до підсистеми не визначено.

Емерджентністю системи 3Т є її здатність формувати нові властивості, яких не було в її підсистемах [114]. Тож система 3Т має дві групи властивостей: спадкові, які перейшли зі складових надсистеми та емерджентні (власні). Наприклад, середовище вулично-дорожньої мережі промислової зони - це базова підсистема, яка складається із 4 секторів (рис. 2.1), сформованих з 31-го функціонального об'єкта, що має окремі завдання, з яких 14 мають емерджентні ознаки (транспортний та екологічний сектори). Між об'єктами – забруднювачами (транспортними потоками) та СВДМПЗ можуть існувати суттєві міцні взаємозв'язки (w'_s) та наявна взаємодія об'єктів з іншими об'єктами СВДМПЗ (w''_s), які не включено в систему. Властивість має місце за умови, що $w'_s > w''_s$. Це означає, що технології зменшення забруднення довкілля треба, перш за все застосовувати до об'єктів, пов'язаних із забрудненням СВДМПЗ.

Системна властивість управління функціональністю ЕК СВДМПЗ забезпечує екологічну безпеку транспортних потоків і зниження ентропії – неорганізованості, невизначеності множини складових, об'єктів, контрольованих параметрів, безліч можливих рівноважних станів. Ентропія системи $H(S)$ менша за ентропію системоформуючих $H(F)$ факторів ($H(S) < H(F)$). У цьому випадку ентропія є показником інтегрованих властивостей системи 3Т.

Функціональність (цілеспрямованість) системи визначає мету (функцію) існування системи 3Т. Будь-яка система існує для виконання певних функцій: природні системи забезпечують існування життя на певній земній території або водному об'єкті, штучні системи створюють для задоволення конкретних людських потреб. Система 3Т відноситься до багатофункціональних систем, складові якої в залежності від умов можуть виконувати різні функції або кілька функцій одночасно. Система 3Т представлена у вигляді діаграми, побудованої за базовими принципами Ішікави: «потенціал архітектури вулично-дорожньої

мережі – стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків» (див. рис. 1.17): стійкість системи зумовлена рівнем взаємодії її складових із архітектурою та потенціалом ЕК, а поведінка визначається станом СВДМПЗ і станом всієї системи, а не тільки її окремої частини.

Проведений аналіз дозволив запропонувати визначення поняття *"екологічна безпека середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон"*.

Визначення 4. *Під екологічною безпекою СВДМПЗ* розуміємо такий стан середовища, в якому дотримується паритет між процесом забезпечення функціональності архітектури ЕК та процесу нейтралізації всіх видів негативного впливу транспортних потоків на довкілля при обов'язковому забезпеченні якісної реалізації життєвого циклу всіх суб'єктів промислових зон.

Екологічну безпеку транспортних потоків СВДМПЗ можна представити динамічним процесом обміну енергії та речовини, який можна оцінити сумою обсягів споживання ресурсів, викидів шкідливих речовин, енерговитрат на кожному етапі життєвого циклу транспортного процесу або процесів експлуатації та ремонту рухомого складу – його елементарної складової одиниці (див. п. 1.1.1 та 1.1.2). При цьому обов'язковою умовою є раціональне використання природно-ресурсного потенціалу в межах просторової площини. У цьому випадку час, який необхідний для переходу системи ЗТ або її підсистем із нестабільного стану, що викликаний антропогенними або природними причинами, в новий або попередній стабільний стан, називають **часом адаптації**.

Час адаптації залежить від стабільності стану формуючих систему ЗТ підсистем, її структури та спрямованості змін у зовнішньому природному середовищі.

Екологічна безпека складових системи ЗТ характеризується фазовими складовими такого показника, як «стійкість» – стабільна стійкість, нестабільна/дискретно-стабільна стійкість та динамічна стійкість [115-120].

1. *Стабільна стійкість* є станом, що характеризується наявністю умов для відновлення його попереднього стану, що змінений зовнішніми факторами, які

вплинули на стан транспортного каркаса та маршрути транспортних потоків, наприклад, природними катаклізмами.

2. *Нестабільна / дискретно-стабільна стійкість* є станом, в якому незначний зовнішній вплив на нього призводить до змін та досягнення нового стану її стійкості. Наприклад, вплив економічних циклів розвитку складових СВДМПЗ на функціональність архітектури його екологічного каркаса.

3. *Динамічна стійкість* це стан, в якому режим коливань транспортного потоку в статичній архітектурі ЕК СВДМПЗ постійно розвивається в часі і визначених межах умов функціонування складових системи ЗТ, причому величина цих коливань значно перевищує масштаби змін середнього стану як складових СВДМПЗ так і в цілому.

Охарактеризуємо основні проблеми, що негативно впливають на екологічну безпеку складових та СВДМПЗ в цілому, а саме:

- децентралізація системи ЗТ як результат урбанізації СВДМПЗ, що пов'язано з підвищенням щільності простору промислових зон і має фізичну складову. Ці зміни у містах можуть бути як загальними, так і мати одиничний характер [121-123]. За таких обставин послуги, які надаються системою ЗТ, мають обмежену просторово-географічну складову. Отже, урбанізація знижує ефективність системи в умовах СВДМПЗ;
- відсутність точок дотику та зон перетину між окремими транспортними послугами в промисловому районі: транзитні + внутрішні + зовнішні перевезення, що не дозволяє об'єднати їх в єдину мережу послуг [124,125];
- стаціонарні маршрути в умовах СВДМПЗ створюють проблеми, які важко вирішувати. Необхідна розробка концепції впровадження комутуючих моделей [124], які, як правило, враховують результати змін у землекористуванні і формування нових зон зайнятості.

Враховуючи існуючий теоретичний базис, що визначає умови стабільності системи ЗТ, для виконання поставлених у роботі завдань розглянемо функціональність ЕК в умовах високої динаміки транспортних потоків та їх впливу на екологічну безпеку промислових зон міст. Слід зазначити, що згідно з

існуючими теоріями [125-129], транспортні засоби як базовий елемент системи ЗТ відносять до другої групи джерел негативного впливу на екологічну стійкість.

Проблеми, які пов'язані з теоретичними дослідженнями механізмів впливу транспортних потоків на екологічну безпеку, розглядають у працях такі науковці, як В.Ф. Бабков, О.І. Жегалін, П.Д. Лупачев, А.Б. Дяков, Л. Л. Афанасьєв, І. Л. Варшавський, В. А. Звонов, В.Н. Луканін, Ю.В. Трофименко, Я.Е. Богайчук, Д. Сімпсон, В.В. Зирянов, В.Г. Кочерга, В.О. Хрутьба, Д. Е.Джонсон, А. Обермайер, Р. Фридрих, Ю.В. Медовщиков, А.О. Крузе, О.О. Крузе, С.П. Колесников, В.А. Корчагин, А.О.Саннік, С.Райс, Н. Айсфельдт, Х. Шварц та інші [130-137].

У деяких дослідженнях для оцінки ступеня впливу транспортних потоків на екологічну безпеку СВДМПЗ, їх представляють стаціонарними точками. Це дозволяє екстраполювати закономірності впливу пересувних і стаціонарних джерел на екологічну безпеку середовища. При цьому стаціонарними джерелами є лінійні елементи екологічного каркаса СВДМПЗ а вплив у вузлових точках розглядається як фоновий [138].

Існує наукова гіпотеза [137], згідно з якою "... джерело забруднення у вигляді окремого транспортного засобу в умовах вулично-дорожньої мережі окремої промислової зони рівномірно розподілене на певній площі, що визначається архітектурою ЕК СВДМПЗ (див. рис. 1.12-1.14)". У цій гіпотезі критеріями поділу середовища промислових зон є їх адміністративні кордони і параметри, які визначають особливості урбанізації (зокрема, щільність транспортного кластера).

Однак, у цих методах для характеристики особливостей впливу транспортних потоків на екологічну безпеку не враховують фізичну характеристику фактора «умови руху» (див. рис. 1.8-1.9). Отже, при визначенні частки впливу транспортних потоків на загальний рівень екологічної безпеки СВДМПЗ ці методи малоінформативні. У зв'язку з цим наукової актуальності набуло питання розробки нової системи фундаментальних критеріїв, які здатні комплексно оцінювати екологічну стійкість складових системи ЗТ. При цьому ця

система оцінювання повинна бути «адекватною» до змін у СВДМПЗ, викликаних організаційними заходами, спрямованими на забезпечення безпеки системи ЗТ як загалом, так і окремих її складових.

Для визначення рівня безпеки складових системи ЗТ скористаємося існуючим міжнародним досвідом. Деякі автори [139] підкреслюють, що критерій (індикатор) має бути вимірюваним як кількісно, так і якісно, відображати різні аспекти діяльності системи, бути незалежним, стандартизованим для порівняння з іншими секторами, чутливим до короткострокових змін і включати довгострокові процеси.

В наукових розробках [139-141] для оцінки стійкості як показника, що визначає ступінь безпеки складових системи ЗТ в цілому, пропонують використовувати десять критеріїв, які розділені на три групи базових індикаторів [142], а саме:

- індикатори стабільності: дієвість, надійність, чутливість;
- індикатори оперативності: можливість надання кількісної оцінки, доступність даних, дотримання етичних норм;
- індикатори застосування: прозорість, можливість інтерпретації результатів, актуальність мети, здатність до дії.

Naghshenas і Vaziri розробили механізм оцінки індикаторів безпекової стійкості системи *STI* (sustainable transportation indicators) [143], що включає 9 показників, які складають 3 індикаторні групи: екологічні, економічні та соціальні показники.

Екологічна індикаторна група (I_{TE}) є механізмом, який спрямований на визначення та управління негативним впливом на навколишнє середовище шляхом кількісної оцінки, моніторингу та обмеження показників забруднюючих викидів у довкілля.

Економічна індикаторна група є механізмом, який визначає рівень оптимального використання фінансових ресурсів та перехід на альтернативні джерела енергії, рециклінг ресурсів, що споживають у сучасному житті.

Соціальна індикаторна група є механізмом, який спрямовано на координацію діяльності складових транспортної системи для задоволення потреб одиниці соціуму, а також передбачає, що ця одиниця соціуму повинна брати участь у процесах, які забезпечують стійкість сфери її життєдіяльності.

Naghshenas і Vaziri розглядають масу вагових коефіцієнтів для кожної групи окремо, яка дорівнює одиниці, але СВДМПЗ є складною системою, в котрій необхідно, щоб усі ці вагові коефіцієнти в групах у своїй сукупності давали суму, що дорівнює одиниці. Тому пропонується: вага коефіцієнтів у кожній групі повинна відповідати умові – менша або дорівнює одиниці.

а) Індикатор впливу транспортних потоків на довкілля – I_{TE} .

Ступінь використання і споживання транспортом земельних площ міста, які використовують для транспортних комунікацій і зон захисту («зелені зони» - смуги захисту).

$$\text{Environmental composite index and } \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \leq 1. \quad (2.1)$$

$$I_{TE} = (-\alpha_1 Z_{11} - \alpha_2 Z_{12} - \alpha_3 Z_{13}) / (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3), \quad (2.2)$$

де:

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – вагові коефіцієнти;

Z_{11} – коефіцієнт використання земельних площ для транспортної інфраструктури на душу населення;

Z_{12} – коефіцієнт обсягу енергетичних ресурсів (кисень), спожитого транспортом;

Z_{13} – коефіцієнт викиду діоксину вуглецю (CO_x), що забруднює повітря, на душу населення.

б) Індикатор економічної ефективності архітектури ЕК вулично-дорожньої мережі – I_{TEC} .

Економічними показниками є бюджет органів місцевого самоврядування для транспортного сектору та вартість транспортних послуг на душу населення.

$$\text{Economical composite index and } \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 \leq 1. \quad (2.3)$$

$$I_{TEC} = (-\alpha_4 Z_{21} - \alpha_5 Z_{22} - \alpha_6 Z_{23}) / (\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6), \quad (2.4)$$

де:

$\alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ – вагові коефіцієнти;

Z_{21} – коефіцієнт транспортних витрат у структурі бюджету територіального утворення – промислової зони;

Z_{22} – коефіцієнт витрат на усунення наслідків дорожньо-транспортних пригод;

Z_{23} – коефіцієнт транспортної доступності.

в) Індикатор соціальної ефективності $EK - I_{TS}$.

До соціальних показників відносять смертність від транспортних пригод у відношенні на 1 млн. чоловік та доступність і різноманітність транспортних послуг в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ.

$$\text{Social composite index and } \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9 \leq 1. \quad (2.5)$$

$$I_{TS} = (-\alpha_7 Z_{31} - \alpha_8 Z_{32} - \alpha_9 Z_{33}) / (\alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9), \quad (2.6)$$

де:

$\alpha_7, \alpha_8, \alpha_9$ – вагові коефіцієнти;

Z_{31} – коефіцієнт жертв в ДТП в абсолютному вираженні;

Z_{32} – коефіцієнт відношення протяжності транспортних шляхів до площі промислової зони;

Z_{33} – коефіцієнт отриманого прибутку від наданих транспортних послуг у межах промислової зони (у гривнях).

Зведений індекс оцінки індикаторів безпекової стійкості системи STI (Z_I) визначають методом зважених коефіцієнтів [144]. На першому етапі оцінку всіх показників розраховують, як:

$$Z_I = (I - Avg(I)) / Stdev(I). \quad (2.7)$$

Це один із підходів теорії багатокритеріальної оптимізації та прийняття рішень, вагомість об'єктів вважаємо однаковою [145,146]. Кількісна оцінка індикаторів безпекової стійкості складових системи STI у СВДМПЗ для окремих міст наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількісна оцінка індикаторів безпекової стійкості системи STI в СВДМПЗ

Міста	Індикаторні групи (класична теорія/корегована теорія)		
	I_{TE}	I_{TEC}	I_{TS}
Маріуполь (Україна)	– / –	-1,63 / -1,71	0,66 / 0,51
Гданськ (Польща)	1,15 / 1,04	0,62 / 0,53	0,77/0,62

Отримані індикаторні оцінки дозволили сформулювати такі висновки:

- надати оцінку впливу транспортних потоків на довкілля I_{TE} неможливо через відсутність інформації про обсяг енергетичних ресурсів (кисень), спожитих транспортом в умовах СВДМПЗ на прикладі м. Маріуполь. Цей стан притаманний і для інших міст України;
- складова економічної ефективності архітектури ЕК вулично-дорожньої мережі характеризується як збиткова, та знаходиться в умовах економічної кризи.
- корегування теорії відображає «сповзання» показників на величину від 10 до 25%, що, на наш погляд, дає більш адекватну оцінку стійкості системи.

Таким чином, економічний та екологічний стани складових ЕК СВДМПЗ знаходиться поза зоною контролю існуючих механізмів управління.

Аналіз результатів кількісної та якісної оцінки екологічної безпеки ЕК СВДМПЗ (яка є по суті системою 3Т) дозволяє класифікувати її як організаційно-технологічну систему, представленою безліччю частин, взаємопов'язаних відносинами в процесі діяльності на основі правил, норм, що визначають послідовність їх операцій у СВДМПЗ.

Отже, теоретична база забезпечення екологічної безпеки складових системи 3Т включає: запропоновані основні терміни і поняття, визначені фазові і функціональні складові екологічної безпеки промислових зон, вибрані критерії оцінки екологічної стабільності (індикатор впливу транспортних потоків на довкілля, індикатор економічної ефективності транспортного сектору та індикатор соціальної ефективності транспортного сектора). Для розробки механізму забезпечення екологічної безпеки складових системи 3Т обґрунтуємо концепцію "зеленої" логістики для СВДМПЗ в умовах урбанізації.

2.2 Концепція «Green lean logistic» як механізм забезпечення екологічної безпеки складових системи 3Т

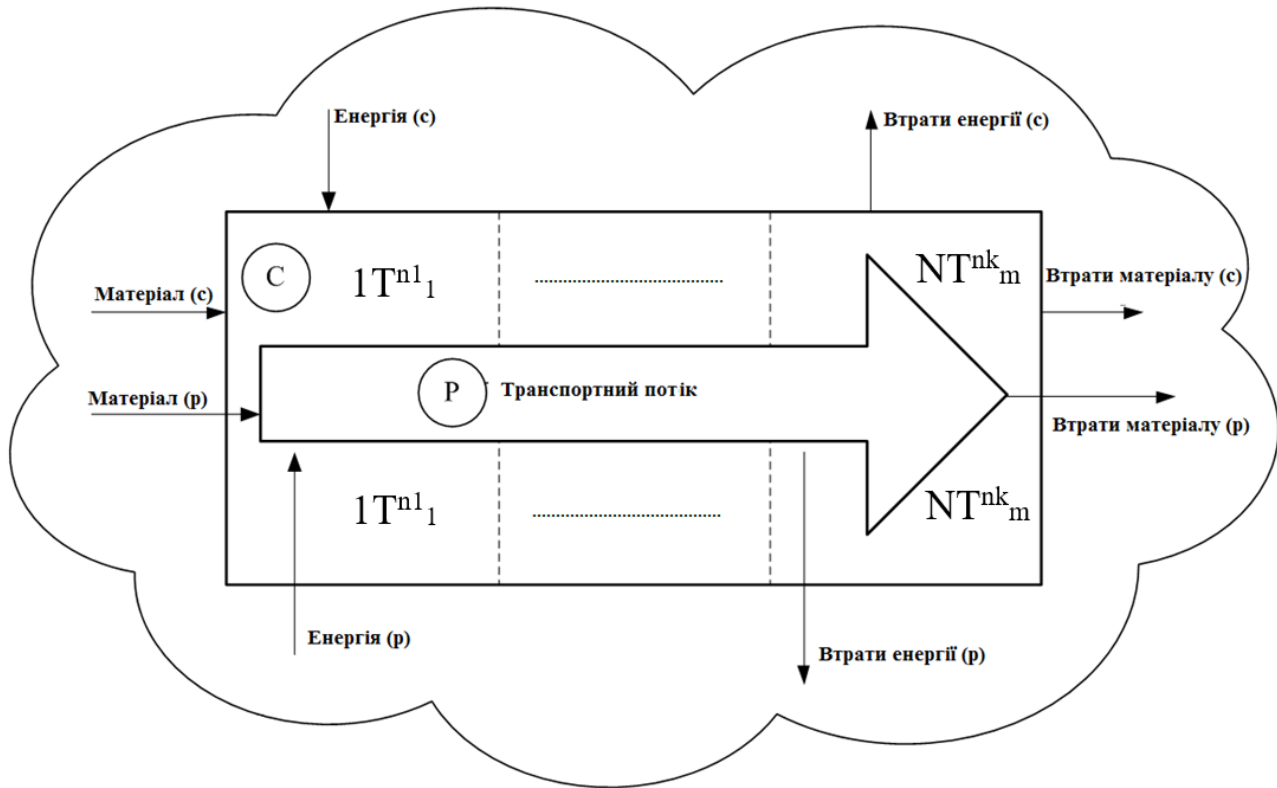
Теоретична парадигма забезпечення екологічної безпеки системи 3Т в умовах СВДМПЗ ґрунтується на концепції «зеленої логістики» (Green Lean Logistic) і базується на управлінні ступенем впливу транспортного потоку на довкілля зовнішнього середовища [33,147]. Структурні і функціональні властивості системи 3Т взагалі тісно пов'язані між собою і екосистемою. Тому в основі екологічної парадигми логістики лежить концепція системності.

Такий узагальнюючий підхід враховує особливості системи 3Т, де перебуває в постійній взаємодії ресурсна (енергетична) складова та складова матеріального потоку (сировина, напівфабрикати, готова продукція тощо). Взаємодія складових СВДМПЗ представлена на рис. 2.3. [145,148].

Серед причин розробки механізмів забезпечення екологічної безпеки, які впроваджують у СВДМПЗ, можна виділити такі: необхідність дотримання вимог екологічного законодавства, нормативно-правових актів і розпоряджень;

придбання інноваційних механізмів; підвищення ефективності потокових процесів тощо.

Особливості логістичного циклу СВДМПЗ в умовах необхідності забезпечення екологічної безпеки системи 3Т представлено на рис. 2.4. Цей цикл визначає екологічний функціонал системи 3Т.



С – система 3Т, Р – транспортний потік, $1T^{n1}_1, \dots, NT^{nk}_m$ – складові системи 3Т.

Рисунок 2.3 – Взаємодія складових системи 3Т в СВДМПЗ

Отже, науковим базисом екологічного функціоналу вулично-дорожнього середовища промислових зон є "Green logistics" [125,145]. Зелена логістика стосується всього циклу обслуговування матеріального потоку, включаючи можливості повторної переробки, необхідність відновлення старих ланок логістичного ланцюга різними способами, вибір найбільш екологічних транспортних схем і засобів.

У цьому випадку управління екологічною безпекою складових системи ЗТ з позиції основ макрологістики (*Makro Green logistic, MGL*) можна представити у вигляді [64, 145-147]:

$$MGL := EMAS \in (PEN \cup TN \cup MF \cup TCTC), \quad (2.8)$$

де:

EMAS– європейська система екологічного менеджменту та аудиту (*Eco Management and Scheme*);

PEN – панєвропейська транспортно-логістична зона (*Pan European*);

TN – транспортна мережа (*Transport Network*);

MF – матеріальний потік (*Material Flow*);

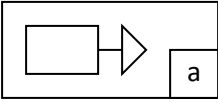
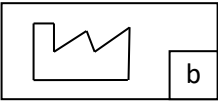
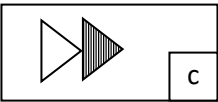
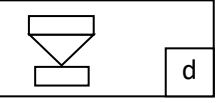
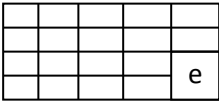
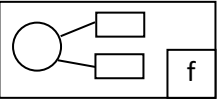
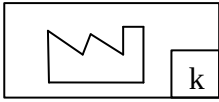
TCTC – транспортні коридори (*Transport Corridors*).



Рисунок 2.4 – Особливості екологічного циклу функціональності системи ЗТ при розробці "зеленої" логістики СВДМПЗ

Якісна і кількісна оцінка характеру впливу матеріального потоку і об'єктів, що є складовими системи ЗТ СВДМПЗ, на її екологічну безпеку в цілому дозволяє виділити модулі впливу на екологічну безпеку її складових (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Формуючі «Soft skills» модулі впливу на екологічну безпеку системи 3Т в умовах СВДМПЗ

Модуль		Характер впливу на середовище
Назва	Позначення	
Потік транспортних кластерів (вантаж, пасажери)		Забруднення від втрати вантажу, роботи транспортних засобів на лінійному і вузловому елементі ділянки логістичного ланцюга
Промисловий, муніципальний, індивідуальний транспорт		Забруднення вулично-дорожнього середовища промислових районів від роботи транспортних засобів, перевантажувальних процесів
Вузлова та лінійна географічна локація взаємодії різних видів транспорту		Вплив на досліджуване середовище технологічного процесу взаємодії транспортних засобів
Процеси перевантаження		Втрати вантажу при вантажно-розвантажувальних роботах, при об'єднанні і роз'єднанні вантажопотоків, при ДТП
Склади, накопичувачі		Забруднення від роботи вантажно-розвантажувальних засобів, стаціонарних об'єктів обслуговування
Вантажні термінали		Забруднення від технології дистрибуції, розукрупнення, роботи транспортних і вантажно-розвантажувальних засобів
Споживач		Процеси споживання та утилізації промислово-побутових відходів

"Зелене" управління матеріальними потоками в системі 3Т (Green Supply Chain Managment) має вигляд [64, 139, 140,141]:

$$GSCM := MAS \in (MF \cup TF \cup LC), \quad (2.9)$$

де:

MAS – система екологічного менеджменту та аудиту (*Eco Management and Scheme*);

MF – матеріальний потік (*Material Flow*);

TF – транспортний потік (*Traffic Flow*);

LC – логістичний канал (*Logistical Channel*).

Життєвий цикл системи 3Т в умовах СВДМПЗ (на прикладі Маріуполя) можна представити у формі графа логістичної мережі, що відображає взаємодію металургійних виробництв і машинобудівного підприємства – споживача металургійної продукції. Граф мережі логістичних ланок двох взаємозв'язаних споживачів продукції і джерел забруднення в умовах СВДМПЗ представлено на рис. 2.5.

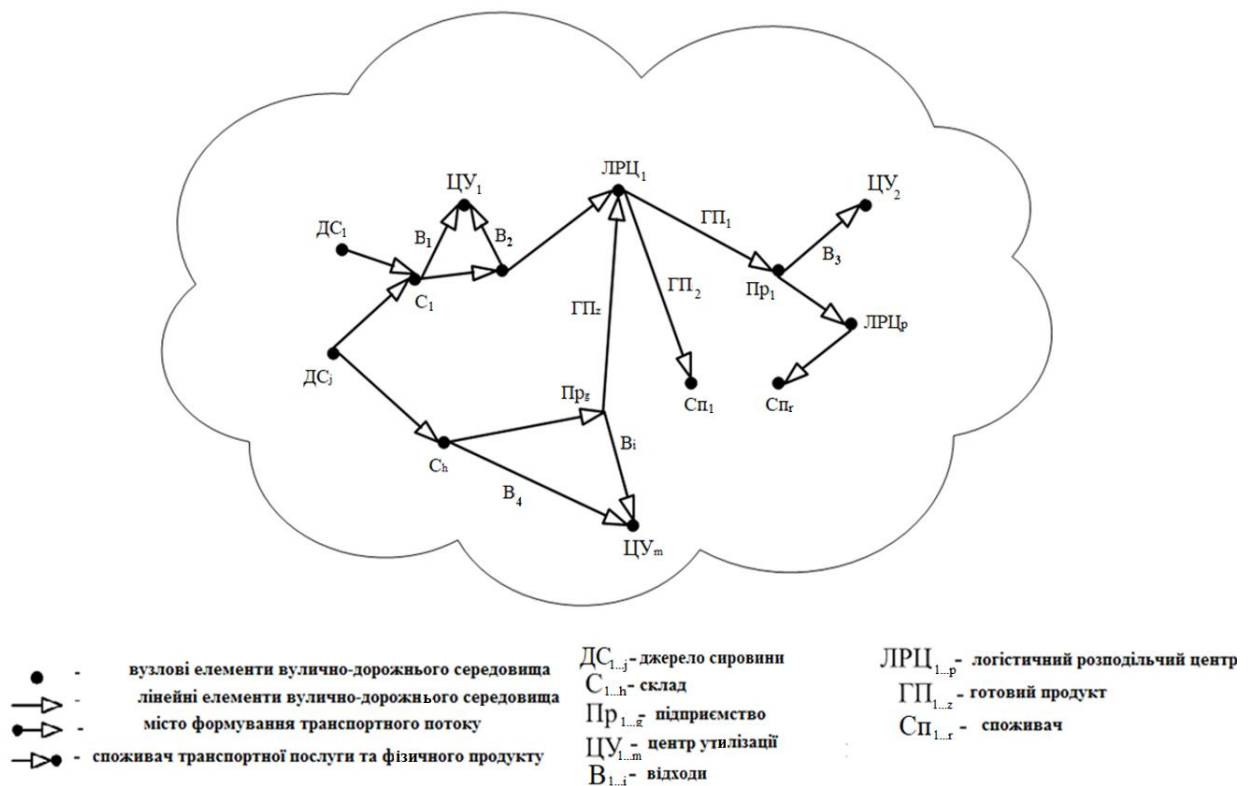


Рисунок 2.5 – Граф мережі логістичних ланок двох взаємопов'язаних споживачів продукції і джерела забруднення в умовах СВДМПЗ

Життєвий цикл системи 3Т: джерело сировини (ДС_{1...j}), склад (С_{1...h}), підприємство (Пр_{1...g}), готовий продукт (ГП_{1...z}), логістичний розподільчий центр (ЛРЦ_{1...p}), споживач продукту (СП_{1...r}), відходи (В_{1...i}), центр утилізації відходів (ЦУ_m).

Ланки життєвого циклу системи 3Т представлені логістичною системою *TUL*-процесу: транспорт – перевантаження – складування, які складають основні забруднення досліджуваного середовища (табл. 2.3) [145].

Менеджмент Green Logistic (МЗЛ) є системою відносин і сукупністю методів, які забезпечують прийняття логістичних рішень з урахуванням зміни різноманітних природно-ресурсних і екологічних факторів на різних рівнях економічної ієрархії.

Таблиця 2.3 – Основні забруднювачі TUL-процесів

Основні забруднювачі TUL-процесів
Забруднення повітряного басейну вихлопними газами транспортних засобів
Забруднення доріг, ґрунту, біосфери від роботи транспорту в логістичних мережах
Запилювання і пробудження пилоподібних, токсичних і отруйних вантажів при вантажно-розвантажувальних роботах
Видування дрібних фракцій вантажу повітряним потоком, навколишній рухомий склад або вантажонесучі елементи транспортних засобів
Запилювання і витік вантажу в конструктивні зазори і нещільності кузовів, контейнерів, пневмотранспортних комунікацій
Видування дрібних фракцій при вивантаженні й зберіганні вантажу на відкритих складах рудних дворів та інших відкритих майданчиках
Випаровування окислів металів, шлаків, кислот та інших шкідливих речовин
Забруднення водного басейну вугіллям, агломератом та іншими пилоподібними і хімічними речовинами, що доставляють водним шляхом
Скидання неочищених промислових вод транспортних установок і установок для миття рухомого складу
Витік рідких вантажів (нафтопродуктів, кислот тощо).
Втрата пляжних, курортних і ландшафтних якостей зон, через які проходять або поблизу яких розташовані транспортні комунікації

Таким чином, концепція "зеленої" логістики в умовах СВДМПЗ передбачає забезпечення руху матеріальних та супутніх потоків від первинного джерела до кінцевого споживача при забезпеченні екологічної безпеки як складових системи ЗТ, так і її загалом. Реалізація концепції "зеленої" логістики в умовах СВДМПЗ передбачає дбайливе використання земельних ресурсів; збільшення терміну використання рухомого складу і транспортних комунікацій; поліпшенні характеристики елементів транспортних систем для зменшення шкідливого впливу їх експлуатації на зовнішнє середовище та їх утилізацію [138-141].

Вихідним фактором впливу на екологічну безпеку системи ЗТ є β функція модулів – складових СВДМПЗ, оскільки її складають еквівалентні та різноманітні модулі.

Під передавальною функцією екологічної безпеки системи ЗТ розуміємо відношення характеристик початкового стану досліджуваного середовища до характеристик зміни її параметрів під впливом функції окремих модулів СВДМПЗ (рис. 2.6).

Теоретичний вигляд передавальної функції екологічної безпеки системи ЗТ буде таким [64,138-141]:

$$\Phi(B) = \frac{y_i(p)}{x_i(p)}, \quad (2.10)$$

де:

$x_i(p)$ – перетворення Лапласа функції вхідного сигналу впливу факторів окремих модулів на досліджуване середовище;

$y_i(p)$ – перетворення Лапласа вихідної характеристики після впливу окремих модулів на досліджуване середовище.

Вигляд передавальної функції можна отримати з диференціального рівняння системи управління способом заміни операції диференціювання за часом оператором Лапласа – p , а інтегрування за часом – заміною на $1/p$.

Наприклад, якщо механізм управління екологічною безпекою системи ЗТ описується диференціальним рівнянням [64, 138-141]:

$$\frac{dy_i(t)}{dt} + ay_i(t) = kx_i(t), \quad (2.11)$$

Тоді, зробивши заміну d/dt на p і переходячи до позначень, отримаємо:

$$py_i(p) + ay_i(p) = kx_i(p). \quad (2.12)$$

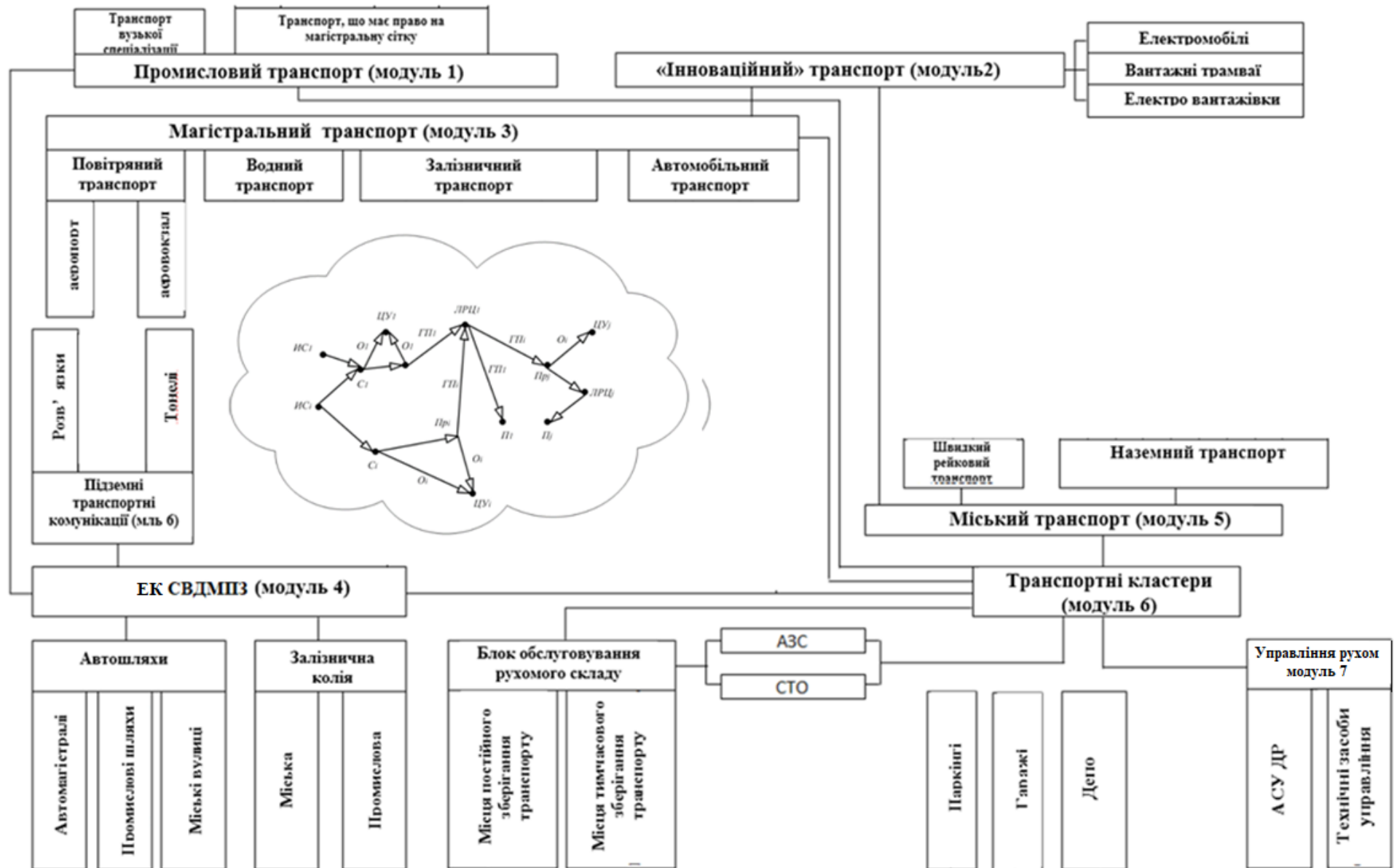


Рисунок 2.6 – Модулі середовища вулично-дорожньої мережі промислової зони (на прикладі міста Маріуполь)

Таке представлення диференціального рівняння називають операційним. Для нового запису передавальної функції досить зробити такі алгебраїчні перетворення. В результаті отримаємо [138-141]:

$$\Phi(B) = \frac{y_i(p)}{x_i(p)} = \frac{k}{p+a}. \quad (2.13)$$

Для складних структур, таких як система ЗТ в умовах СВДМПЗ, яка містить загальну кількість модулів n , існують деякі правила отримання передавальних функцій [139-145]:

1) передавальна функція послідовного з'єднання модулів системи ЗТ дорівнює добутку передавальних функцій окремих її модулів:

$$\Phi_c(B) = \prod_{i=1}^n \beta_i(p). \quad (2.14)$$

2) передавальна функція паралельного з'єднання модулів дорівнює сумі передавальних функцій окремих ланок:

$$\Phi_c(B) = \sum_{i=1}^n \beta_i(p). \quad (2.15)$$

Функціонування системи ЗТ за період $T = [\xi, \eta]$ із початком у момент часу ξ і закінченням у момент часу η входження в біфуркаційну зону економічного циклу є повним циклом впливу процесів у системі ЗТ на безпеку ЕК.

Безліч значень $x(t)$, визначених для всіх $t \in T$, позначимо через X_T і назовемо стійким станом:

$$X_T = \{x(t) : t \in T\}, \quad (2.17)$$

тобто функціональний стан модулів за весь період їх функціонування, як складових системи ЗТ, визначається безліччю значень.

Щоб врахувати вплив модулів на екологічну безпеку, використовується поняття "екологічний слід" впливу модулів системи ЗТ $y(t)$, які змінюють екологічний баланс в СВДМПЗ у момент часу t :

$$Y_T = \{y(t) : t \in T\}. \quad (2.18)$$

Кортеж модулів впливу на довкілля формують загальну картину екологічної безпеки, яка дозволяє отримувати типові рішення для системи ЗТ [139-145]. Необхідно враховувати, що безліч станів системи ЗТ формується синтезом модулів, які мають характерні тільки для них властивості. Тобто зі своїми організаційно-функціональними структурами і локальними критеріями оптимізації функціонування, які в загальному випадку можуть не збігатися з глобальною метою "зеленої логістики". Це ускладнює забезпечення екологічної безпеки та призводить до необхідності розробки системи механізмів для координації та інтеграції дій усіх модулів системи ЗТ.

Аналіз модулів (табл. 2.4) дозволяє пропонувати як превентивні, так і корпоративні заходи зниження або виключення шкідливих впливів модулів, приводячи рішення в зону "зеленого" системного управління безпековим станом системи ЗТ.

Особливістю впливу параметрів $\{P_{GSCM}\}$ управління екологічною безпекою є об'єднання параметрів множини матеріального потоку $\{P_M\}$ і параметрів множини ланок системи $\{P_{3T}\}$ – транспорт, архітектура транспортних комунікацій і об'єкти інфраструктури [136-142]:

$$\{P_{GSCM}\} = \{P_M\} \cup \{P_{3T}\}. \quad (2.19)$$

Таблиця 2.4 – Вплив на екологічну безпеку системи 3Т в умовах СВДМПЗ

Умовна назва видів зв'язків між модулями системи	Функціональність модулів системи 3Т, що взаємодіють та впливають на екологічну стійкість	Кортеж впливу модулів (графічне позначення «Soft skills» модулів (див. табл. 2.2))
Лінійна частина	Технологія взаємодії модулів між суміжними об'єктами системи 3Т	$\langle b, a, k \rangle$
Унімодальний	Функціонування одного виду модуля	$\langle a \rangle$
Бімодальний	Система 3Т з двома видами модуля з наявністю функціонального зв'язку	$\langle b, a, c_1, d, c_2, a, k \rangle$
Комбінований	Функціональність модулів у «зв'язці», що визначають їх єдину мету	$\langle b, a, c_i, c_j, a, k \rangle$
Сегментований (роздільний)	Модуль приймає на себе відповідальність тільки за частину впливу на екологічну стійкість системи 3Т	$\langle b_i, a_i, k_i \rangle \cup \langle b_j, a_j, k_j \rangle$
Інтегральний	Об'єднання модулів і контроль за їх впливом на середовище згідно з єдиним правовим полем	$\langle b, a, c_i, c_j, a, k \rangle$

Проведемо декомпозицію системи параметрів $\{P_{GSCM}\}$ для їх поглибленого аналізу. Декомпозиція системи параметрів і пов'язаних між собою функцій та завдань полягає в розбитті її на підсистеми з окремими властивостями.

Загальне визначення декомпозиції на основі теорії множин дозволяє представити відношення системи $R[D_1, \dots, D_k]$, як добуток R_1 і R_2 за умови $(xRy) \leftrightarrow [(xR_1z) \cup (zR_2y)]$. Після визначення чинників R_1 і R_2 , систему представляють у вигляді двох підсистем [143-145]:

$$\begin{matrix} R[D_1, \dots, D_j, z] \\ R[z, D_{j+1}, \dots, D_k] \end{matrix} \quad (2.20)$$

Використовуючи загальносистемні закономірності, процес функціонування системи 3Т в умовах СВДМПЗ можна представити як логістичну систему впливу руху матеріальних потоків і об'єктів логістичного ланцюга на навколишнє природне середовище, як концептуальне завдання, що представлено такою сукупністю відображень:

$$\{X, R\} \times T \rightarrow \langle \{X, R\} \times T \rangle^{\Theta^{(k)}} \Rightarrow \{X_{(k)}^E, R_{(k)}^E\} \times T_k^E; \quad (2.21)$$

де:

$\{X, R\}$ – безліч ланок логістичного ланцюга в матеріальному потоці – X ;

R – зв'язок між ланками системи ЗТ і циклами;

T – тривалість життєвого циклу в ланках системи ЗТ;

$\Theta^{(k)}; k = 0, 1, 2, \dots$ – інформація, яку одержують за результатами моніторингу k -их факторів забруднення;

$\{X_{(k)}^E, R_{(k)}^E\} \times T_k^E$ – екологічна оцінка ланки $X_{(k)}^E$ в часі;

$R_{(k)}^E$ – технологічний процес;

$T_{(k)}^E$ – тривалість дії забруднювача.

Вимоги до екологічних характеристик досить жорсткі і не завжди можна знайти компроміс між ними і можливостями їх реалізації. Сукупність цих вимог будемо називати **екологічними вимогами (ЕВ)**, які є переліком величин (характеристик) процесу, виражаються функціями $\nu_k(R), (k = 1, 2, \dots, f)$ параметрів і можуть бути описані системою рівнянь і нерівностей [52, 53, 143-145].

$$(EB) \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \forall (r_i \in R) \exists! (r_i \geq r_i^{mp}); i = \overline{1, n} \\ \forall (r_j \in R) \exists! (r_j \leq r_j^{mp}); j = \overline{1, m} \\ (r_i^{mp} \cup r_j^{mp}) \in R^{TP} \end{array} \right\}, \quad \begin{array}{l} \text{за умовою відповідності} \\ \text{вимогам EMAS та ISO 1400} \end{array} \quad (2.22)$$

де:

r_i – показники, які повинні бути більше або дорівнювати r_i^{mp} – екологічно прийнятному рівню;

r_j – показники, які повинні бути менше або дорівнюють r_j^{mp} – необхідному рівню;

r_i^{mp} і r_j^{mp} належать множині необхідних показників комплексу умов R^{TP} .

Для забезпечення необхідного рівня екологічного стану типових складових системи ЗТ найчастіше керуються критеріями придатності й оптимальності прийнятих рішень. Для існуючої системи ЗТ використання екологічного менеджменту починається з визначення організаційних резервів, гнучкого адаптивного управління. Модель адаптивного управління екологічною безпекою системи ЗТ формується з використанням систем параметричної, структурної або системної адаптації [32].

Вибір найбільш адаптивного екологічного рішення для системи ЗТ здійснюється з безлічі можливих рішень і за критерієм переваги.

Особа, яка приймає рішення (ОПР) про перевагу, аналізує відповідні варіанти досягнення мети A , встановлює відповідні співвідношення [52, 53, 143-145]:

1. $s'^A \succ s''$, де операція $^A \succ$ означає: рішення s' краще, ніж s'' .
2. $s'^A \prec s''$, де операція $^A \prec$ означає: рішення s' гірше, ніж s'' .
3. $s'^A \sim s''$, де операція $^A \sim$ означає: еквівалентність обох рішень.
4. $s'^A \infty s''$, де операція $^A \infty$ означає: рішення неможливо порівняти за умови, що для рішень s' і s'' не можна встановити жодної умови з пунктів 1-3.

Критерієм ефективності рішень є правило, яке дозволяє ОПР порівнювати стратегії, що характеризуються різним ступенем досягнення мети в структурі екологічної логістики. В даному випадку для визначення екологічної безпеки є критерій стійкості K , який дозволяє порівнювати ступінь досягнення екологічної безпеки в роботі системи ЗТ. Критерій визначається на основі локальних

критеріїв придатності W_F^{Π} , оптимальності W_F^O , адаптивності W_F^A за умови, що $(W_F^{\Pi}; W_F^O; W_F^A) \in K$.

Отже, концепція забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ в узагальненій формі продуктивного формалізму будується на послідовності дій ОПР, починаючи з вибору екологічних принципів – ρ з безлічі відомих у теорії і практиці принципів екологічної логістики вулично-дорожнього середовища – $\rho \in P$. Для цих екологічних принципів ОПР визначає необхідні дії – f з безлічі вже випробуваних дій – логістичних активностей, тобто $f \in F(\rho)$. Для реалізації керованих дій ОПР підбирає необхідні ресурси з наявних у його арсеналі $\bar{A} \in A$ [32]. Відображення впливу функції на навколишнє середовище і природні ресурси $[f \in F(\rho)]$ на $[\bar{A} \in A]$, виражене у формі продуктивного формалізованого системного підходу, доцільно застосувати для розробки моделі екологічної стійкості вулично-дорожнього середовища промислових зон.

Таким чином, **концепція «Green lean logistic», як механізм управління екологічної стійкості складових системи ЗТ**, передбачає забезпечення безпеки руху матеріальних потоків від первинного джерела до кінцевого споживача за умови забезпечення екологічної безпеки складових діаграми «Ішікави» системи ЗТ в умовах СВДМПЗ.

2.3 Моделювання управління екологічною безпекою складових системи ЗТ в умовах сталої динаміки урбанізації СВДМПЗ

Для формалізації управління безпекою складових системи ЗТ будемо описувати функцією $Y = f(x)$ в діапазоні $X_n - X_k$ (початковий і критичний стан), характер якої залежить від топології середовища вулично-дорожньої мережі промислового району. Y є вихідним сигналом (аксоном) оцінки стійкості складової системи ЗТ (наприклад, транспортного потоку) в досліджуваному середовищі, $X_1 \dots X_n$ – вхідний сигнал (синапс) / лінгвістична змінна, який

надходить до складової цієї системи (наприклад, архітектура екологічного каркаса), реакція якої оцінюється показниками функціональності нейронів у синапсі.

З огляду на наявність у системи 3Т нейроно-біонічних ознак, модель її екологічної стійкості доцільно відображати двошаровим персептроном (рис. 2.7) [52, 53, 143-145].

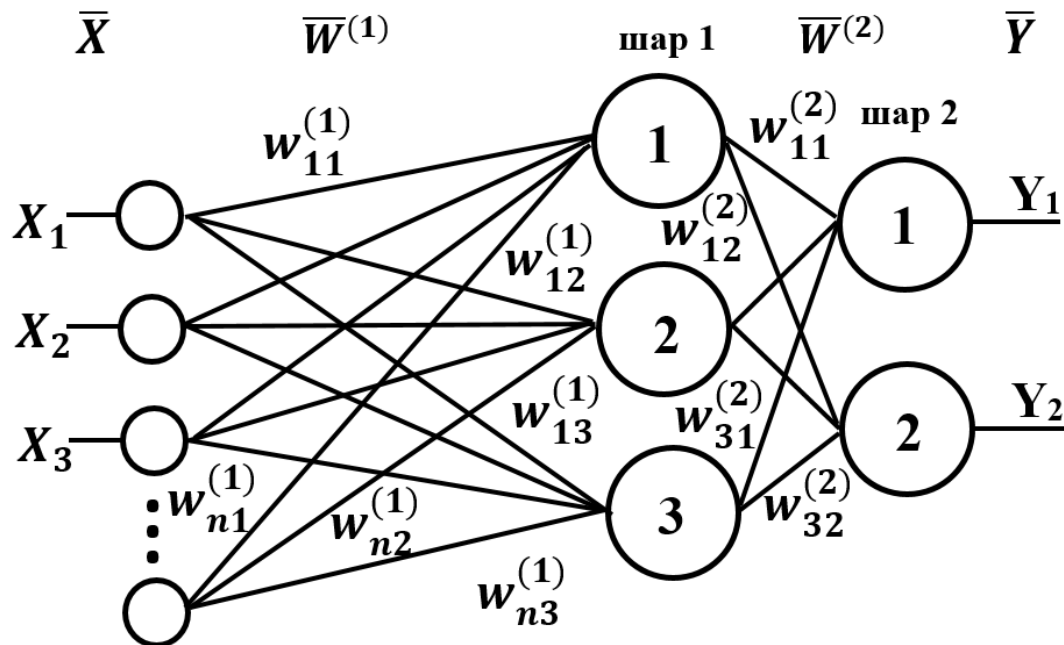


Рисунок 2.7 – Графічна модель екологічної безпеки системи 3Т у вигляді двошарового персептрону

Перший шар (сом) моделі включає безліч лінгвістичних оцінок, які визначають функціональність складових транспортного кластера. Другий її шар (сом) описує безліч лінгвістичних оцінок, які визначають функціональність транспортного кластера при взаємодії з архітектурною складовою вулично-дорожньої мережі. Модель враховує вагомість факторів впливу (W) на функціональність елемента шару в персептроні.

Всі частини транспортно-логістичного ланцюга забезпечені лише локальними зворотними зв'язками, що обумовлює їх низьку "керованість" і "визначуваність" за вхідними критеріями. Основний зворотний зв'язок вихідних

параметрів реалізується лише в рідкісних випадках, що загалом не забезпечує умови інваріантності системи ЗТ до керуючих впливів і до зміни параметрів об'єктів управління.

Одержана графічна модель екологічної безпеки системи ЗТ СВДМПЗ у вигляді двошарового персептрону може бути застосована для опису динаміки макрологістичних процесів, котрі забезпечують життєдіяльність цієї системи.

Змінними цієї системи є [50, 139-145]:

x – обсяги вантажно- і пасажироперевезень в умовах СВДМПЗ;

y – сумарні втрати часу на забезпечення реалізації циклів життєдіяльності складових системи ЗТ;

z – так звані "екологічні" інвестиції, спрямовані на утримання безпечності вулично-дорожньої мережі.

Для виявлення взаємозв'язків між змінними розглянемо причини, що викликають їх зміни.

Зміна процесів у циклах забезпечення життєдіяльності системи ЗТ СВДМПЗ обумовлена високою динамікою обсягу перевезень та їх реверсом. Цей фактор будемо вважати пропорційним величині z , що безпосередньо враховує пропускну здатність лінійних елементів, які формують архітектуру ЕК, з урахуванням низької стабільності економічних процесів.

Інша причина коливання змінної x полягає в скороченні транспортних потоків через бажання перевізників їх оптимізувати. Припустимо, що цей фактор враховується постійним показником k_3 . Тоді рівняння для x буде мати вигляд [143-145]:

$$\frac{dx}{dt} = \tilde{k}_1 z - \tilde{k}_2 y - \tilde{k}_3, \quad (2.19)$$

Зміна затримок часу відбувається через збільшення транспортної діяльності (оборотність) і в наслідок високої динаміки обсягів інвестицій, які спрямовані на забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ СВДМПЗ. Відповідне еволюційне рівняння має вигляд:

$$\frac{dy}{dt} = k_4x - k_5z \quad , \quad (2.20)$$

Найбільш складний вираз має рівняння для величини інвестицій, які спрямовані на забезпечення екологічної безпеки системи ЗТ в досліджуваному середовищі.

В цьому випадку інвестиції розрізняють на:

- постійні, що спрямовані на підтримку поточного стану "екологічного балансу";
- планові, що спрямовані на "поліпшення екологічного балансу";
- екстрені, що спрямовані на ліквідацію кризових ситуацій при забезпеченні "екологічного балансу".

Введемо порогові значення для змінної y :

- відсутність балансу Y_1 , при цьому $y > Y_1$ означає настання кризової ситуації;
- відповідний баланс Y_2 , $y > Y_2$ означає необхідність планових заходів, спрямованих на "поліпшення". При цьому будемо вважати, що $Y_1 > Y_2$.

Поточні інвестиції на підтримку необхідного рівня "екологічного балансу" СВДМПЗ найчастіше пропорційні витратам на забезпечення ефективності складових системи ЗТ, що залежать від z , тоді маємо [52, 53, 143-145]:

$$\frac{dz}{dt} = \tilde{k}_6(z - \tilde{k}_7x)z + \tilde{k}_8y(y - Y_1) + \tilde{k}_9x(y - Y_2) \quad , \quad (2.21)$$

Таким чином, систему рівнянь (2.11-2.13) можна записати у вигляді [46]:

$$\begin{cases} \dot{x} = k_1z - k_2y - k_3, \\ \dot{y} = k_4x - k_5z, \\ \dot{z} = k_6x - k_7y + k_8y^2 + k_9xy + k_{10}z^2 - k_{11}xz \end{cases} \quad , \quad (2.22)$$

яка є дисипативною за умови:

$$z < \frac{k_{11}}{2k_{10}} x, \quad (2.23)$$

Функції (2.22-2.23) характерні для процесів природного розвитку системи 3Т СВДМПЗ. Зниження екологічної безпеки складових системи 3Т відбувається внаслідок збільшення щільності транспортних кластерів та їх високої добової та сезонної динамічності в межах "природних ресурсів" (2.1), що добре описує логістична крива виду $Y = 1/(a + bc^t)$.

Розроблена модель дозволяє якісно описати екологічну безпеку системи 3Т у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон [52, 53, 143-145].

Проведемо дослідження залежності змінних моделі у часовому просторі, пов'язаному з економічним станом середовища. На графіку (рис. 2.8) можна виділити три економічні сфери – "криза", "зростання", "депресія" [146].

В кожній сфері наявні криві індикаторних процесів: А – динаміка транспортних процесів; В – сумарні втрати часу в транспортних процесах; С – інвестиції на забезпечення екологічної безпеки [146].

Точки біфуркації фазового переходу в економічних циклах визначають межі урбанізаційних процесів архітектурної складової екологічного каркаса, як єдине обмеження, обумовлене фізичними і тимчасовими розмірами життєвого простору соціуму, який населяє промислові зони, та особливостями структури транспортних потоків (транспортними кластерами) і їх динамікою.

Найбільш цікавою для дослідження є економічна сфера "зростання". В ній виділяємо етапи розвитку системи: "1-2" – екологічна безпека; "2-3" – розвиток колапсу; "3-4" – етап стагнації; "4-5" – етап гармонізації. Розглянемо відрізок (див. рис. 2.8), на якому можна виконати аналіз їх взаємного впливу на проміжку X_n – початковий стан; X_k – точка колапсу.

Вплив фактора "криза" на екологічну безпеку системи 3Т характеризується величиною коефіцієнта асиміляції Φ_n , який має "м'який" характер і позначає

витрати, що здійснюють на підтримку ресурсів, які забезпечують необхідний рівень функціонування архітектури ЕК. Коефіцієнт збільшується "кроками", але має індивідуальну амплітуду, напрямок якої залежить від економічної стабільності СВДМПЗ.

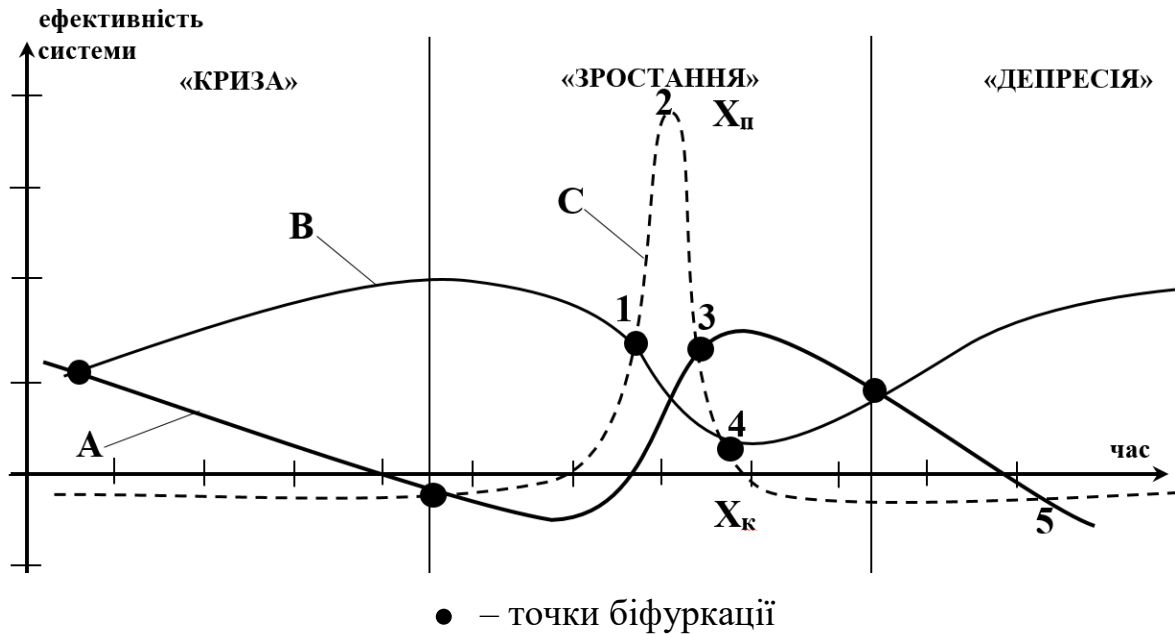


Рисунок 2.8 – Поведінкова характеристика змінних систему рівнянь (2.22) у часовому просторі

Відображення ступеня впливу коефіцієнта Φ_n на величину його залишкового ресурсу $T(t)$ в промисловій зоні може бути представлено у вигляді теоретичних графіків залежності ступеня впливу економічних циклів на екологічну стійкість середовища в умовах "оперативної воронки" (рис. 2.9) та в умовах "кризи втрати управління" (рис. 2.10), які описано законом нормального розподілу [52, 53, 143-146].

Перший варіант атрактора (рис. 2.9) відображає розвиток подій в умовах, коли керована і керуюча системи не здійснюють діяльність, спрямовану на подолання зовнішнього впливу, які робить недосяжною поставлену перед системою мету щодо її відновлення – "оперативна воронка".

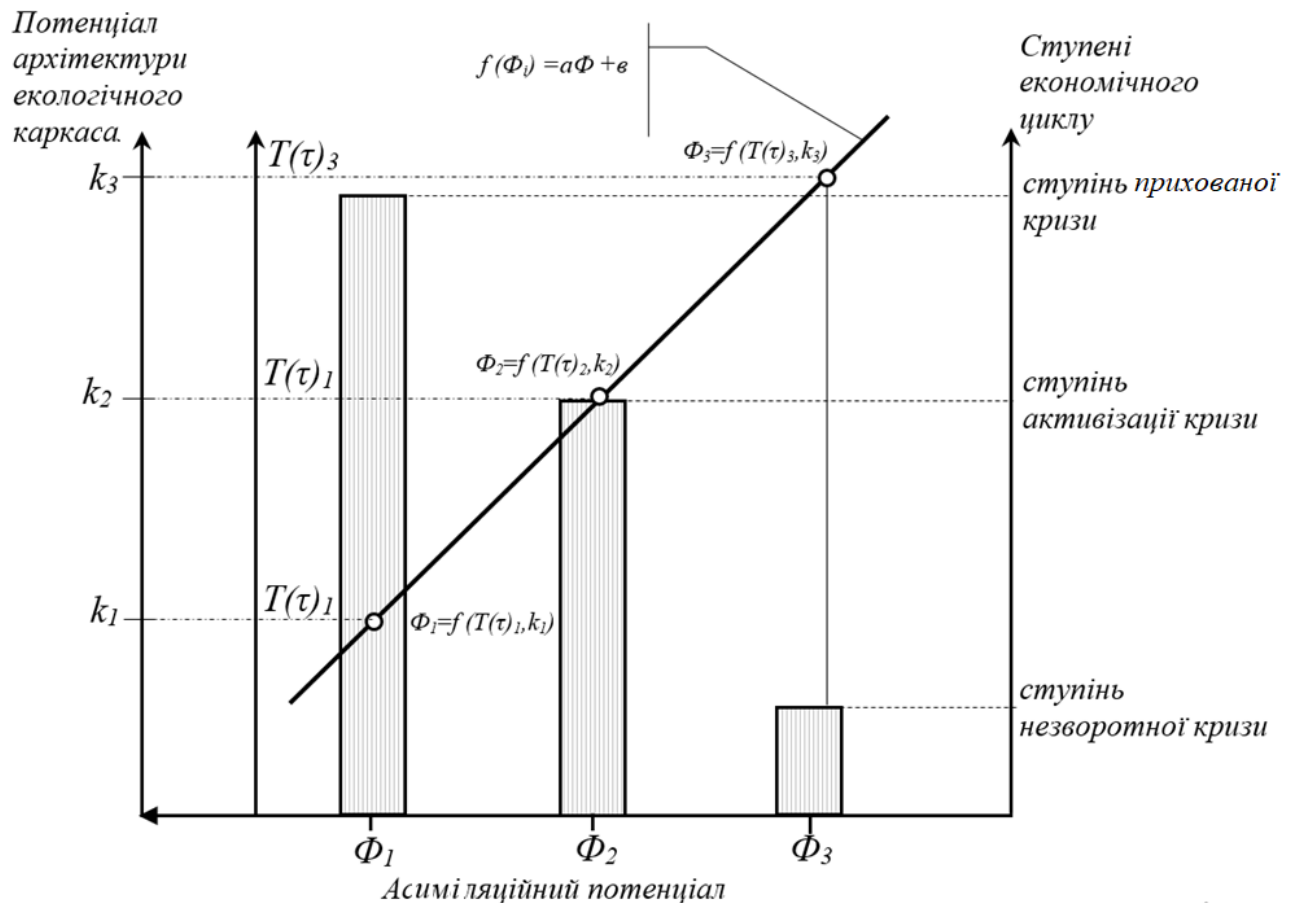


Рисунок 2.9 – Теоретичні графіки ступеня впливу економічних циклів на екологічну безпеку системи 3Т в умовах "оперативної воронки"

В даному випадку зміна показників, які характеризують екологічну безпеку, може бути описана лінійним законом розподілу [141-146].

Другий варіант атрактора (див. рис. 2.10) представляє розвиток подій в умовах, коли керуюча система перебуває в стані максимальної завантаженості, а в керованій системі роботу не виконують – "криза втрати управління" [52, 53, 143-146].

Процес забезпечення екологічної безпеки обмежується критичними параметрами економічних умов, які відповідають стану біфуркації і невизначеності подальшого процесу розвитку, непередбачуваності середовища та його транспортних потоків, що формують складові її кластери.

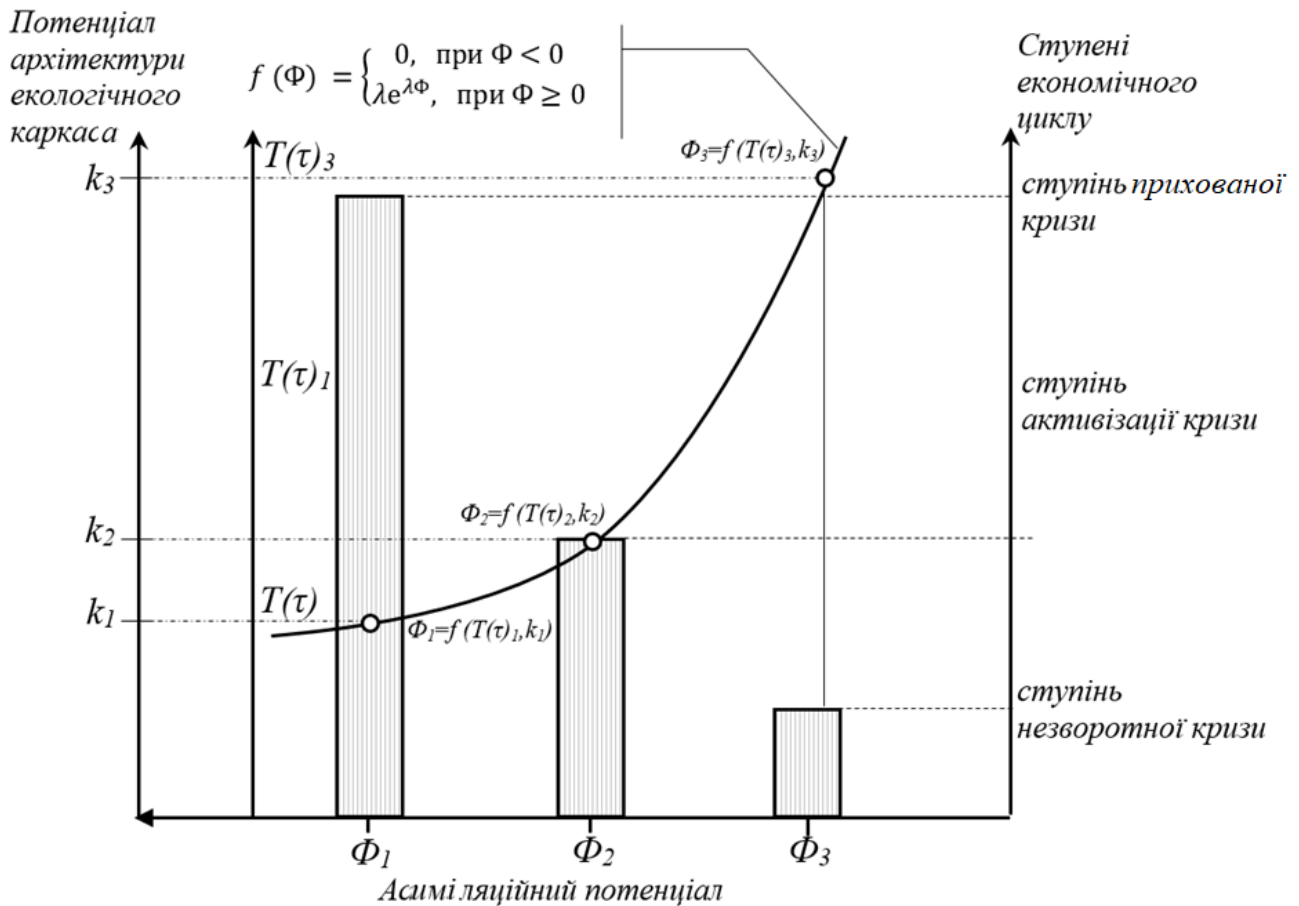


Рисунок 2.10 – Теоретичні графіки ступеня впливу економічних циклів на екологічну безпеку системи 3Т в умовах "кризи втрати управління"

Таким чином, модель екологічної безпеки системи 3Т сформована у вигляді двошарового персептрону. Перший шар (сом) моделі включає безліч лінгвістичних оцінок, які визначають екологічну безпечність складових транспортного кластера. Другий її шар (сом) описує безліч лінгвістичних оцінок, які визначають функціональність транспортного кластера при взаємодії з архітектурною складовою ЕК [140, 143-146].

Розроблена модель динаміки макрологістичних процесів дозволяє якісно описати залежність сумарних втрат часу на забезпечення безпеки системи від обсягів вантажно- і пасажироперевезень у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон з урахуванням інвестицій, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки складових системи 3Т.

Проведений аналіз змінних моделі у часовому просторі, що пов'язаний з економічними циклами розвитку системи, визначив ступінь впливу економічних циклів на її екологічну стійкість в умовах як "оперативної воронки", так і "кризи втрати управління".

Для управління процесами забезпечення екологічної безпеки необхідно розробити метод її моніторингу і контролю в системі 3Т в умовах СВДМПЗ.

2.4 Метод "SMART LOCUS CONTROL" екологічної безпеки складових системи 3Т у СВДМПЗ

У сучасних умовах антропогенного навантаження на довкілля, урбанізація СВДМПЗ зміщує екологічну безпеку системи 3Т за межу її регенераційних можливостей. Антропотік впливу на екологічну безпеку постійно зростає і рухається з тих областей, де комунікації будувати економічно не вигідно, в ті області, де їх будувати технічно неможливо. В таких умовах процес контролю екологічного балансу діяльності системи 3Т визначає вже не якість життя населення, що проживає на території досліджуваних зон, а якість життя наступних поколінь. Основним завданням моніторингу і контролю системи 3Т стає формування екологічно безпечних природно-технічних систем.

Метод контролю екологічної безпеки модулів системи 3Т ґрунтується на принципах, запропонованих Матісом Вакернагелем, який визначає: "екологічне навантаження (екологічний слід) – це площа територій, що впливає на рівень забезпечення людини всім необхідним при сучасному стилі її життя в досліджуваному просторі". Всесвітній фонд захисту природи для цих цілей формулює поняття адаптованого екологічного навантаження (EF, ecological footprint – екологічний слід) [147-149].

Для контролю за точкою переходу екологічного навантаження за межу регенераційних можливостей природної системи рекомендуємо метод SMART LOCUS CONTROL (SLC). Його базовою складовою є ефективна технологія постановки і формулювання цілей SMART (розумний). Поняття локус-контролю

(Locus Control) в його сучасному розумінні було введено американським психологом Джуліаном Роттером в 60-і роки минулого століття. Цей механізм заснований на можливості існування: "континууму, в якому крайніми точками є індивіди з яскраво вираженими зовнішніми або внутрішніми стратегіями атрибуції. Решта людей займають проміжні позиції між цими крайнощами" [149]. Автор визначає, що: "Локус-контроль (лат. Locus – місце, місце розташування і франц. Controle – перевірка) означає якість, яка характеризує схильність людини вважати, що відповідальність за результати її діяльності несуть або зовнішні сили (екстернальність, зовнішній локус-контроль), або власні здібності та зусилля (інтернальність, внутрішній локус-контроль). Відносно груп людей ці якості можуть давати певну характеристику цілій нації, окремими властивостями поведінкової оцінки цілих народів також можна визначити інтегральний та екстернальний тип поведінки" [150,151].

На нашу думку, описані особливості методу *SLC* дозволять органічно застосовувати його в системі забезпечення екологічної безпеки модулів системи ЗТ. Метод дає змогу забезпечити управління екологічною безпекою системи. Для вирішення завдання запропонована так звана цільова функція "ЗТ" та вказані її обмеження [52, 53, 143-145]:

$$F(G/R) = \alpha_U \sum_{j=1}^l x_j \lambda\{Z^v_j\} + \alpha_C \sum_{j=1}^K y_j \lambda / \sum_{j=1}^M \lambda\{L_i \in T_j\} \sum_{i=1}^n d^j_{il} \cdot \lambda\{Z^T_{il}\} \rightarrow \max \quad (2.24)$$

при

$$G/R \in \Omega(P, S, L, A)$$

де:

G/R – рівень екологічної безпеки складових системи ЗТ;

α_U, α_C – вагові коефіцієнти пріоритетності цілей певного блоку модулів у системі ЗТ;

x_j, y_j – пріоритетність вимог (обмежень), висунутих модулям системи ЗТ для досягнення поставлених цілей;

Z_j^v – вимоги до досліджуваного модуля;

λ – потенціал досліджуваного модуля;

L_i – функціонал модулю;

T_j – функціонал групи модулів;

Z_{il}^T – сектор групи діяльності модулів;

j_{il} – фактор, що визначає потенціал модуля;

l – кількість умов, виконання яких забезпечує потенціал групи модулів;

K – кількість модулів у групі, що визначається їх сукупним потенціалом та

напрямком дій;

M – кількість груп модулів;

n_i – обмеження на кількість модулів у логістичному ланцюгу;

Ω – область обмежень;

P, S, L, A – потенціал модулів, рівень екологічної безпеки та потенціал лінійних та вузлових елементів як складових екологічного каркаса середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Реалізація методу SLC заснована на вирішенні задач, поставлених перед кожним модулем системи 3Т окремо або всієї сукупності. Для визначення адекватності того чи іншого рішення необхідно перевірити обмеження представленої цільової функції. Для оптимізації обчислювального процесу за методом SLC рекомендуємо для використання матрично-еволюційний підхід. Реалізація методу може бути здійснена при використанні електронної таблиці з полями [145-154]:

$$S_E = \langle \text{Season}, \text{Day}, \text{CPJ}, \text{Cluster Type}, \text{Conditional routing number} \rangle, \quad (2.25)$$

де:

Season – сезон;

Day – доба;

Cassessment of the potential of the journey (CPJ) – оцінка потенціалу екологічного каркаса СВДМПЗ;

Cluster Type – тип блоку згрупованих модулів в системі ЗТ;

Conditional routing number – умовний номер елемента системи ЗТ.

Така структура ускладнює перевірку адекватності рішення. Спростимо її і візуально уявімо деякою тривимірною матрицею (табличною структурою). Така структура буде мати вигляд паралелепіпеда, ребра якого лежать на координатних осях X_1 , X_2 , X_3 (рис. 2.11) [143-145].

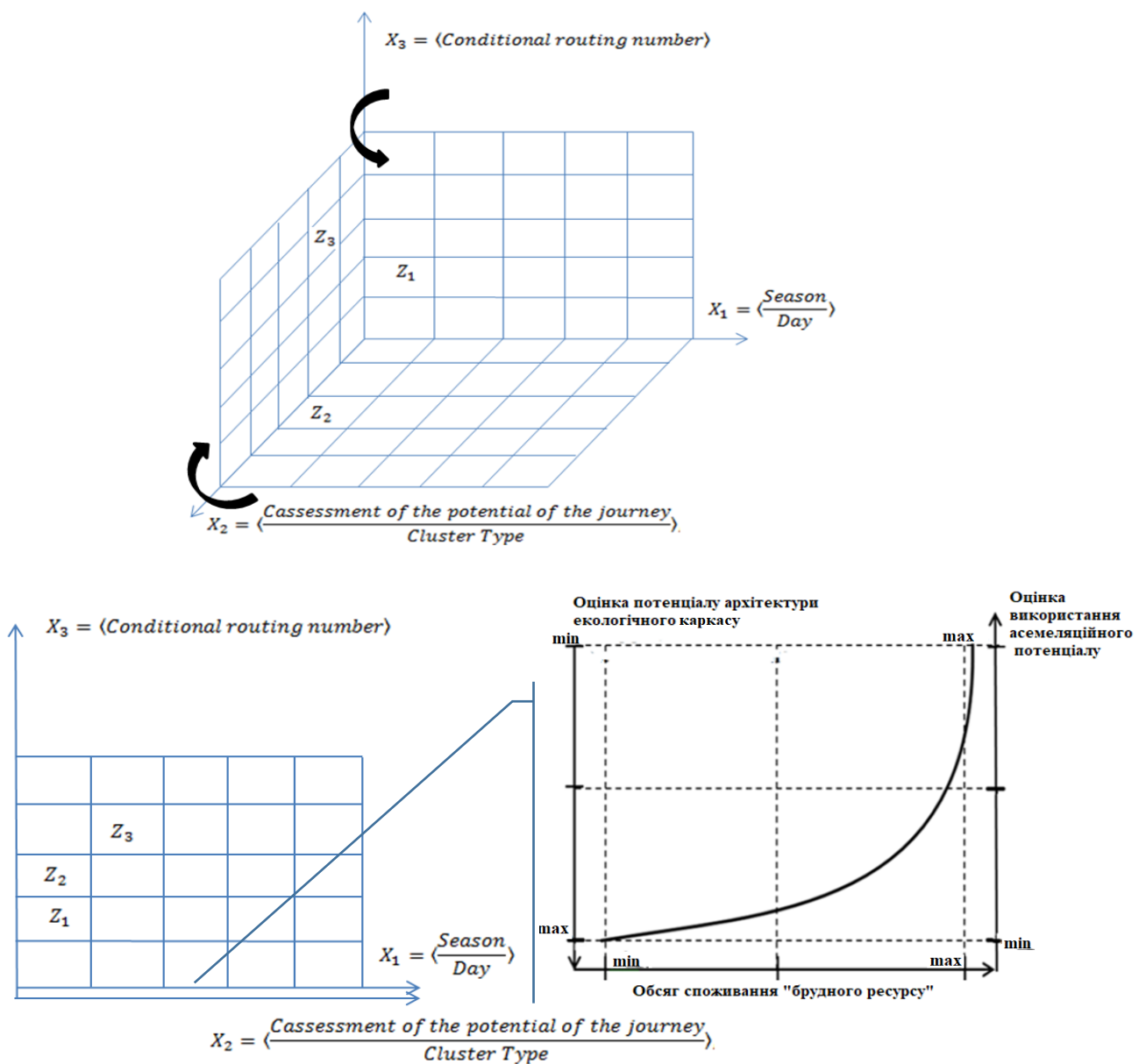


Рисунок 2.11 – Графічне відображення базових основ метода «SMART LOCUS CONTROL»

$$X_1 = \langle \text{Season} / \text{Day} \rangle, \quad (2.26)$$

$$X_2 = \langle \text{CPJ} / \text{Cluster Type} \rangle, \quad (2.27)$$

$$X_3 = \langle \text{Conditional routing number} \rangle, \quad (2.28)$$

$$S_E = \langle X_1, X_2, X_3 \rangle \quad (2.29)$$

де:

X_1 – точка, яка визначає варіант вирішення завдання в часовому просторі;

X_2 – оцінка потенціалу архітектурної композиції ЕК СВДМПЗ в заданій тимчасовій координаті для конкретного блоку модулів;

X_3 – умовний номер елемента системи ЗТ.

У вузлах решітки просторової моделі будуть перебувати значення Z , що формують показники, які характеризують транспортний потік та вид «сітілогістичного рішення».

Таким чином, метод SLC екологічної безпеки складових системи ЗТ в умовах СВДМПЗ дозволяє здійснити контроль за точкою переходу екологічного навантаження за межу регенераційних можливостей системи. Реалізація методу SLC заснована на вирішенні задач поставлених перед кожним модулем окремо або перед усією сукупністю модулів у системі. Для визначення адекватності того чи іншого рішення здійснюємо перевірку обмежень для цільової функції. Для оптимізації обчислювального процесу за методом SLC використовуємо матрично-еволюційний підхід. Графічним відображенням методу SLC є паралелепіпед, ребра якого лежать на координатних осях X_1, X_2, X_3 .

Практична реалізація методу передбачає розробку моделей управління екологічною безпекою системи ЗТ.

2.5 Розробка моделей і механізму управління екологічною безпекою СВДМПЗ

2.5.1 Цикли транспортних процесів та їх вплив на стан довкілля СВДМПЗ. Управління екологічною безпекою СВДМПЗ є процесом прийняття рішень щодо ефективності екологічного підходу, тобто знаходження "розумної" безпеки екологічної системи при взаємодії СВДМПЗ із транспортною діяльністю, на кожному етапі її життєвого циклу. На існування в системі ЗТ конкретного матеріального потоку впливає безліч факторів, які формують життєві цикли або фази діяльності всіх суб'єктів СВДМПЗ.

В цілому завдання зниження антропогенного навантаження на екологічний стан системи ЗТ в умовах СВДМПЗ від транспортної діяльності пов'язано з переходом до вже відомого принципу її циклічності, згідно з якими здійснюють кругообіг технологічних процесів за допомогою так званої редукції, включаючи рециклінг відходів.

Приклади екологічних рішень за схемою $Ж - C - B - I$ та необхідний рівень надійності рухомого складу від їх реалізації наведено в табл. 2.5 [52, 53, 143-145].

Таблиця 2.5 – Схема $Ж-C-B-I$

Вид концепції	Бажаний ефект
Збільшення життєвого циклу (Ж)	Подовження терміну життя (В)
Збільшення терміну експлуатації (С)	Подовження терміну експлуатації
Збільшення інтенсивності експлуатації (І)	Підвищення інтенсивності експлуатації ρ всередині інтервалу t_n

де:

Ж – рециклінг рухомого складу з використання зелених технологій;

С – забезпечення перевізника системою контролю за технічним станом транспортного засобу;

В – спільне користування об'єктами (наприклад, автомашинами);

І – застосування вантажного електротранспорту (вантажний трамвай) з можливістю його багатоцільового використання.

Рециклінг пов'язаний із організацією системи поводження з відходами, які утворилися під час транспортної діяльності в системі ЗТ. Це насамперед, передбачає запобігання утворенню відходів, а в разі їх неминучого виникнення – повторне використання, тільки в крайньому випадку – утилізацію (поховання, переробку тощо) відходів. Останнім часом розглядають можливість застосування "зеленої" логістики, яка орієнтована на мінімізацію відходів від транспортних потоків.

З використанням загальносистемних положень сформульованої концепції "зеленої" логістики розглянемо характер впливу основних циклів системи ЗТ, починаючи від циклу його організації до припинення функціонування та рециклінгу, в тому числі для випадків, коли вплив на екологічний стан СВДМПЗ враховують чи залишають без уваги.

Вплив на екологічну безпеку циклічної діяльності об'єктів системи ЗТ в СВДМПЗ (рис. 2.12) представлено п'ятьма основними циклами [145].

Цикл Ц1 формує організацію системи ЗТ СВДМПЗ та її структуру, яка забезпечує екологічну безпеку. Це потребує відповідних витрат.

У циклі Ц2 (цикл моніторингу) всі структури мережі розподіляються за їх функціональними характеристиками. Цикл забезпечує спостереження за змінами у стані довкілля СВДМПЗ під час реалізації функціональності транспортного потоку (перевезення вантажів або пасажирів) та роботи ланок системи ЗТ (транспортні, вантажно-розвантажувальні засоби, транспортні комунікації, об'єкти інфраструктури) [144,145].

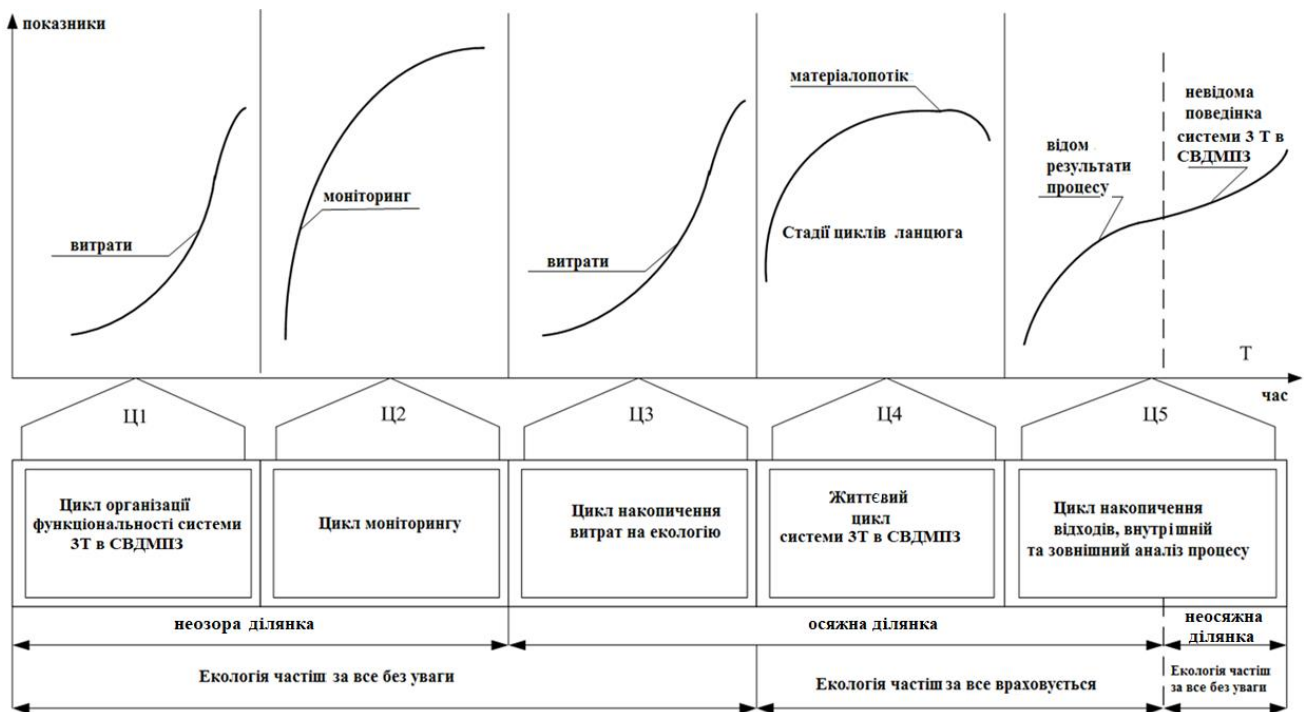


Рисунок 2.12 – Характер впливу циклічної діяльності об'єктів системи 3Т в СВДМПЗ на їх екологічну безпеку

Промисловий вплив та вплив транспортних потоків на атмосферне повітря СВДМПЗ, розсіювання енергії та матеріальних речовин підпорядковане законам біосфери. Ці закони й концепція мінімізації ентропії розширює горизонт аналізу екологічної безпеки з метою визначення факторів, що можуть призвести до незворотних наслідків стану довкілля досліджуваного середовища.

У той самий час існує невизначеність реакції мережі середовища на вплив транспортних потоків. У практиці функціонування системи 3Т СВДМПЗ цикли Ц1 і Ц2 з точки зору екологічної стійкості, як правило, є процесами, які некеровані в достатній мірі.

Цикл Ц3 передбачає накопичення витрат, які пов'язані з впливом транспортної діяльності на довкілля. Під час функціонування системи 3Т СВДМПЗ [151] у циклі Ц3 акумулюються грошові кошти від діяльності транспортного потоку, його мережі, які властиві тільки для її архітектури.

Досвід показує, що в циклах Ц1, Ц2 і Ц3 екологічні проблеми найчастіше залишаються без уваги.

Цикл Ц4 (життєвий цикл системи 3Т) передбачає надання транспортних послуг або реалізацію продукції та одержання прибутку. Цикл частково враховує екологічні наслідки транспортних процесів.

Цикл Ц5 транспортного потоку і системи 3Т – це цикл, пов'язаний із закінченням операцій, із накопиченням відходів матеріалу, енергії та їх рециклінг. На цьому етапі вже визначено обсяги накопичених відходів, витрат матеріалів та енергії.

Завершальний етап життєвого циклу є рециклінг – тісно пов'язаний із життєвим циклом потоку транспортних, вантажно-розвантажувальних, складських та управлінських комплексів системи 3Т. Це найважливіша складова завершення життєвого циклу стосовно впливу на екологічний стан СВДМПЗ.

Для практичного досягнення екологічної безпеки логістичних циклів системи 3Т СВДМПЗ фахівці рекомендують застосовувати "екологічний ланцюг цінності" ("ecological value chain") – метод, який використовують у загальному стратегічному менеджменті [148].

Екологічний ланцюг цінності (вартості) є своєрідним аналізом, який дозволяє виявити та оцінити вплив (або його відсутність) різноманітних, зв'язаних один з одним, видів діяльності на стратегічні природоохоронні цілі. На основі оцінки цього впливу у подальшому формуються об'єктивні рекомендації щодо раціоналізації структури системи 3Т, включаючи ліквідацію (реорганізацію) "малоцінних ланок". Однією з основних ідей цього методу є реалізація стратегічних завдань для ланцюжка цінностей усіх видів діяльності, включаючи підтримку інфраструктури, управління людськими ресурсами, розвиток транспортних технологій та "зеленої" логістики у СВДМПЗ.

Для аналізу системи 3Т у СВДМПЗ пропонуємо використовувати метод 7S (Structure, System, Strategy, Style, Staff, Skill + Shared values/green ethics). 7S – це, відповідно, Структура, Система, Стратегія, Стил, Персонал, Кваліфікація та Система екологічних цінностей (екологічна етика), яку поділяють учасники транспортного процесу. Метод дозволяє формувати своєрідний внутрішній "каркас" для оцінки найбільш важливих складових потенціалу досліджуваної

структури під кутом зору екологічних та етичних принципів, розроблених і прийнятих організаторами "зеленої" логістики у СВДМПЗ.

Таким чином, вплив на стан довкілля СВДМПЗ змінюється в п'яти транспортних циклах – циклі організації, циклі моніторингу, циклі накопичення витрат, які пов'язані з впливом транспортної діяльності на довкілля, життєвому циклі та циклі накопичення відходів.

2.5.2 Механізм оцінки асиміляційного потенціалу екологічної безпеки СВДМПЗ. Вплив шкідливих речовин від діяльності складових системи ЗТ на її екологічну безпеку залежить від обсягу залучених земельних, енергетичних та інших видів ресурсів, обсягу утворених метаболітів і здатності СВДМПЗ відновлювати свої природні характеристики. Доки ця здатність зберігається, додаткові витрати на відновлення параметрів, які визначають екологічну безпеку середовища промислових зон, не потрібні [143].

Отже, здатність відновлення екологічного стану СВДМПЗ називається **асиміляційним потенціалом (АП) територіальних утворень**, які включають в себе земельні ділянки, що є природним ресурсом і вилучаються в процесі надання транспортних послуг або безкоштовно, або за відповідну плату, яка залежить від розміру збитків, нанесених довкіллю.

Під асиміляційним потенціалом розуміють кількісну оцінку здатності природного середовища урбанізованої території самостійно знешкоджувати впливи шкідливих речовин, які потрапляють у довкілля від діяльності системи ЗТ, до рівня, при якому ці впливи не здійснюють шкідливий вплив на рівень життя суб'єктів у досліджуваному середовищі. У цьому випадку вважаємо, що асиміляційна властивість середовища носить комплексний фотохімічний і хіміко-біологічний характер.

Земельну ділянку ЕК, яку використовують для забезпечення функційності системи ЗТ в СВДМПЗ, будемо називати *"транспортна площа"*.

Економічну складову асиміляційного потенціалу екологічної безпеки СВДМПЗ пропонується визначати, як нескінченну здатність середовища треба,

реагувати на різноманітні впливи транспортних процесів без зміни своїх якісних параметрів. Це дозволяє розглядати екологічну безпеку СВДМПЗ як нетрадиційний ресурс, який залучають до господарської діяльності транспортних систем для збереження довкілля шляхом використання потенціалу його самозахисту. Відсутність методів кількісного визначення асиміляційного потенціалу екологічного стану СВДМПЗ перешкоджає розглядати його як об'єкт власності у сфері господарської діяльності системи ЗТ.

Нині для визначення асиміляційного потенціалу використовують метод так званого "вільного доступу". Наприклад, для оцінки асиміляційного потенціалу забруднення атмосферного повітря СВДМПЗ можна використовувати статистичний метод послідовного наближення. У першому наближенні за початковий асиміляційний потенціал приймають мінімальні сумарні викиди при реалізації механізму мінімізації транспортних викидів.

Асиміляційний потенціал екологічної стійкості СВДМПЗ визначають для конкретної території або району ЕК. Для використання АП при регулюванні антропогенного впливу транспортних процесів на атмосферне повітря СВДМПЗ, необхідно враховувати такі умови його застосування [52, 53]:

- величина АП для забезпечення екологічної безпеки території (наприклад, транспортної площі) СВДМПЗ визначається з урахуванням всього різноманіття факторів, які відображають особливості території та екстериторіальний вплив транспортних потоків;
- характер і величина зміни АП змінюються в часі, тобто в динаміці;
- визначене часткове значення АП можна використовувати для забезпечення ефективності транспортних потоків без загрози якісних змін екологічного стану СВДМПЗ, які не сумісні з проживанням людини на даній території;
- визначається мінімальне значення АП для середовища промислових зон, при якому подальше антропогенне навантаження не припустиме.

Отже, асиміляційний потенціал можна визначити як безкоштовний ресурс транспортної площі, при наявності якого не відбувається якісних змін

середовища промислових зон. У цьому випадку додаткових компенсаційних заходів із відновлення досліджуваного середовища від впливу транспортних потоків і приведення його до стану, що сприяє нормам безпечного і здорового рівня життя, не потрібно.

Таким чином, величина АП може бути інтерпретована як безкоштовний природний ресурс, що дозволяє отримувати доходи без додаткових витрат, тобто дохід рентного типу. Виходячи з того, що будь-який ресурс є об'єктом власності і може перебувати в товарному обороті, а отже, мати вартісну оцінку, асиміляційний потенціал також може бути оцінений загальною величиною витрат на підтримку асиміляційного потенціалу довкілля досліджуваного середовища ($P_{АП}$). АП стає звичайним товаром, який бере участь у господарській діяльності та підпорядкований ринковим законам попиту й пропозиції. Механізм використання асиміляційного потенціалу для забезпечення екологічної безпеки СВДМПЗ (транспортних площ) представлено у вигляді залежностей витрат на підтримку асиміляційного потенціалу довкілля $P_{АП}$ від кількості викидів забруднюючих речовин (W) (рис. 2.13) [52, 53].

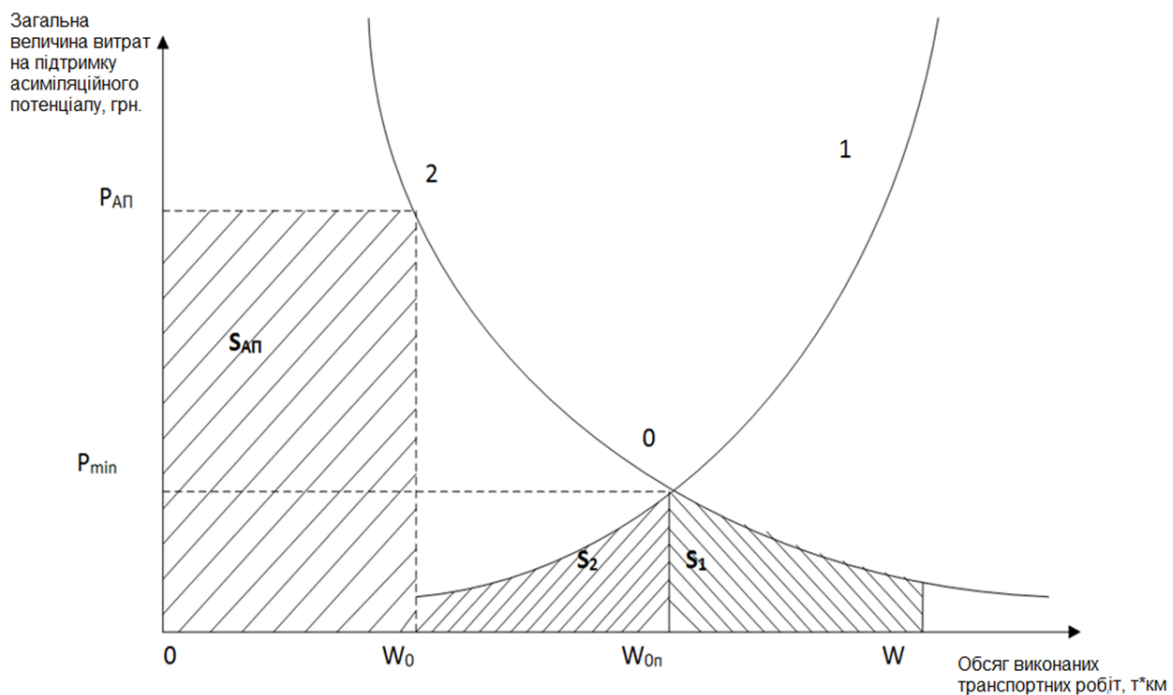


Рисунок 2.13 – Залежність витрат на підтримку асиміляційного потенціалу довкілля ($P_{АП}$) від кількості викидів забруднюючих речовин (W)

де:

$S_{АП}$ – величина асиміляційного потенціалу довкілля середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон;

S_1 – витрати на зменшення антропогенного впливу транспортної діяльності;

S_2 – витрати, пов'язані з погіршенням екологічного стану середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон;

W_{on} – економічно оптимальний рівень антропогенного впливу транспортної діяльності;

$P_{АП}$ – загальна величина витрат на підтримку асиміляційного потенціалу довкілля досліджуваного середовища;

P_{min} – мінімальна величина витрат на підтримку потенціалу для утримання можливої межі його використання без нанесення шкоди екологічному стану досліджуваного середовища.

По мірі збільшення шкідливих викидів від діяльності транспортної системи (крива 2) АП зменшується, а соціальний збиток у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон (крива 1) навпаки зростає.

Перетин кривих 1 і 2 дає точку О, координата якої по осі ординат означає величину асиміляційного потенціалу довкілля для мінімального обсягу викидів як результату транспортних процесів, а по осі абсцис – точку економічного оптимуму забруднення досліджуваного СВДМПЗ [52, 53]. У точці встановлюється рівновага між граничними природоохоронними витратами і граничним соціальним збитком від забруднення. Чітко виділяється ділянка прояву асиміляційних властивостей, які можуть бути безкоштовно залучені в господарський обіг від освоєння транспортних потоків ($S_{АП}$).

Якщо криву 2 представити як криву попиту на викиди шкідливих речовин, а соціальний збиток (крива 1), як криву пропозиції, то оптимальний обсяг викидів (W_{on}), визначить точку так званого економічного оптимуму, який часто

хибно приймають за мінімальне значення асиміляційного потенціалу СВДМПЗ. Асиміляційний потенціал визначається точкою W_0 і ця величина визначає можливості знешкодження викидів шкідливих речовин.

На відрізку $0 - W_0$ шкоди для довкілля не спостерігаємо, оскільки величина впливу не перевищує АП вулично-дорожнього середовища промислових зон (транспортної площі) і токсичність викидів транспортом нейтралізується без змін якості середовища. Далі, при зростанні величини впливу понад W_0 , соціальний збиток зростає (крива 1). Для зменшення антропогенного впливу (величина W) необхідно збільшення АП і витрати суттєво зростають при зниженні W (крива 2).

Економічна оцінка АП здійснюється, виходячи з необхідності раціонального використання цього природного ресурсу. Здійснювати очищення більш тонко, ніж можливості природи, економічно не вигідно і з погляду суспільства є марнотратним. Очищення гірше за рівень АП призводить до підвищеного соціального збитку і накопичення шкідливих речовин та деградації навколишнього природного середовища.

Цінність АП визначається тією роллю, яку він відіграє у процесі формування витрат і результатів виробничої діяльності. Наприклад, достатня ємність АП дозволяє викидати відходи у довкілля і тим самим економити на очищенні і утилізації метаболітів. Одночасно з цим забезпечується стійкість екосистеми до антропогенного впливу та збереження здатності запобігати збитку, який може бути викликаний погіршенням екологічного стану досліджуваного середовища.

Звідси випливає, що збережені витрати (запобігання забрудненню довкілля транспортною системою або відвернений збиток) визначають основу економічної оцінки асиміляційного потенціалу. Якщо величина забруднення не перевищує гранично допустимих викидів, то стан довкілля середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон самостійно, без додаткових витрат здатне подолати наслідки з антропогенного навантаження із забруднення зовнішнього

природного середовища. Асиміляційний потенціал, як точка перетину кривих попиту на викиди і граничного соціального збитку, з яким, за можливості, повинні збігатися пропозиції, є орієнтиром при вирішенні багатьох економічних питань збереження довкілля СВДМПЗ.

2.5.3 Модель управління величиною екологічного збитку у системі ЗТ в умовах СВДМПЗ. Згідно зі стратегією Номо економікус, подолання негативних наслідків впливу транспортних потоків на СВДМПЗ вимагає від транспортних компаній і власників транспортних засобів вирішення еколого-економічних проблем, у зв'язку з екологічними потребами соціуму, що проживає в СВДМПЗ [42, 43, 145, 152, 154].

Збиток від забруднення досліджуваного середовища – це грошова оцінка негативних змін основних властивостей середовища під впливом забруднень транспортними системами, від погіршення здоров'я людини, від зниження ефективності систем, які обслуговують життєдіяльність підприємств у досліджуваному середовищі.

Теоретична залежність обсягу витрат на переміщення матеріального потоку в системі ЗТ та витрати, які необхідно передбачати на здійснення природоохоронних заходів у досліджуваному середовищі, наведено на рисунку 2.14.

Введення залежності S_1 (граничні екологічно-соціальні витрати) співвідношення між D (попит) і S (пропозиція) зі сфери оптимального рішення зсувається в бік зменшення транспортного потоку. Площа $ABCF$ характеризує втрату ефективності, а площа CFE – екологічний оптимум транспортного потоку з урахуванням витрат на захист довкілля зовнішнього СВДМПЗ [145, 153].

Якщо зобразити економічний механізм визначення екологічного збитку для природних об'єктів у системі ЗТ у вигляді моделі "попит-пропозиція", то точки перетину кривих визначатимуть економічно оптимальний обсяг шкідливих викидів та їх мінімуму, тобто асиміляційного потенціалу.

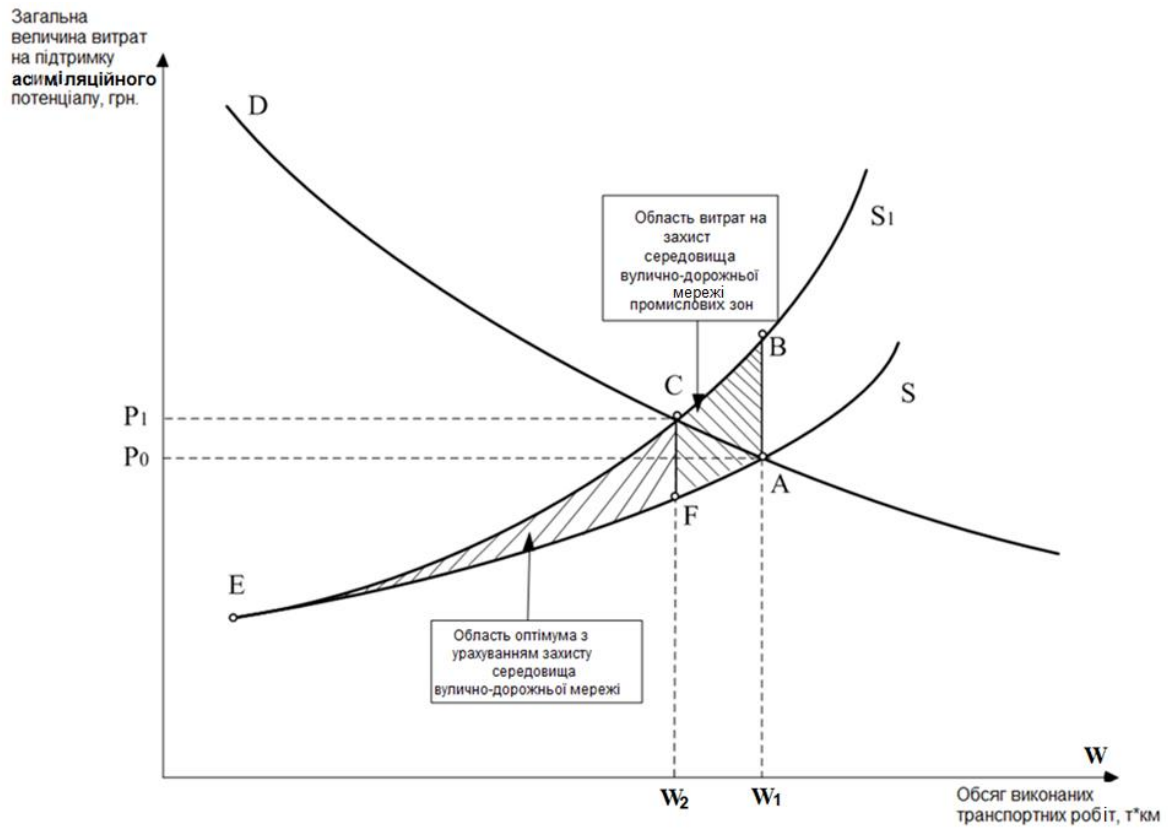


Рисунок 2.14 – Економічний оптимум ефективності системи 3Т з урахуванням витрат на захист довкілля СВДМПЗ

Розглянемо приклад управління величиною екологічного збитку при утилізації відходів у системі 3Т СВДМПЗ (рис. 2.15).

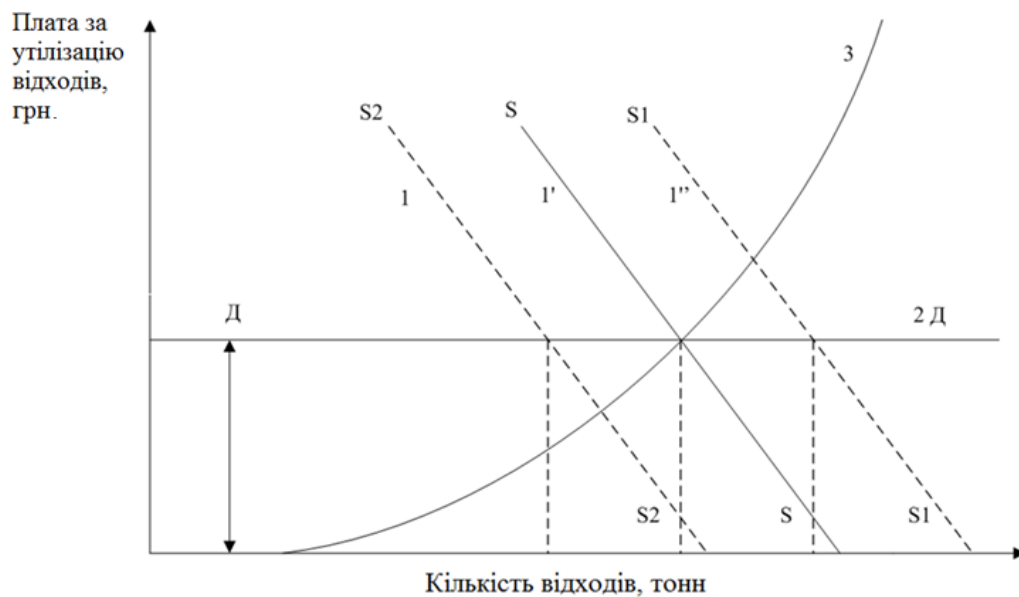


Рисунок 2.15 – Ринкові принципи збереження довкілля СВДМПЗ при взаємодії попиту і пропозиції

де:

I, I', I'' – попит на споживанні послуги (попит на знешкодження викидів шкідливих речовин);

2 – пропозиції (екологічні вимоги);

3 – граничний екологічний збиток.

Попит на утилізацію відходів або викидів шкідливих речовин змінюється по кривій (S-S), а соціально-екологічні – вимоги по горизонтальній прямій (Д-Д), яка паралельна осі абсцис і відображає стабільну, затверджену плату за утилізацію відходів (екологічний податок).

Точка перетину відповідає еколого-економічному оптимуму, який визначається обсягом викидів, які щорічно погоджують державні органи екологічного управління. Вони можуть бути як менше (крива S2-S2), так і більше оптимуму (крива S1-S1). Недоліком такого підходу є використання довільно визначеного обсягу шкідливих речовин і постійний норматив плати за збитки довкіллю, що не стимулює підприємців знижувати рівень забруднення довкілля (крива Д-Д). Таким чином, здійснювати управління екологічним збитком для природних об'єктів у системі 3Т СВДМПЗ пропонуємо за моделлю "попит (попит на викиди шкідливих речовин у довкілля) – пропозиція (величина екологічного збитку)", в якій точки перетину кривих визначають економічно оптимальний обсяг шкідливих викидів і їх мінімум, тобто асиміляційний потенціал.

2.6 Практична оцінка ефективності логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки складових системи 3Т

Для оцінки ефективності логістичної концепції забезпечення необхідно угруповання показників, що визначають екологічну безпеку складових системи 3Т (рис. 1.18) і визначають розвиток їх ранжування (дані наведено в таблиці 2.6.).

Базовим етапом роботи з експертами, які визначають ефективність логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки системи ЗТ, є характеристика консистентності їх оцінок.

Ця консистентність визначається за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла (W) [150, 151]:

$$W = S / (1/12 n^2 (m^3 - m) - n \Sigma T)), \quad (2.30)$$

$$S = \sum_{g=1}^m \left(\sum_{i=1}^n C_{gi} - \frac{\sum_{g=1}^m \sum_{i=1}^n C_{gi}}{m} \right)^2, \quad (2.31)$$

Таблиця 2.6 – Фактори, що визначають ступінь безпеки системи ЗТ в умовах СВДМПЗ

Найменування груп розподілу складових системи ЗТ	Умове позначення показника	Найменування показника	Ранг показника
1	2	3	4
Економічна група	r ₁	Обсяг продукції, що випускають підприємства в умовах СВДМПЗ	3
	r ₂	Асиміляційний потенціал складових системи в умовах СВДМПЗ	16
	r ₃	Протяжність вулиць в умовах СВДМПЗ	4
	r ₄	Питома вага муніципального транспорту	5
	r ₅	Питома вага промислового транспорту	17
	r ₆	Питома вага приватного транспорту	6
	r ₇	Питома вага спеціалізованого транспорту	15
	r ₈	Обсяг інвестицій в основний капітал муніципальних транспортних підприємств	1
	r ₉	Обсяг інвестицій в основний капітал промислових транспортних підприємств	11
	r ₁₀	Оборот (виручка) комерційних підприємств від реалізації транспортних (робіт і послуг)	12
	r ₁₁	Оборот (виручка) муніципальних підприємств від реалізації транспортних (робіт і послуг)	2
	r ₁₂	Обсяг кредитів, наданих муніципальним підприємствам, організаціям в умовах СВДМПЗ	13
	r ₁₃	Обсяг кредитів, наданих промисловим підприємствам, організаціям в умовах СВДМПЗ	14

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
	Γ_{14}	Питома вага прибуткових організацій, що забезпечують життєдіяльність СВДМПЗ	22
	Γ_{15}	Сума укладених договорів лізингу для транспортних підприємств	9
	Γ_{16}	Сума екологічних штрафів від діяльності промислових підприємств	7
	Γ_{17}	Сума екологічних штрафів від діяльності муніципальних підприємств	8
Соціальна група	Γ_{18}	Заробітна плата працівників підприємств муніципального транспорту	25
	Γ_{19}	Заробітна плата працівників підприємств промислового транспорту	23
	Γ_{20}	Відсоток ДТП промислового транспорту від загального обсягу ДТП в умовах СВДМПЗ	24
	Γ_{21}	Обсяг фінансових затрат на усунення результатів ДТП в умовах СВДМПЗ	21
	Γ_{22}	Відсоток площ, які займають рекреаційні території від загальної площі СВДМПЗ	18
Екологічна група	Γ_{23}	Відсоток площ, які займають транспортні території від загальної площі СВДМПЗ	19
	Γ_{24}	Відсоток площ, які займають промислові підприємства від загальної площі СВДМПЗ	20
	Γ_{25}	Відсоток транспорту, строк експлуатації якого вище від паспортних, установлених норм	10
	Γ_{26}	Витрати на екологічні заходи, що спрямовані на забезпечення екологічної безпеки СВДМПЗ	26

$$T = \frac{1}{12} \sum_{d=1}^D (R_d^3 - R_d) , \quad (2.32)$$

де:

n – кількість факторів;

m – кількість експертів;

C_{gj} – оцінка важливості j -го фактора, яка дана g -м експертом (в рангах);

T – показник пов'язаних рангів;

D – число груп пов'язаних рангів;

R_d – число рівних рангів в d -й групі.

Для оцінки статистичної значущості коефіцієнтів конкордації використовується критерій χ^2 Пірсона, який підпорядковується χ^2 розподілу з числом ступенів свободи $(m-1)$. Він обчислюється за формулою:

$$\chi^2 = W n(m-1), \quad (2.33)$$

Для досягнення адекватності коефіцієнта конкордації W необхідно і достатньо, щоб обчислене значення χ^2 було більше табличного, визначеного числом ступенів свободи $(m-1)$ і рівнем довірчої ймовірності ρ .

Розрахунок коефіцієнта конкордації і перевірка його значущості дали такі результати:

$$\begin{aligned} W &= 0,53; & \chi^2_{разр} &= 198,7; \\ \chi^2_{разр} &= 198,7 > \chi^2_{табл} = 37,7. \end{aligned}$$

Отже, припущення того, що існує узгодженість показань експертів, яка обчислена за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла, підтверджується. Між експертами існує консистентність про вагову оцінку факторів.

Розроблена наукова концепція забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ в сучасних економічних умовах СВДМПЗ базується на необхідності визначення та ідентифікації базових чинників, від яких залежить її ефективність і безпека.

Основним методом формування цієї наукової концепції є статистичне моделювання на основі кореляційно-регресійного аналізу.

У проведеному дослідженні результативним показником виступатиме обсяг виконаних транспортних робіт в умовах СВДМПЗ, в існуючих екологічних обмеженнях відповідно до нормативу ISO:1004, а факторними ознаками – показники факторів, які характеризують процес життєзабезпечення складових середовища.

Для проведення дослідження адекватності концепції була побудована кореляційна матриця для визначення ступеня залежності між результативним показником і змінними – регресійні залежності (табл. 2.6 та рис. 2.16).

Кореляційна матриця показників відображає прямий тісний зв'язок (коефіцієнт кореляції вище 0,7) між обсягом транспортних робіт (r_1) і показниками: сума екологічних штрафів від діяльності муніципального і промислового транспорту (r_{16} і r_{17}) в умовах СВДМПЗ на прикладі м. Маріуполь.

Найвищий коефіцієнт кореляції (0,97) характеризує зв'язок між виручкою муніципальних підприємств від реалізації транспортних робіт і послуг (r_{11}) із кредитами для муніципальних транспортних підприємств (r_{12}).

У той же час зв'язок відсотка ДТП промислового транспорту від загального обсягу ДТП з обсягом фінансових затрат на усунення результатів ДТП в умовах СВДМПЗ (-0,74) підкреслює рівень економічної кризи досліджуваної системи.

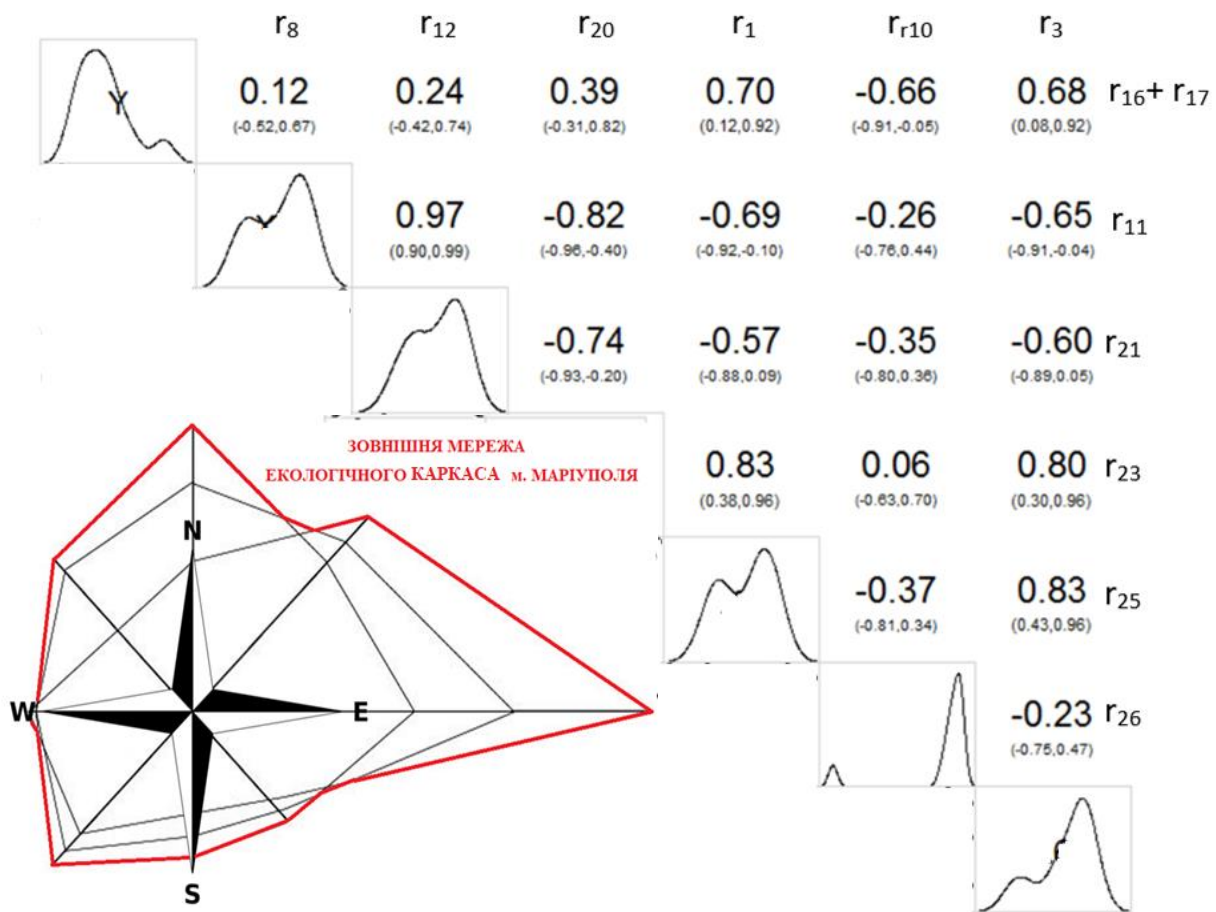


Рисунок 2.16 – Матрично-еволюційний підхід визначення показників, що характеризує стан системи ЗТ в рамках концепції (на прикладі міста Маріуполь)

Така ситуація характеризує залежність обсягу транспортних робіт від процесу урбанізації досліджуваного середовища. Регресійні залежності, які розкривають зв'язок обсягів транспортної роботи з рівнем розвитку, що запроваджує економічні механізми в умовах СВДМПЗ, мають вигляд:

$$Y = -199,74 + 0,381r_8 + 0,12r_9 + 0,597r_{10} + 0,801r_{11} + 0,712r_{12} - 0,567r_{13} - 0,356r_{14}$$

$$(R^2 = 0.97)$$

Негативний характер стосовно обсягу виконаних робіт виявляють такі фактори, як інвестиції, що засвідчують про низьку довіру до системи ЗТ в умовах СВДМПЗ.

$$Y = 318.82 - 0,52r_{26}$$

$$(R^2 = -0.23)$$

Низький рівень коефіцієнта значущості при оцінці впливу природоохоронної діяльності свідчить про низький зв'язок заходів, пов'язаних з охороною навколишнього середовища.

2.7 Висновки до розділу 2

1. Аналіз системи ЗТ СВДМПЗ дозволив надати якісну та кількісну оцінку її структурності та функціональності, а саме: система ЗТ СВДМПЗ є структурно складною, має дві групи властивостей – спадкові, які перейшли зі складових надсистеми, та власні. Система включає 4 сектори сформованих із 31 функціонального об'єкта, що мають окремі завдання, з яких 14 мають емерджентні ознаки та забезпечують рівень її функціональності. Кількісна оцінка фазових і функціональних складових системи ЗТ визначена за індикаторною системою стійкості, а саме: індикатор впливу транспортних потоків на довкілля; індикатор економічної ефективності архітектури ЕК

вулично-дорожньої мережі; індикатор соціальної ефективності ЕК. Результати оцінки відображають відсутність ресурсу екологічної безпеки системи від впливу транспортних потоків (індикаторна оцінка «0»), та негативний баланс у напрямку забезпечення економічної ефективності архітектури ЕК вулично-дорожньої мережі в промислових зонах на прикладі м. Маріуполь (індикаторна оцінка – «-1,63»). Koreгування теорії відображає «сповзання» показників на величину від 10 до 15%, що, на наш погляд, дає більш адекватну оцінку безпеки системи. Отримані результати дозволяють зробити припущення: безпека системи 3Т зумовлена низьким рівнем взаємодії її складових із архітектурою та потенціалом ЕК. Проведений аналіз дозволив сформулювати поняття "екологічна безпека середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон".

2. Розроблена концепція «Green lean logistic» спрямована на створення умов ефективного управління екологічною безпекою складових системи 3Т та забезпечення безпеки макрологістичних транспортних процесів, що дозволяє якісно описати залежність сумарних витрат часу на їх реалізацію від обсягів "екологічних" інвестицій у сучасних економічних умовах розвитку СВДМПЗ. Управління "екологічними" інвестиціями, які спрямовані на безпеку природних об'єктів системи 3Т, пропонуємо здійснювати за моделлю "попит (попит на викиди шкідливих речовин у довкілля) – пропозиція (величина екологічного збитку)", в якій визначається економічно оптимальний обсяг шкідливих викидів та їх мінімум, тобто асиміляційний потенціал досліджуваного середовища. Таким чином асиміляційний потенціал стає продуктом в економічному ланцюгу забезпечення ефективної діяльності системи 3Т в умовах СВДМПЗ.

3. Розроблений метод SLC (SMART LOCUS CONTROL – контролю екологічної безпеки) системи 3Т СВДМПЗ дозволяє здійснити контроль за точкою переходу екологічного навантаження за межу регенераційних можливостей природної системи. Метод дає змогу забезпечити управління екологічною безпекою вулично-дорожнього середовища промислової зони. Реалізація методу SLC заснована на вирішенні задач забезпечення ефективності складових системи 3Т окремо або всієї сукупності разом. Для визначення

адекватності того чи іншого рішення здійснюється перевірка обмежень для цільової функції. Для оптимізації обчислювального процесу за методом SLC використовуємо кореляційну матрицю, яка будується на принципах методу 7S (Structure, System, Strategy, Style, Staff, Skill + Shared values/green ethics). Для забезпечення екологічної безпеки логістичних циклів транспортної системи у вулично-дорожньому середовищі промислових зон застосовано "екологічний ланцюг цінності", згідно з яким формують стратегічні завдання для ланцюжка цінностей усіх видів діяльності, включаючи підтримку інфраструктури, управління людськими ресурсами, розвиток транспортних технологій у СВДМПЗ.

4. Обчислена оцінка ефективності розробленої логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла. У проведеному дослідженні результативним показником виступає обсяг виконаних транспортних робіт в умовах СВДМПЗ, в існуючих екологічних обмеженнях згідно з нормативом ISO:1004, а факторними ознаками – показники факторів, що характеризують процес життєзабезпечення складових середовища. Кореляційна матриця показників відображає прямий тісний зв'язок (коефіцієнт кореляції вище 0,7) між обсягом транспортних робіт і таким показником: як сума екологічних штрафів від діяльності муніципального і промислового транспорту (r_{16} і r_{17}) в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ на прикладі м Маріуполь.

5. Найвищий коефіцієнт кореляції (0,97) характеризує зв'язок між обсягом транспортних робіт із кредитами для муніципальних транспортних підприємств. У той же час зв'язок відсотка ДТП промислового транспорту від загального обсягу ДТП з обсягом фінансових затрат на усунення результатів ДТП в умовах СВДМПЗ виражається коефіцієнтом -0,74, що характеризує негативний зв'язок між цими показниками. Така ситуація характеризує залежність обсягу транспортних робіт від процесу урбанізації досліджуваного середовища.

Матеріали розділу представлені в роботах [113], [121-125], [138], [141-149], [152-154].

РОЗДІЛ 3

УПРАВЛІННЯ СТУПЕНЕМ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА СЕРЕДОВИЩЕ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН

3.1 Економіко-екологічна характеристика впливу транспортного потоку на СВДМПЗ

Ефективне управління транспортними потоками в СВДМПЗ здійснюють за допомогою комплексу інтегрованих рішень на основі високих технологій, інтелектуальних методів моделювання руху транспортних засобів, програмного забезпечення, обробки інформації про транспортні процеси в режимі реального часу [155]. Якість управління транспортними потоками забезпечують своєчасною реакцією системи на зміну умов дорожнього руху в СВДМПЗ. Таким чином, реалізація стратегії управління екологічною безпекою транспортного потоку в умовах СВДМПЗ за рахунок використання методів короткострокового прогнозу є актуальним завданням для міст із великим обсягом промислових вантажопотоків та пасажиропотоків.

Транспортний потік у СВДМПЗ забезпечує реалізацію поточкових процесів від транспортного обслуговування сировинної бази до доставки готової продукції. Функціональність та екологічна безпечність транспортного потоку залежить від циклічної взаємодії її складових та динамічності роботи суб'єктів, що забезпечують життєдіяльність СВДМПЗ на різних рівнях (державна/регіональна, муніципальна, промислова) (рис.3.1), що в свою чергу суттєво впливає на довкілля [90, 156].

Отже, формування механізму ефективного управління екологічною безпекою транспортними потоками дозволить захистити зовнішнє природне середовище від негативного впливу їх складових в умовах СВДМПЗ.



«Діджіталізаційна складова» (Д) – пошук, збір, обробка і збереження технічної, економічної, облікової та іншої інформації;

«Розробка та прийняття управлінських рішень» (Р) – дослідження, науково-технічні розробки, техніко-економічні розрахунки, прогноз, формування рішень з економічних, організаційних, соціальних та інших питань;

«Організаційна складова» (О) – оперативне планування, диспетчеризація, координація, контроль за якістю виконання.

Рисунок 3.1 – Система циклічної взаємодії складових суб'єктів СВДМПЗ

Для оцінки проектної безпечності (абсолютної) організації структурних, функціональних та управлінських компонентів транспортних потоків скористаємося визначенням норми абсолютної організації його компонентів, запропонованої Г.А. Голіциним [157]:

$$Q_{ni} = \frac{\sum_{j=1}^m y_j^{(i)} \cdot Q_{nj}^{(i)}}{\sum_{j=1}^m y_j^{(i)}}, \quad (3.1)$$

де:

Q_{ni} – норма (показник) абсолютної організації i -го компоненту, яка відповідає цілям транспортних потоків;

$Q_{nj}^{(i)}$ – норма (показник) абсолютної організації j -го компоненту середовища для i -го компонента системи транспортних потоків;

$y_j^{(i)}$ – жорсткість (допустима межа коливань) норми $Q_{nj}^{(i)}$.

Як правило, структуру транспортних потоків у СВДМПЗ формують на тривалий термін і тоді норму визначають динамікою змін від початкового до поточного їх стану [157]:

$$Q_{ni} = \frac{\sum_{j=1}^f y_j^{(i)} \cdot Q_{nj}^{(i)}}{\sum_{j=1}^f y_j^{(i)}}. \quad (3.2)$$

Систему транспортних потоків у межах СВДМПЗ можна представити об'єднанням множин:

$$S \Leftrightarrow \langle \{A\} \cup \{B\} \cup \{U\} \rangle, \quad (3.3)$$

де:

$\{A\}$ – множина рухомого складу та об'єктів транспортної інфраструктури;

$\{B\}$ – множина логістичних транспортних потоків;

$\{U\}$ – множина управлінських рішень.

Складові транспортних потоків є джерелом забруднення СВДМПЗ, що погіршує стан природної рівноваги зовнішнього середовища. Забруднювачі безперервно включаються в кругообіг речовин в екологічний цикл СВДМПЗ.

"Вузловими" факторами, які впливають на ефективність управління екологічною стійкістю є промислові та муніципальні складові транспортних потоків, що формують спектр основних типів забруднень у СВДМПЗ. Типи забруднення СВДМПЗ транспортними потоками наведено в таблиці 3.1 [44, 55].

Таблиця 3.1 – Типи забруднень СВДМПЗ від системи транспортних потоків

Основні типи забруднень середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон			
Фізичне (теплове, шумове, електромагнітне, світлове, радіоактивне)	Хімічне (важкі метали, пестициди, пластик, пластмаса та ін.)	Біологічне (біогенне, мікробіологічне, генетичне)	Інформаційне (інформаційний "шум", помилкова інформація, фактори занепокоєння)

Функціональний зв'язок транспортної та екологічної складових в умовах СВДМПЗ можна представити як функцію (сукупність екологічних характеристик $(EX_1, EX_2, \dots, EX_n)$ і передавальної функції ПФ):

$$F_C = f(EX_1, EX_2, \dots, EX_n, ПФ). \quad (3.4)$$

Сукупність екологічних характеристик основних типів забруднень від транспортних потоків $(EX_1, EX_2, \dots, EX_n)$ в досліджуваному середовищі схематично представлено на рис. 3.2 [45-46, 47, 145].

Вплив на природні ресурси матеріальних об'єктів транспортних потоків здійснюється при надходженні в природне середовище промислової зони газоподібних, твердих і рідких речовин, що негативно впливають на компоненти атмосфери {А}, гідросфери {Г}, літосфери {Л}. Для живого об'єкта екологічну характеристику називають біотичною, а для неживого – абіотичною.

Основними показниками якості атмосферного повітря в СВДМПЗ є гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі на висоті 2 м від поверхні землі. При одночасному вмісті в повітрі кількох речовин односпрямованої дії необхідно виконувати умову [45-47, 145]:

$$(C_1/ПДК_1) + (C_2/ПДК_2) + \dots + (C_n/ПДК_n) \leq 1 \quad (3.5)$$

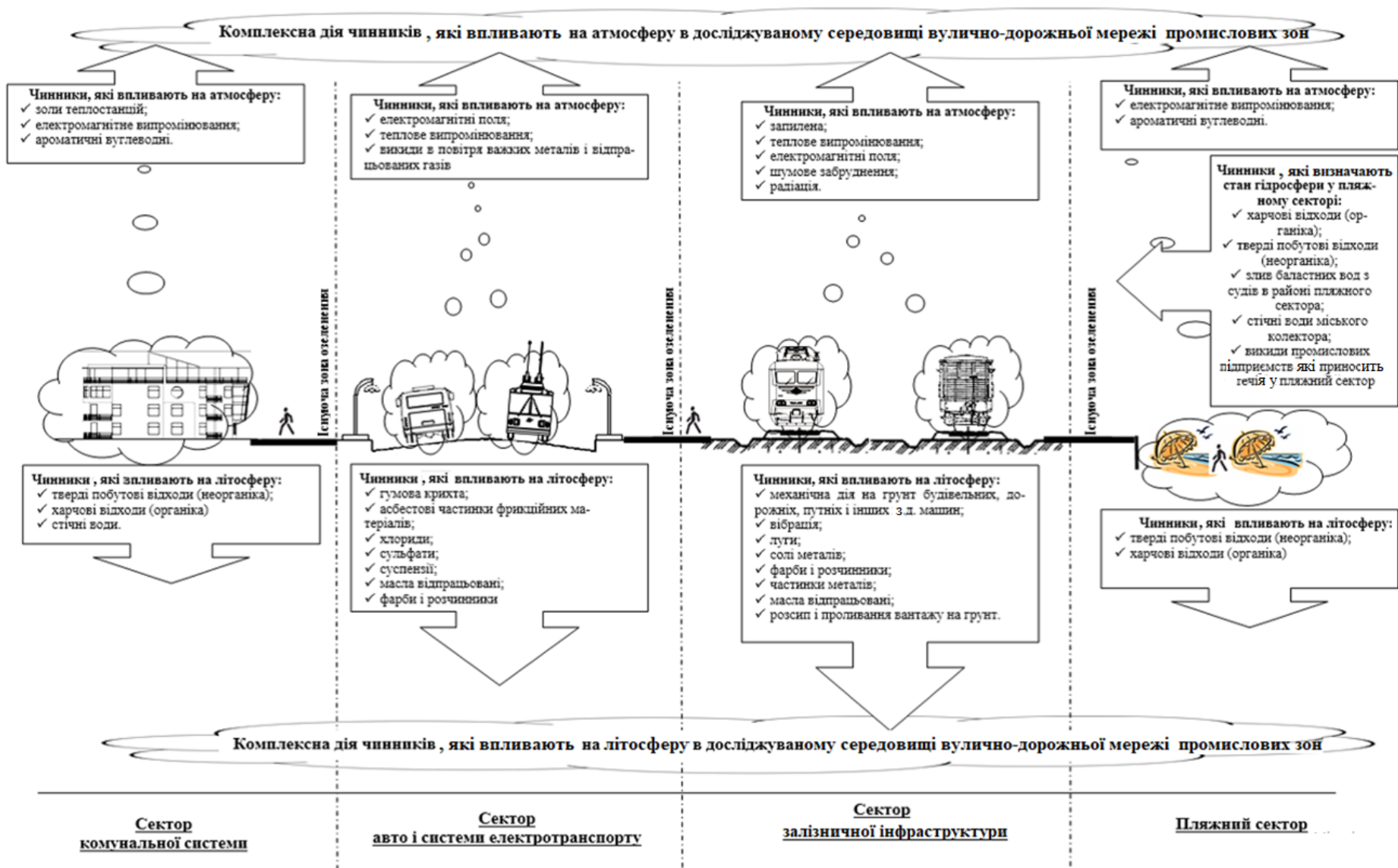


Рисунок 3.2 – Основні типи забруднень від транспортних потоків в умовах СВДМПЗ

де:

$C_1, C_2, \dots, C_n$ – концентрація 1, 2, ..., n шкідливих речовин у повітрі;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ – гранично допустима концентрація 1, 2, ..., n шкідливих речовин у повітрі;

n – кількість шкідливих речовин у повітрі.

Якість атмосферного повітря періодично контролюють, тобто проводять перевірку відповідності показників атмосферного повітря вимогам нормативно-технічної документації. Для оцінки якості атмосферного повітря використовують окремі і комплексні показники забруднення атмосфери.

Плату за викиди забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел (вантажно-розвантажувальні роботи, ремонтні процеси з рухомим складом), які не перевищують гранично допустимі нормативи викидів, визначають за формулою [45-47, 145]:

$$P_{CHtrans} = \sum_{i=1}^n C_{Hiatm} \cdot M_{Hiatm}$$

при

$$M_{iatm} \leq M_{Hiatm}, \quad (3.6)$$

де:

i – вид забруднюючої речовини ($i = 1 \dots n$);

C_{Hiatm} – ставка плати за викид 1 тонни i -ої забруднюючої речовини в межах допустимих нормативів викидів, грн/т;

M_{Hiatm} – фактичний викид i -ої забруднюючої речовини;

M_{Hiatm} – гранично допустимий викид i -ої забруднюючої речовини, тонн.

Ставку плати за викид 1 тонни i -ої забруднюючої речовини в межах допустимих нормативів викидів визначають за формулою:

$$C_{H_{iатм}} = H_{бн_{iатм}} \cdot K_{E_{атм}}, \quad (3.7)$$

де:

$H_{бн_{iатм}}$ – базовий норматив плати за викид 1 тонни i -ої забруднюючої речовини в розмірах, що не перевищують гранично допустимі нормативи викидів;

$K_{E_{атм}}$ – коефіцієнт екологічної ситуації та екологічної значимості атмосфери в даному секторі СВДМПЗ.

Плату за перевищення допустимих викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел (транспортних потоків) можна визначити за формулою [145]:

$$П_{CH_{\text{транс}}} = \sum_{j=1}^n П_{Hj} \cdot d_j, \quad (3.8)$$

де:

j – тип транспортного засобу;

n – кількість транспортних засобів у кластері;

$П_{Hj}$ – плата за допустимі викиди забруднюючих речовин від j -го типу транспортного засобу;

d_j – частка транспортних засобів j -го типу в транспортному потоці, що не відповідають стандартам (визначається як відношення кількості транспортних засобів, які не відповідають вимогам стандартів, до загальної кількості перевірених транспортних засобів).

Забруднення гідросфери здійснюють нафтопродукти (мазут, мастильні матеріали, бензин, газ) виробничі стічні води від сервісного обслуговування рухомого складу. Крім того, в стічних водах можуть бути присутні феноли, зважені частинки, органічні (фарба, розчинники) і синтетичні поверхнево-активні речовини, солі важких металів. Побутові стоки містять органічні забруднювачі (сполуки вуглецю і азоту), поверхневі включають в себе дощові та

снігові стоки зі станційних майданчиків, територій підприємств, місць паркування рухомого складу, покрівель виробничих та службово-технічних будівель. Поверхневі води змивають у ґрунт такі шкідливі речовини, як лути [145].

При забрудненні літосфери в результаті руху транспортних потоків у ґрунти потрапляють речовини органічного та неорганічного походження. Ступінь забруднення ґрунту СВДМПЗ оцінюють за сумарним показником хімічного забруднення (Z_c), який характеризує ступінь хімічного забруднення ґрунтів шкідливими речовинами досліджуваних територій і який визначають як суму коефіцієнтів концентрації окремих компонентів забруднення [45-47, 145]:

$$Z_c = K_c + \dots + K_{ci} + \dots + K_{cn} - (n-1), \quad (3.9)$$

де:

K_c – встановлений згідно з Кіотським протоколом максимально можливий коефіцієнт забруднення досліджуваного середовища;

n – число визначених компонентів;

K_{ci} – коефіцієнт концентрації i -ї забруднюючої речовини, що дорівнює кратності перевищення її вмісту над фоновим значенням.

Кількісну оцінку техногенного впливу транспортних потоків на середовище визначають коефіцієнтом деформації (КД) його властивостей, який дорівнює відношенню величин зміни значення показника (властивостей, процесу, параметра) під впливом техногенності дій ($З_T$) до відповідного фонового природного значення ($З_\phi$) [45-47, 145]:

$$КД = \frac{З_T}{З_\phi} = \frac{З_\Pi - З_\phi}{З_\phi}, \quad (3.10)$$

де:

$З_{\Pi}$ – поточне значення показника (властивостей, параметра).

Порівняльно-граничний метод оцінки забруднення ґрунтується на порівнянні рівня фактичного забруднення компонента екосистеми (повітря, води, ґрунту) будь-яким забруднювачем ($З$) зі значенням гранично допустимого ($ГД$) рівня забруднення.

За рівень допустимого забруднення приймається гранично-допустимі для людини санітарно-епідеміологічні значення. Показником забрудненості є коефіцієнт забруднення середовища [45-47, 145]:

$$K_{зд} = \frac{\sum_{i=1}^k \left(\frac{З}{ГД} \right)}{K_{\Pi}}, \quad (3.11)$$

де:

K_{Π} – кількість забруднюючої речовини, кг.

Залежність властивостей транспортних потоків ($ВТП$) у СВДМПЗ від величини факторів впливу (Φ) називають екологічною характеристикою [45-47, 145]:

$$E_{ВТП} = f(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n). \quad (3.12)$$

До факторів впливу належать такі, як недосконалість технології перевізного процесу, наднормативні терміни експлуатації рухомого складу, недостатній темп заміни структури парків рухомого складу, втрати частини продукції, використання несправного рухомого складу, відмови рухомого складу, аварії та їх наслідки, втрати продукції, забруднення на пунктах підготовки і ремонту рухомого складу та інші фактори.

Окремо розглянемо зміни екологічної безпеки транспортних потоків у ситуаціях, які можуть виникати у СВДМПЗ.

При перевезенні небезпечних вантажів промисловим транспортом у межах СВДМПЗ до порушення допустимих умов експлуатації транспортних потоків може призвести аварійна ситуація. До небезпечних вантажів належать: вибухові і піротехнічні речовини, гази, легкозаймисті рідини та тверді речовини, отруйні, інфекційні речовини та окиснювачі, органічні та радіоактивні речовини тощо.

Частину території ЕК СВДМПЗ, в межах якої проявляється шкідливий вплив, називають *зоною ураження при аварійній ситуації*.

Наслідки аварійних ситуацій залежать від місця розташування джерела аварії, особливості формування розливів та фізико-механічних і хімічних властивостей забруднювача. Ці особливості, а також природно-кліматичні умови диктують відповідні методологічні та технічні заходи, спрямовані на зниження впливу на навколишнє середовище досліджуваної зони.

Величину збитку, що наноситься в результаті аварії для СВДМПЗ (3б), в загальному вигляді визначають за формулою [45-47, 145]:

$$3б = 3б_a + 3б_в + 3б_з + 3б_o + 3б_ф, \quad (3.13)$$

де:

$3б_a$ – збиток від викидів шкідливих речовин в атмосферу, грн.;

$3б_в$ – збиток від попадання забруднюючих речовин у водойми, грн.;

$3б_з$ – збиток від забруднення і деградації землі, грн.;

$3б_o$ – збиток від засмічення території або водойми відходами (сміттям), грн.;

$3б_ф$ – збиток від антропогенного впливу на об'єкти рослинного і тваринного світу, грн.

Величину збитку від викидів шкідливих речовин в атмосферу визначають за формулою [45-47, 145]:

$$Зб_a = M_{iамм} \cdot H_{iамм} \cdot K_E \cdot K_I, \quad (3.14)$$

де :

$M_{iамм}$ – фактичний викид i -ої забруднюючої речовини, тонн;

$H_{iамм}$ – базовий норматив плати за викид 1 тонни i -ої забруднюючої речовини в межах у розмірах, що не перевищують гранично допустимі нормативи викидів, грн.;

K_E – коефіцієнт екологічної ситуації та екологічної значущості атмосфери в секторі ЕК СВДМПЗ;

K_I – коефіцієнт індексації до базових нормативів плати.

Збиток від потрапляння забруднюючих речовин у водойми призводить до зміни якості води в результаті аварії, ойого розраховують [145] за формулою:

$$Збв = 25 \sum_{i=1}^j M_{iвод} \cdot 10^{-6} \cdot H_{бiвод} \cdot K_{Евод} \cdot K_I, \quad (3.15)$$

де:

$M_{iвод}$ – фактичний скид i -ої забруднюючої речовини, тонн;

$H_{бiвод}$ – базовий норматив плати за викид 1 тонни i -ої забруднюючої речовини в межах встановленого ліміту, грн.;

$K_{Евод}$ – коефіцієнт екологічної ситуації та екологічної значущості поверхні водного об'єкта.

K_I – коефіцієнт індексації до базових нормативів плати.

Ліквідація наслідків аварійної ситуації у загальному випадку включає такі етапи [45-47, 145]:

– оцінка масштабів і небезпека аварії, визначення плану та обсягу робіт, складу виконавців;

- виявлення і локалізація джерела аварії;
- збір розлитої рідини або забруднювача;
- безпечне зберігання та видалення зібраного забруднювача;
- відновлення уражених ділянок;
- організацію системи моніторингу.

Таким чином, екологічна безпека транспортного потоку в умовах СВДМПЗ визначається функціональним зв'язком між її складовими. Екосистема СВДМПЗ складається з компонентів, які взаємодіють із підсистемами: транспортний потік, екологічний стан, його соціум. Вплив на природні ресурси здійснюється при надходженні в природне середовище газоподібних, твердих і рідких речовин, які негативно впливають на компоненти атмосфери, гідросфери, літосфери. Оцінка впливу здійснюється за допомогою коефіцієнтів деформації властивостей природного середовища, забруднення середовища, показниками стану забруднення компонентів довкілля та економічними показниками екологічних збитків.

3.2 Теоретичний механізм управління рівнем взаємодії транспортних потоків та екологічної складової системи 3Т в умовах СВДМПЗ

Екологічна складова системи 3Т СВДМПЗ в порівнянні з технічною складовою (транспортними потоками) є комплексною, яка включає всі природні та штучні ланки. Транспорт є відкритою складовою системи 3Т, що діє в СВДМПЗ за принципом "операнта", а також є активним споживачем природних ресурсів і має суттєвий вплив на рівень екологічної безпеки і стійкості системи [45-47, 145].

У системі 3Т СВДМПЗ транспортні забруднення розсіюються за її межі. Отже, в цьому середовищі наявна трансформація забруднення (див. рис. 1.12 - 1.14).

Коефіцієнтом трансформації (K_{TP}) є відношення дії транспортного джерела (D_i) до величини цієї дії, яка досягла критичних меж показників безпеки ЕК СВДМПЗ (D_p) [145]:

$$K_{TP} = \frac{D_i}{D_p}. \quad (3.16)$$

Цей показник дорівнює:

- для існуючих меж ЕК СВДМПЗ – $K_{TP} = 1,0$ (рис. 2.16);
- для фактичних меж розсіювання речовин в умовах СВДМПЗ $K_{TP} < 1,0$.

Назвемо залежність властивості B або показника безпеки Π від величини дії D екологічною характеристикою об'єкта дії $B = f(D)$ або $\Pi = f(D)$. Як правило, об'єкт одночасно має не один, а декілька зв'язків, тож характеризується не монофакторними, а багатфакторними залежностями [45-47, 145]:

$$B = f(D_1, D_2, \dots D_z), \quad \Pi = f(D_1, D_2, \dots D_z). \quad (3.17)$$

Відповідність компонентів матеріальних та транспортних потоків у межах екологічної стійкості складових системи ЗТ в умовах СВДМПЗ в замкненому стані характеризується умовою [45-47, 145]:

$$Q_{TP} = Q_{ПС}, \quad (3.18)$$

де:

Q_{TP} – обсяг транспортної роботи, що виконують за заявками промислових та муніципальних підприємств в умовах існуючого простору ТК, ткм/км²;

$Q_{ПС}$ – критерій, який визначає можливість виконання обсягів транспортної роботи, котрі плануються в прив'язці до пропускну спрможності

вулично-дорожньої мережі в межах існуючого географічного простору транспортних площ ЕК СВДМПЗ, ткм/км².

При порушенні цієї рівноваги складові системи ЗТ, що впливають на зовнішнє середовище, змінюються на величину dQ_6 за інтервал часу dt . Тоді умову динамічної рівноваги можна представити так:

$$\frac{dQ_B}{dt} = \Delta Q_{OC} - \Delta Q_B. \quad (3.19)$$

Автономність (замкненість) екологічної складової системи ЗТ в умовах СВДМПЗ відносна, бо кожна екосистема є системою відкритого виду, яка має зв'язок із довкіллям. Навколишнє середовище впливає на транспортування матеріальних потоків. Екологічна складова системи ЗТ в межах досліджуваної промислової зони є частиною системи вищого рівня – системи ЗТ, вона складається з компонентів, які взаємодіють з іншими складовими: транспортний потік, соціальна складова, архітектура екологічного фахверку вулично-дорожньої мережі промислових зон (рис. 3.3) [45-47, 145].

За дослідженнями [45-47, 145] приймемо, що при зміні стану відкритої системи та кількості факторів і зв'язків між ними змінюється ентропія системи. Залежно від особливостей техно-екологічної складової системи ЗТ – транспортного потоку – його зв'язок з екологічною складовою системи СВДМПЗ може бути більшим чи меншим. Для техногенних складових системи ЗТ більша відкритість означає більший відсоток використання природних ресурсів і утворення більшої кількості промислових відходів.

У відкритій системі ЗТ СВДМПЗ формується велика кількість її складових відповідно до закону сукупності природних факторів.

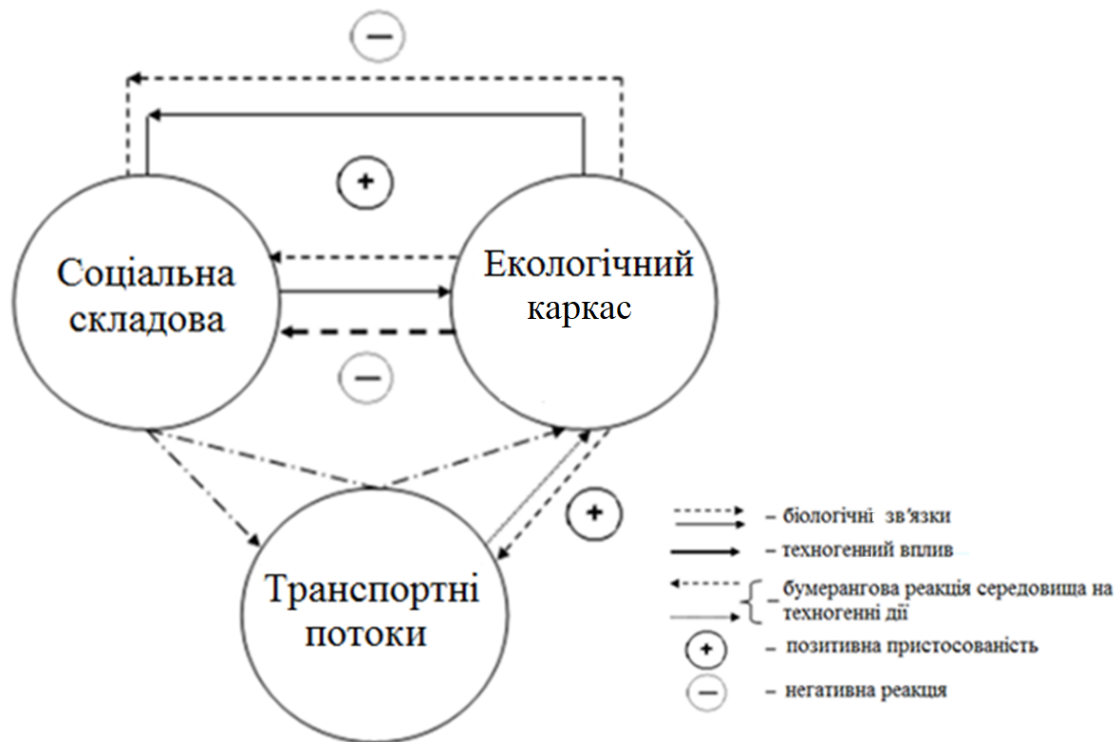


Рисунок 3.3 – Взаємодія в системі "соціальна складова – екологічний каркас – транспортний потік"

Під впливом управлінських впливів складових системи 3Т СВДМПЗ намагається досягти рівноважного (безпечного) стану. Якщо Q – абсолютна організація системи 3Т, то після диференціювання Q за часом отримаємо [45-47, 145]:

$$\frac{dQ'}{dt} > 0, \text{ при } a > b; \quad (3.20)$$

де:

a – const від похідної максимальної ентропії системи;

b – const від похідної поточної ентропії системи.

Можна вважати, що у відкритій системі 3Т збільшення кількості станів її складових визначається різницею між максимальною невизначеністю стану і

поточною абсолютною організацією. Виходячи з цього твердження, можна скористатися наступною емпіричною формулою [145]:

$$\Delta X^s(t) = \beta_i [H_{\max}^s(t) - Q^s(t)] = \beta_i H^s(t), \quad (3.21)$$

де:

$\Delta X^s(t)$ – збільшення числа станів складових системи;

$H_{\max}^s, H^s$ – максимальна і поточна ентропія складових системи;

Q^s – абсолютна організація складових системи;

β_i – коефіцієнт пропорційності і розмірності, що характеризує одну зі складових системи.

Таким чином, модель прогнозування показників стану відкритої системи ЗТ може бути представлена у вигляді [45-47, 145]:

$$X^s(t) = X_o^s + \beta H^s(t), \quad (3.22)$$

де:

X_o^s – числова характеристика початкового стану складових системи, тобто при $t = 0$.

Екологічна складова є складовою частиною системи ЗТ більш високого рівня, але вона сама складається з меншої кількості компонентів. Побудова ієрархічної схеми екологічної складової залежить від типу транспортної складової (для металургійних, хімічних, машинобудівних і муніципальних підприємств), ресурсів самих підприємств і цілей дослідження. Такий підхід враховує як зовнішні, так і внутрішні зв'язки між підсистемами.

Для оцінки ступеня автономності екологічної складової за окремими забруднювачами скористаємося коефіцієнтом рециркуляції [145, 158]:

$$K_p = \frac{B_e}{B_c}, \quad (3.23)$$

де:

B_c – загальна кількість забруднювачів, що надходять в екологічну складову системи ЗТ за певний період;

B_e – кількість речовин, яка циркулює в самій екологічній складовій системі ЗТ, не виходячи за її межі (за цей час).

За допомогою коефіцієнтів рециркуляції оцінюється роль окремих видів і представників біотичних підсистем в кругообігу хімічних елементів, речовин, сполук в екологічній складовій системі ЗТ.

Екологічна складова системи ЗТ СВДМПЗ тільки тоді буде стійкою для блокування негативного впливу транспортного потоку, зовнішніх і внутрішніх впливів, якщо сама буде внутрішньо організована.

Зв'язок між техногенними факторами транспортних потоків у СВДМПЗ і зовнішнім природним середовищем реалізується через передавальну функцію. Передавальна функція коригує явища розсіювання, трансформації та інших перетворень.

Передавальна функція системи $H(s)$ перетворює навантаження від факторів негативного впливу транспортних потоків $Y_n(s)$, які входять у СВДМПЗ, у відповідну реакцію факторів збитку $F_Y(s)$ на виході, утворюючи функцію зв'язку [145, 158]:

$$H(s) = \frac{Y_n(s)}{F_Y(s)}. \quad (3.24)$$

Поресурсові фактори впливу і реакції виходу формують передавальну матрицю (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Передавальна матриця організації зв'язку

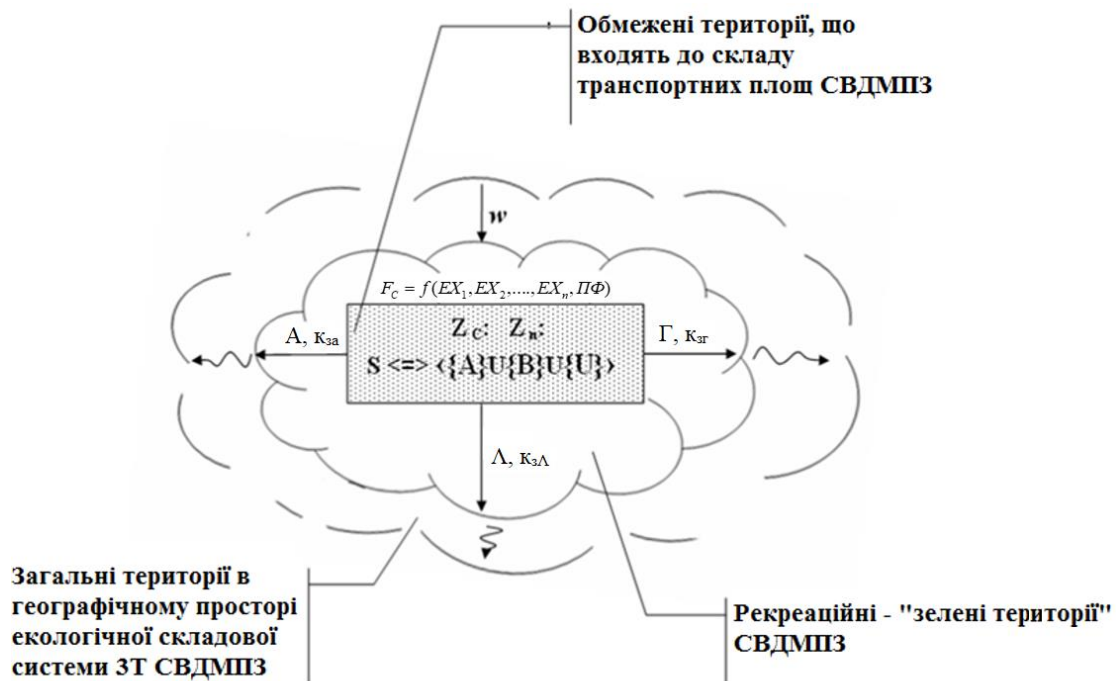
Середовище	Передавальна функція j -го фактору "техносфера – екологічне середовище"					
	1	2	...	j	...	n
Атмосфера {А}	$H(s)$ a_1	$H(s)$ a_2	...	$H(s)$ a_j	...	$H(s)$ a_n
Гідросфера {Г}	$H(s)$ Γ_1	$H(s)$ Γ_2	...	$H(s)$ Γ_j	...	$H(s)$ Γ_n
Літосфера {Л}	$H(s)$ L_1	$H(s)$ L_2	...	$H(s)$ L_j	...	$H(s)$ L_n

Результати аналізу та оцінки впливу транспортного потоку на екологічну складову системи ЗТ СВДМПЗ дозволили розробити графічну модель взаємозв'язку транспортних потоків на урбанізованих територіях міського соціуму і об'єктів екологічної складової, яка зображена на рис. 3.4 [145, 158].

Графічна модель визначає функціональний зв'язок між транспортною та екологічною складовою системи ЗТ з урахуванням схильності до максимального техногенного навантаження транспортних потоків, що реалізують потокові процеси від транспортного обслуговування сировинної бази до готової продукції і є передумовою для створення ефективної складової системи управління екологічними ресурсами СВДМПЗ.

Проведений аналіз дозволив визначити завдання прогнозування екологічної безпеки, яка є характеристикою впливу транспортних потоків і включає визначення за величиною забруднень поля концентрації шкідливих речовин та відповідний їм стан екологічної рівноваги.

Для цього вибирають певний критерій, який дозволяє оцінювати прийнятний рівень стану екологічної стійкості середовища промислових зон (Q) і корисний рівень функціонування транспортних потоків (Q_n).



$Z_c; Z_n$ – стаціонарні та пересувні джерела забруднення в системі S ;

$A, K_{za}; \Gamma, K_{z\Gamma}; \Lambda, K_{3\Lambda}$ – гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосфері (A), гідросфері (Γ) та літосфері (Λ) та відповідні коефіцієнти забруднення довкілля $K_{za}, K_{z\Gamma}, K_{3\Lambda}$;

w – зовнішній вплив природного середовища на накопичення і поширення забруднення.

Рисунок 3.4 – Графічна модель взаємозв'язку транспортних потоків на урбанізованих територіях СВДМПЗ та екологічної складової системи ЗТ

Кількість викидів забруднюючих речовин визначає поле концентрації в межах окремих ділянок вулично-дорожнього середовища, якому буде відповідати стан екологічної стійкості (Y), відмінний від початкового (Y_0), і тоді зміна екологічної стійкості визначається приростом збереження стану екологічної складової системи ЗТ [$Q(Y) - Q(Y_0)$]. Тож, критерій (Q) буде мати вигляд [145, 158]:

$$Q = [Q_n + Q(Y) - Q(Y_0)] \quad (3.25)$$

Таким чином, механізм взаємодії складових у системі 3Т забезпечує їх екологічну безпеку в умовах СВДМПЗ, що враховує особливості управління ресурсозбереженням у транспортно-логістичних ланцюгах з урахуванням всього спектру екологічних факторів, які діють на неї.

3.3 Управління ресурсами транспортних потоків у СВДМПЗ

Складова системи 3Т, а саме транспортні потоки в умовах СВДМПЗ як відкрита складова системи 3Т, має свої вичерпні та невичерпні ресурси, які використовують суб'єкти діяльності промислових зон. Природні ресурси, які оточують сферу життєдіяльності суб'єктів у досліджуваному середовищі, складають їх зовнішнє середовище.

Всі види ресурсів транспортних потоків СВДМПЗ характеризуються властивостями, кількісними та якісними показниками, швидкістю природного використання, відновленням та зміною характеристик, а також запасами [54, 159-163].

Ресурси транспортних потоків можна класифікувати за їх належністю до тих чи інших компонентів екосистеми: літосфери (нафта для виробництва бензину та паливно-мастильні матеріали), гідросфера (вода), атмосфера (повітря). Сучасні тенденції споживання ресурсів визначаються розширенням масштабу виробництва, зростанням енергоспоживання та демографічними факторами [54, 159-163].

Початок використання ресурсів характеризується початковою тимчасовою координатою τ_0 , до періоду їх інтенсивного використання. В умовах руху матеріалопотоків кількість ресурсів перевищує їх витрату/споживання в діапазоні $\tau_1 - \tau_0$ [54, 159-163]:

$$\left(\frac{\partial P_{\partial}}{\partial \tau}\right) > \left(\frac{\partial P_{\epsilon}}{\partial \tau}\right), \quad (3.26)$$

Період інтенсивного використання ресурсів від τ_1 до τ_2 характеризується співвідношенням:

$$\left(\frac{\partial P_{\partial}}{\partial \tau}\right) \approx \left(\frac{\partial P_{\epsilon}}{\partial \tau}\right), \quad (3.27)$$

у т.р. приріст P_{∂} приблизно забезпечує зростаючу витрату ресурсів P_{ϵ} .

Період "надінтенсивного" використання визначається умовою, що витрата ресурсів перевищує їх приріст:

$$\left(\frac{\partial P_{\partial}}{\partial \tau}\right) < \left(\frac{\partial P_{\epsilon}}{\partial \tau}\right), \quad (3.28)$$

Запас будь-якого виду ресурсу оцінюється показником K_{3P} :

$$K_{3P} = \frac{P_{\partial c}}{\Delta P_{\epsilon c}} \quad (3.29)$$

де:

$P_{\partial c}$ – доведені ресурси транспортних потоків, год;

$\Delta P_{\epsilon c}$ – середньорічна витрата ресурсів, год.

Вочевидь K_{3P} визначає час, на який споживачі забезпечені ресурсами транспортних потоків при середньому рівні споживання $\Delta P_{\epsilon c}$.

Зміна ресурсів здійснюється поетапно.

Перший етап: безпечний рівень впливу забруднення на природний ресурс – насичення впливом (викидом) менше за швидкість його нейтралізації:

$$\left(\frac{\partial B}{\partial \tau}\right) < \left(\frac{\partial H}{\partial \tau}\right); \quad (3.30)$$

Другий етап: критичний рівень впливу:

$$\left(\frac{\partial B}{\partial \tau}\right) \approx \left(\frac{\partial H}{\partial \tau}\right); \quad (3.31)$$

Третій етап: небезпечний рівень впливу:

$$\left(\frac{\partial B}{\partial \tau}\right) > \left(\frac{\partial H}{\partial \tau}\right). \quad (3.32)$$

Суттєвою проблемою збереження екологічних ресурсів транспортних потоків є управління ними в режимі реального часу, тобто прийняття управлінських рішень у темпі, який відповідає швидкості життєвих циклів.

У структурі управління ресурсами транспортних потоків СВДМПЗ можна умовно виділити три основні цикли, в межах яких виконують різні операції і процедури:

- "інформаційний цикл" – "І" (пошук, збір, передача, обробка, зберігання технічної, економічної, облікової та іншої інформації);
- "розробка і прийняття управлінських рішень" – "Р" (дослідження, науково-технічні розробки, техніко-економічні розрахунки, прогнози, рішення з економічних, організаційних, соціальних та інших питань);
- "організаційний цикл" – організаційний вплив на об'єкт управління для реалізації рішення – "О" (оперативне планування, диспетчеризація, координація, контроль виконання тощо).

Перехід до модельного управління ресурсами забезпечує управління екологічною стійкістю транспортних потоків при заздалегідь відомих кількісних та якісних характеристиках замовлень. Рішення приймають в разі виникнення

потреби та в умовах невизначеності і високої динаміки, що передбачає перехід до методів і засобів створення управлінських та інформаційних систем нового покоління ("інтелектуальних систем").

Вимоги, які ставлять до управління ресурсами транспортних потоків СВДМПЗ в режимі реального часу, є принциповими, оскільки затримки в прийнятті рішень призводять до різкої втрати якості транспортних послуг або така послуга може бути не надана. В цьому випадку застосування класичних методів оптимізації часто недостатні, оскільки зміна умов може відбуватися до того, як саме рішення буде знайдене, через складність та трудомісткість рішень або швидкоплинність змін.

Виходом із цієї ситуації є розробка нових раціональних методів, які забезпечують ліпше або допустиме рішення, тобто розподіляють ресурси транспортних потоків СВДМПЗ, коли фактор часу стає першочерговим. При цьому передбачається, що швидкість рішення практично не залежить від розмірності задачі або контролюється в ході її вирішення.

Розглянемо питання управління ресурсами на прикладі експлуатації великовантажних транспортних одиниць, які формують транспортні потоки в умовах СВДМПЗ та залежать від інтенсивності потокових процесів, що забезпечують підтримку життєвого циклу досліджуваного середовища з максимізацією використання екологічного ресурсу. У процесі руху вантажу по маршруту проводять низку операцій, основними з яких є перевезення вантажу транспортними засобами, вантажно-розвантажувальні роботи і зберігання вантажів на складах (рис. 3.5) [54, 159-163].

Початкові і кінцеві операції руху матеріальних потоків вантажів утворюють транспортно-логістичний ланцюг. Логістичні процеси включають усі дії, які відбуваються при переміщенні по маршруту упродовж перевізного циклу і включають: завантаження, перевезення, розвантаження, проходження в порожньому стані до пункту чергового навантаження (повернення).

Крім виробничих процесів, цикл може включати затримки двох типів:

- затримки, викликані неможливістю транспортної одиниці здійснити навантажувальні та розвантажувальні роботи вантажу через неузгодженість роботи сусідніх ланок;
- затримки, викликані поломкою або зупинкою транспортної одиниці.

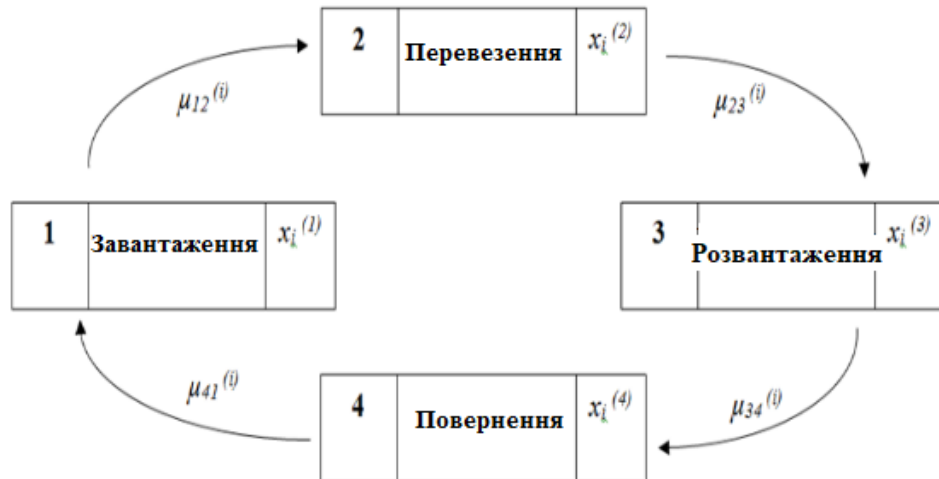


Рисунок 3.5 – Узагальнена схема транспортно-логістичного процесу експлуатації великовантажного транспорту

У спеціальній літературі використовують також поняття "слабкої ланки" логістичного циклу [52, 53, 161], тобто будь-якої операції, неналежне виконання якої позначається негативно на ефекті всього логістичного циклу. Описаний процес схематично представлено на рисунку 3.6 [52, 53, 161].

Позначимо число транспортних одиниць i -го типу як ресурс транспортної складової системи ЗТ, що перебуває в k -му стані, за $x_i^{(k)}$, а μ -інтенсивність переходу засобу i -го типу зі стану k в стан l , тобто $\mu_{kl}^{(i)}$.

Тоді цикл їх роботи в межах СВДМПЗ може бути описано системою диференціальних рівнянь виду [54, 159-163]:

$$\dot{x}_i^{(1)} = -\mu_{12}^{(i)} x_i^{(1)} + \mu_{41}^{(i)} x_i^{(4)}, \quad (3.33)$$



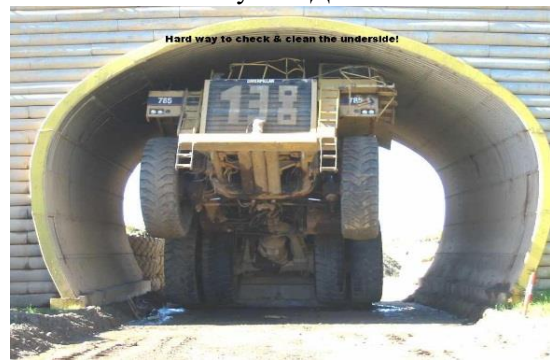
Технології навантаження-розвантаження великогабаритних автосамоскидів у морських та річкових портах



Габарити наближення міських будівель та комунікаційних споруд, ширина шляхів дуже мала, тому проїзд автопоїзду з величезним автосамоскидом та його комплектуючими часто блокує СВДМПЗ



Полотно дороги міста не в змозі витримувати навантаження при перевезенні великогабаритних вузлів великовагових автосамоскидів



Висота вантажу не дозволяє здійснити проїзд під мостом



Дорожні умови призвели до виникнення аварійної ситуації для автосамоскиду з великою вантажопідйомністю у СВДМПЗ

Рисунок 3.6 – Приклади технологічних циклів великовантажних одиниць транспорту, не узгоджених з умовами СВДМПЗ

$$\dot{x}_i^{(2)} = -\mu_{23}^{(i)} x_i^{(2)} + \mu_{12}^{(i)} x_i^{(1)}, \quad (3.34)$$

$$\dot{x}_i^{(3)} = -\mu_{34}^{(i)} x_i^{(3)} + \mu_{23}^{(i)} x_i^{(2)}, \quad (3.35)$$

$$\dot{x}_i^{(4)} = -\mu_{41}^{(i)} x_i^{(4)} + \mu_{34}^{(i)} x_i^{(3)}. \quad (3.36)$$

Величини $x_i^{(\kappa)}$ и $\mu_{\kappa l}^{(i)}$ є в загальному випадку функціями часу, однак для простоти запису індекси "t" опускаються.

Вочевидь, що виходячи з [54] для (3.33)-(3.36):

$$N_i = \sum_{k=1}^4 x_i^k \quad (3.37)$$

де:

N_i – загальне число транспортних засобів i -го типу.

Визначення загальної кількості рухомого складу як ресурсної складової з урахуванням кількості ТЗ в кожній ланці логістичного ланцюга і розрахункова інтенсивність процесів у логістичному циклі є необхідною умовою для обґрунтування тривалості життєвого циклу і процесів взаємодії транспортних потоків великовантажних транспортних засобів із навколишнім середовищем.

Таким чином, отримано обґрунтування того, що вантажопотоки мають свій «унікальний вплив на ресурс екосистеми» в умовах вулично-дорожнього середовища промислових зон, який посилюється впливом циклічності роботи муніципальних та комерційних підприємств на різних рівнях територіальних утворень.

3.4 Розробка механізму визначення впливу екологічної складової транспортного потоку на СВДМПЗ

3.4.1 Уніфікація транспортних кластерів як формуючих складових транспортного потоку. Для спрощення досліджень транспортного потоку в СВДМПЗ пропонуємо розбити його на кластерні складові. Базовою складовою кластера є транспортний засіб, який можна представити фізичною часткою – фридмоном, який характеризується надзвичайно малою вагою відносно потоку, але може мати дуже великий вплив на досліджуване середовище.

Визначення 5. Під транспортним кластером вважають "унікальне" структурне утворення, що сформоване групою транспортних одиниць і яке має свої просторові контури та обмежене архітектурними конструкціями ЕК СВДМПЗ [149].

Транспортний кластер є базовою структурою транспортного потоку в межах екологічного каркаса СВДМПЗ. Транспортні потоки промислових зон складаються з великої кількості транспортних кластерів із різними, доволі часто суперечливими інтересами. В контексті міської логістики під терміном "транспортний кластер" слід розуміти групу транспортних засобів, які мають близькі функціональні та цільові характеристики і рухаються у заданому напрямку упродовж деякого часу. Транспортний кластер має метастабільну структуру, викликану наявним постійним конфліктом цілей і завдань, поставлених перед учасниками дорожнього руху, які формують "унікальність" структури кластера на обмеженому часовому відрізку і мають свій ступінь впливу на довкілля (рис. 3.7) [54, 159-163].

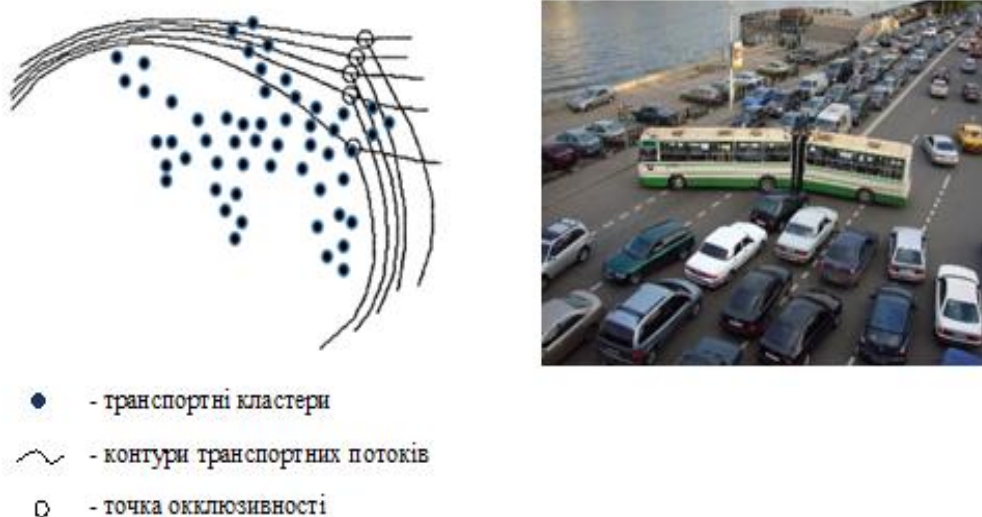


Рисунок 3.7 – Географічні контури транспортних кластерів

При проведенні натурних досліджень транспортних потоків у СВДМПЗ, окрім визначення обсягу руху на лінійних і вузлових елементах, враховані

структурні особливості досліджуваного транспортного потоку, що характеризується шістьма категоріями (табл. 3.3) [163-172].

Таблиця 3.3 – Типи транспортних засобів, що формують кластери в умовах СВДМПЗ на прикладі м. Маріуполь

Типи фридмонів, що формують кластер	Відсоткове співвідношення	
	ранкова година пік (08.30÷09.30)	вечірня година пік (18.00÷19.00)
Легкові автомобілі	75,6	75,7
Вантажні автомобілі	14,3	16,5
Великовантажні автомобілі	4,2	6,1
Пасажирський транспорт	2,3	0,8
Муніципальний транспорт	3,5	0,8
Рекреаційний транспорт	0,1	0,1

Отже, весь транспортний потік розділимо на 6 категорій, що формують кластер:

Легкові автомобілі: легкові автомобілі (категорія В) – автомобілі, дозволена максимальна маса яких не перевищує 3500 кг і число сидячих місць (крім сидіння водія) не перевищує восьми; до категорії легкових автомобілів також відносять і мотоцикли.

Вантажні автомобілі: вантажні автомобілі (категорія С, Е) – автомобілі, дозволена максимальна маса яких від 3500 кг до 20000 кг, вантажні автомобілі "Газель" і пасажирські автомобілі "Газель", у яких кількість сидячих місць менше або дорівнює восьми.

Великовантажний транспорт: вантажні автомобілі (категорія С, Е) – автомобілі, дозволена максимальна маса яких перевищує 20000 кг.

Пасажирський транспорт: автобуси, тролейбуси, трамваї і автобуси малої місткості типу "Газель", де кількість сидячих місць перевищує вісім.

Муніципальний транспорт: транспорт, який обслуговує життєдіяльність соціуму досліджуваної середовища (швидка допомога, газова служба тощо)

Рекреаційний транспорт: транспорт, який має у своїй конструкції елементи, принцип дії яких заснований на мінімізації впливу при їх експлуатації

на навколишнє середовище (транспорт на екологічно безпечних двигунах: електродвигуни, двигуни на газі).

Аналіз транспортного потоку в досліджуваному середовищі дозволив отримати результати, що відображають відсоткове співвідношення типів транспортних засобів та формують кластер (див. табл. 3.3). Кластерний склад транспортних потоків для ранкового і вечірнього часу мають несуттєві відмінності, але слід зазначити, що у вечірній час кількість вантажного і великовантажного транспорту в кластерах у межах екологічного каркаса СВДМПЗ стає більшою на 50 відсотків від середньодобового показника.

Таким чином, транспортний потік в умовах СВДМПЗ формують різні типи складових, які запропоновано розділити на 6 категорій транспортних кластерів – легкові, вантажні та великовантажні автомобілі, пасажирський, муніципальний і рекреаційний транспорт.

3.4.2 Фізична природа рухомого складу як складової транспортного кластера та механізми визначення його екологічної безпеки. В сучасних умовах рухомий склад – це складна електротехнічна система, яка може бути розглянута як фізичний багаторівневий об'єкт, тобто об'єкт, що освоєє природні ресурси і виділяє забруднюючі речовини в навколишнє СВДМПЗ. Аналогом такого фізичного об'єкту пропонуємо прийняти елементарну фізичну частицю (уніфікованого транспортного засобу). Слід зазначити, що, не зважаючи на незначну масу, фізична частка є об'єктом, що може виділяти та поглинати необмежений обсяг ресурсу [173-179].

Оцінку кожного з рівнів впливу даного фізичного об'єкта на СВДМПЗ можна здійснювати своїми способами і засобами.

Для отримання оцінки екологічної безпеки уніфікованого транспортного засобу, як споживача «брудного ресурсу» СВДМПЗ: перетворимо базову формулу розрахунку споживання умовного ресурсу для уніфікованого транспортного засобу, що є споживачем ресурсу (Г.В. Домогацький, І.М. Желєзних) в середовищі СВДМПЗ:

$$V_{\text{спож.рес.}} = V \cdot \frac{K_{\text{євро 5}}}{\sqrt{K_{\text{еколог.небезпеч.}}}} \cdot \frac{S_{\text{т.с}}}{S_{\text{с.г}}} \cdot \frac{m}{M} \cdot \frac{n_{\text{фактич}}}{n_{\text{норм}}}, \quad (3.38)$$

де

V – обсяг двигуна уніфікованого транспортного засобу, см^3 . (визначається згідно з таблицею 1.3);

$K_{\text{євро5}}$ – кількість транспортних засобів, що відповідають екологічним критеріям Євро-5 і вище, од.;

$K_{\text{еколог. небезпеч.}}$ – кількість транспортних засобів, що відповідають екологічним критеріям нижче Євро-5, од.;

$S_{\text{т.з.}}$ – площа перетину, яку займає рухомий склад, м^2 ;

$S_{\text{с.г.}}$ – габарити наближення будівель для авторухомого складу в умовах СВДМПЗ, м^2 ;

m – маса уніфікованого транспортного засобу, т;

M – фактична маса транспортного засобу, т;

$n_{\text{фактич}}$ – фактичний обсяг споживання ресурсу транспортним засобом в умовах СВДМПЗ, од.вим.;

$n_{\text{норм.}}$ – нормативний обсяг споживання ресурсу транспортним засобом в умовах СВДМПЗ, од.вим.

Отриманий результат відображає виявлення проблеми ефективності експлуатації рухомого складу в умовах СВДМПЗ як споживача «брудного ресурсу». Так, порівняння показників на графіках рис. 1.16 та 3.8, які визначають умови експлуатації рухомого складу в СВДМПЗ, показало, що: 80% рухомого складу (таблиця 3.4) працює в режимі холостого ходу поза межами штатного режиму роботи двигуна, а саме: обертальний момент дорівнює 850 об/хв., що обумовлює зростання шкідливих викидів в атмосферу та в ґрунт.

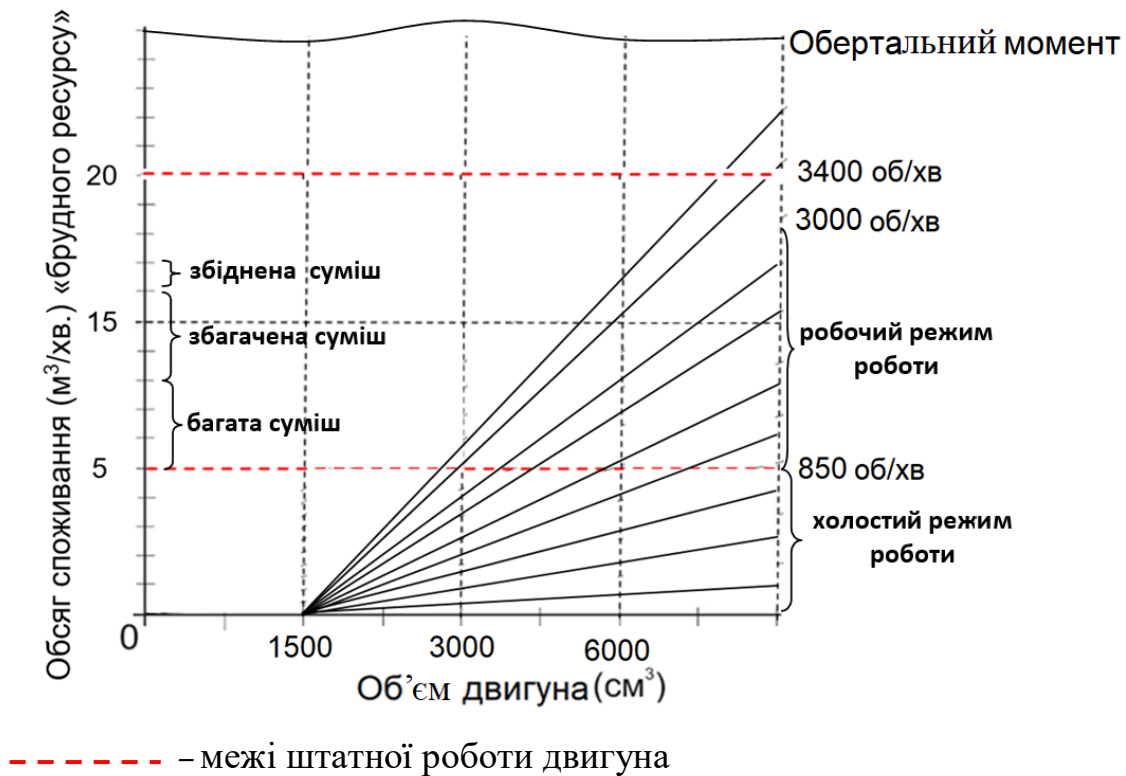


Рисунок 3.8 – Залежність обсягу споживання «брудного ресурсу» від параметричних характеристик експлуатації двигуна рухомого складу в умовах СВДМПЗ

Таблиця 3.4 – Межі складових транспортного кластера (на прикладі м. Маріуполь)

Межі складових транспортного кластера		Умовний номер змінної досліджуваної групи
от, %	до, %	
82,4	100	вантажні з дизелями (3)
33,1	72,5	легкові ТЗ (1)

Для оцінки екологічної безпеки транспортних кластерів як «постачальника брудного ресурсу» у СДВМПЗ будемо вважати, що кластер характеризується своєю щільністю, є неоднорідним за своєю структурою, просторовим утворенням, яке має загасаючу на момент виміру швидкість руху ($V = 5$ км/год). Найбільший вплив на вулично-дорожнє середовище від кластера здійснюється в районі перехрестя.

Оцінка забруднюючих речовин в атмосфері від транспортного кластера P як динамічної структури, яка зображена на рисунку 3.9, може бути визначена з формули [180-182]:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot x_i \cdot H \cdot B}{N \cdot V} \cdot (\Phi [\theta(A_j)] \cdot M), \quad (3.39)$$

де:

w_i – коефіцієнт ізоефективності, згідно з існуючим класом безпеки речовини, до якого вона належить;

x_i – загальна довжина кластера, що є «носієм» $i^{\text{ой}}$ речовини, м;

B – ширина рухомого складу (згідно з ISO 612-1978 дорівнює 2,6 м);

H – висота рухомого складу (згідно з ISO 612-1978 дорівнює 4 м);

N – кількість рухомого складу в досліджуваному кластері, од.;

V – швидкість кластера, м/с;

$\Phi [\theta(A_j)]$ – функція значущості обраного екологічного критерію j з існуючої множини критеріїв, а саме: критерій A – фактична середньодобова (середньорічна) концентрація $i^{\text{ой}}$ речовини мг/м³;

M – умовна вага забруднювача як хімічного елемента що впливає на ступінь екологічної безпеки СВДМПЗ (експертна оцінка), е.о.

З огляду на отримані раніше результати (див. табл. 3.3) приймаємо кількість базових кластерів, як складових транспортного потоку в СВДМПЗ, рівним 5. Розрахунок відстаней між групами автотранспортних одиниць досліджуваного кластера відповідно до прийнятого підходу здійснюємо за допомогою програмного продукту STATISTICA.

Розрахункова функція, яка визначає шукану характеристику, має вираз [180-182]:

$$d(r, s) = \min[\text{dist}(X_{ri}, X_{sj})], i \in (1, \dots, n_r), j \in (1, \dots, n_s) \quad (3.40)$$

де:

n_r – число складових (пасажирських транспортних засобів) у кластері r ,

од;

n_s – число складових (вантажних транспортних засобів) у кластері s , од;

X_{ri}, X_{sj} – відповідно i -й та j -й об'єкти у кластерах r и s , м.

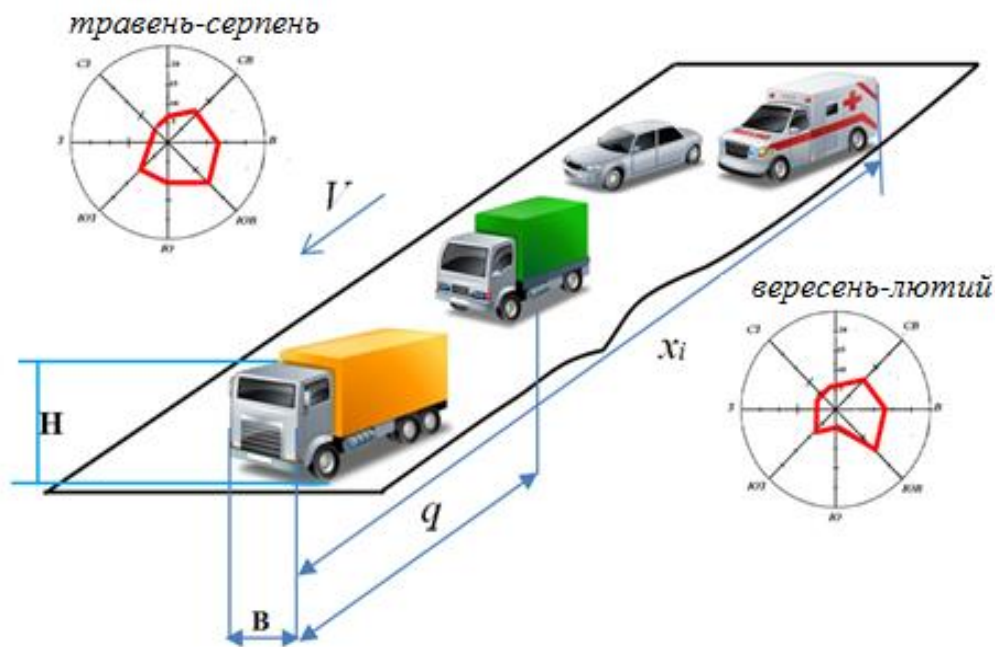


Рисунок 3.9 – Графічна модель, що відображає параметричні характеристики транспортного кластера на ділянці середовища вулично-дорожньої мережі перед вузловим її елементом (на прикладі м. Маріуполь).

Графічне відображення результатів кластеризації у вигляді графічної моделі, що відображає параметричні характеристики транспортного кластера на ділянці СВДМПЗ перед вузловим її елементом (на прикладі м. Маріуполь), наведено в двовимірній проекції ступеня подібності об'єктів у таблиці 3.4. та на рис. 3.9.

Аналіз дендограми ієрархічного дерева транспортного кластера за ступенем впливу на екологічну складову СВДМПЗ (рис. 3.10) дозволяє зробити висновок, що прямий вплив від діяльності транспорту становить близько 48,55% від загального числа, а основні забруднювачі – промисловий і легковий складові кластера потоку.

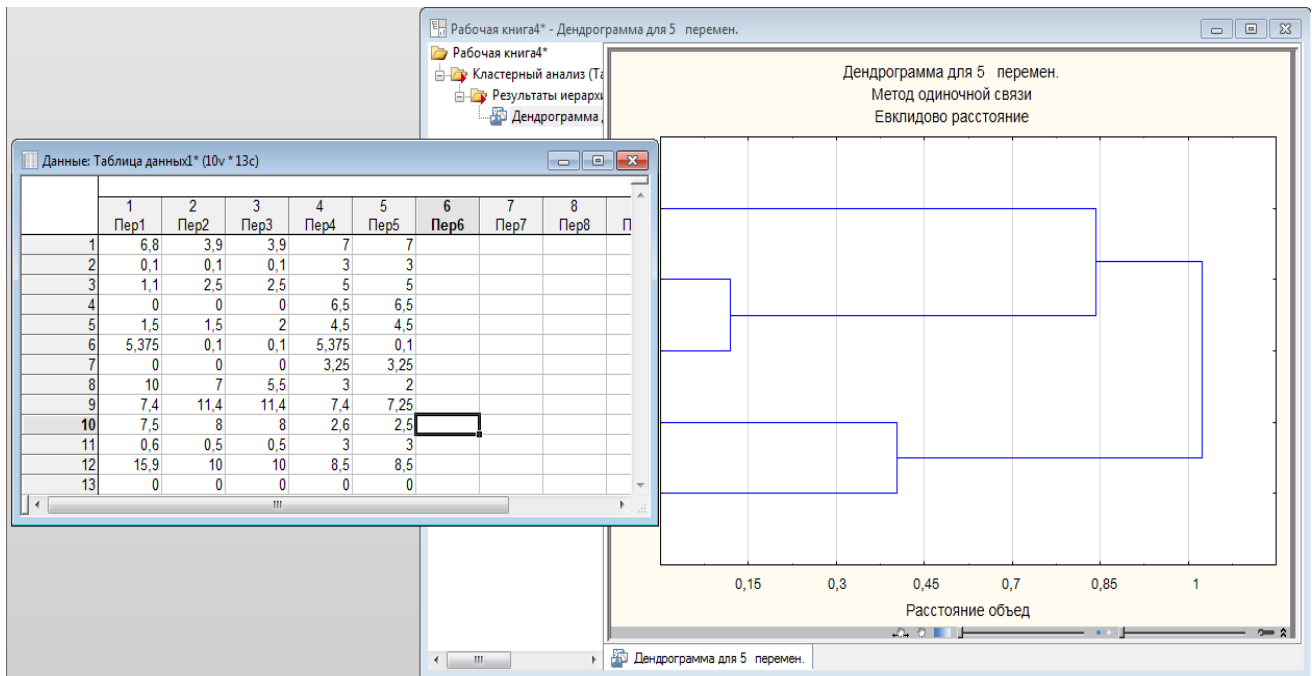


Рисунок 3.10 – Дендограма ієрархічного дерева транспортного кластера за ступенем впливу на екологічну складову СВДМПЗ

Далі приведена діаграма прямого впливу транспорту за його видами. Наприклад: прямий вплив легкових ТЗ на СВДМПЗ – 43,4 %, інші 56,6% – це величина непрямого впливу даного виду транспорту та т.п. (рис. 3.11).

При порівнянні експертних оцінок M одночасно для великого числа показників, що розрізняються за їх фізичною природою, слід використовувати складову критерію у вигляді функції значущості обраного екологічного критерію $\Phi[\theta(A_j)]$ (3.39).

Ця функція ставить у відповідність кожному значенню x якесь дійсне число – параметр цінності $\theta(x)$. Причому x краще x' за умови, що $\theta(x) > \theta(x')$, а x рівноцінно x' тільки у випадку виконання умови [180-182]

$$\theta(x) = \theta(x'). \quad (3.41)$$

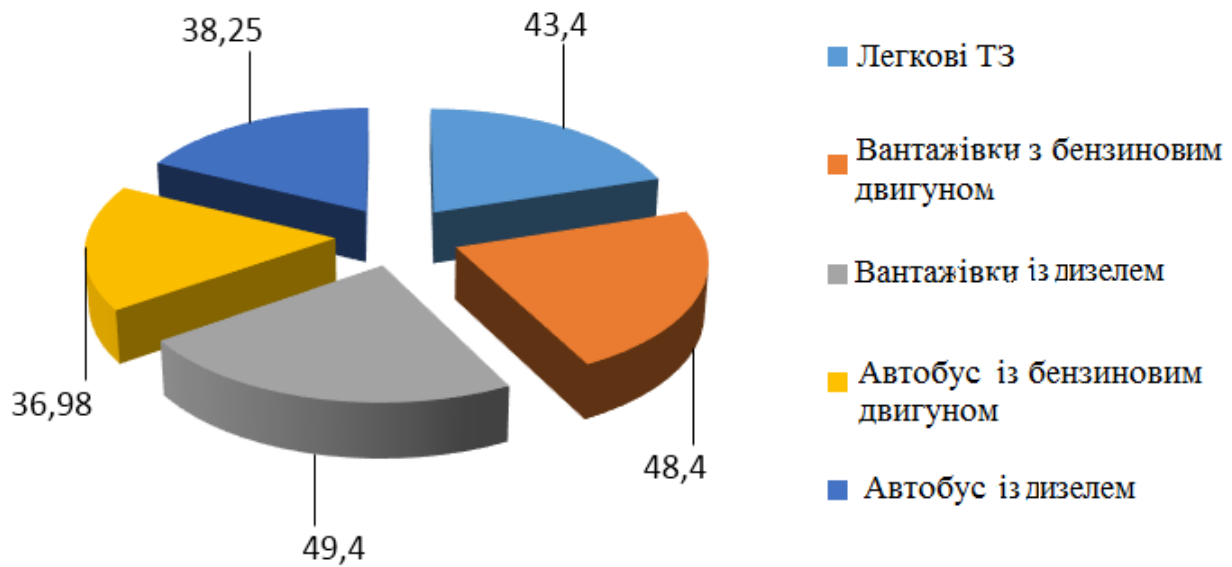


Рисунок 3.11 – Діаграма прямого впливу транспорту за його видами, %

Якщо функція адитивна, то для всіх $i = 1, \dots, n$ ($n > 3$) параметр цінності можна представити як [52, 53, 132, 137, 162]:

$$\vartheta(X_1, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \vartheta_i(X), \quad (3.42)$$

де:

ϑ_i – показники властивостей, виражені значеннями в безрозмірному вигляді;

γ_i – вагові (за шкалою) коефіцієнти, що характеризують ціннісні співвідношення між показниками і задовольняють умову:

$$\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1, \quad (3.43)$$

Значення коефіцієнтів вагомості окремих показників властивостей транспортних засобів, як складових транспортних кластерів, встановлені експертним шляхом та наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Вагомість показників експлуатаційних властивостей транспортних засобів в умовних групах (експертні оцінки)

Вимірювачі	Вагомість вимірників, %				
	1	2	3	4	5
Непрямий вплив на екологічну стійкість					
Гальмівні властивості	6,8	3,9	3,9	7,0	7,0
Керованість, стійкість	0,1	0,1	0,1	3,0	3,0
Оглядовість, освітлення	1,1	2,5	2,5	5,0	5,0
Травмобезпека	0	0	0	6,5	6,5
Вібронавантаженість	1,5	1,5	2,0	4,5	4,5
Ергономічність салону	5,375	0,1	0,1	5,375	0,1
Габарити салону	0	0	0	3,25	3,25
Потреба конструкційних матеріалів	10,0	7,0	5,5	3,0	2,0
Потреба експлуатаційних матеріалів	7,4	11,4	11,4	7,4	7,25
Трудовитрати	7,5	8,0	8,0	2,6	2,5
Пристосованість до надання транспортних послуг	0,6	0,5	0,5	3,0	3,0
Тягово-швидкісні властивості	15,9	10,0	10,0	8,5	8,5
Маневреність, прохідність	0	0	0	0	0
Прямий вплив на екологічну стійкість					
Забруднення води	2,54	3,14	3,29	2,18	2,2
Забруднення ґрунту	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25
Теплове забруднення	2,0	2,0	1,5	2,385	2,375
Шумове забруднення	6,9	6,9	7,4	5,35	5,5
Електромагнітне забруднення	2,0	2,0	1,5	2,385	2,375
Забруднення повітря сумарне	22,96	28,36	29,71	19,72	22,3
у том числі:					
CO	3,0	3,5	4,15	2,75	2,5
CH	10,0	10,5	7,35	5,5	4,25
NO _x	7,35	10,35	8,3	8,17	8,0
Тверді частинки	0,5	0,5	5,56	0,5	4,5
SO ₂	1,56	2,46	2,8	1,75	2,0
Pb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Споживання енергоресурсів	6,0	5,0	5,0	4,0	2,25
Вплив на біоту і відчуження земель	0	0	0	0	0
Водоспоживання	1,1	1,1	1,1	0,5	0,5
Споживання кисню повітря	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Пускові властивості	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0
ВСЬОГО	100	100	100	100	100

У таблиці 3.5 наведені коефіцієнти вагомості для ТЗ наступних типів:

1 – легкові ТЗ, 2 – вантажівки з бензиновими двигунами, 3 – вантажівки з дизелями, 4 – автобуси з бензиновими двигунами, 5 – автобуси з дизелями.

Таким чином, отримана кількісна оцінка утворюючих кластерів транспортного потоку, дозволяє виділити значущість досліджуваної проблеми та необхідність розробки механізму прогнозу впливу оклюзивності транспортних кластерів на екологічну систему вулично-дорожнього середовища промислових зон.

3.4.3 Екологічний дименсіон як механізм оцінки впливу на екологічну стійкість транспортних потоків. Для кількісної оцінки впливу на екологічну стійкість транспортних потоків в умовах СВДМПЗ скористаємося поняттям дименсіону екологічної логістики (анг. Dimension of environmental logistics (DEL)) [142, 177-180].

Визначення 6. Дименсіон складових системи ЗТ (DEL) є інструментом визначення їх екологічного потенціалу в умовах СВДМПЗ та дозволяє класифікувати логістичні показники за ознаками витрат матеріалу, ресурсів та енергії в часі під впливом забруднювачів транспортного потоку екологічного каркаса СВДМПЗ [142, 177-180].

Визначення 7. Розмір екологічного дименсіону (нім. Das Ausmaß) – масштаб прояву забруднення транспортним потоком у ланках, ланцюгах і мережах екологічного каркаса СВДМПЗ [142, 177-180].

Визначення 8. Вимірювання екологічного дименсіону (нім. Die Messung) – визначення забруднювачів навколишнього середовища під час спостереження за складовими системи ЗТ та екологічного каркаса СВДМПЗ з використанням відповідного інструментарію [142, 177-180].

Визначення 9. Величина екологічного дименсіону (нім. Die Größe) - кількісна оцінка розмірів та обсягів робіт, що виконують складові системи ЗТ як забруднювачів СВДМПЗ.

Для визначення характеристик логістичного дименсіону будемо використовувати основні залежності, які наведені у [142, 177-180].

Показник використання енергетичних ресурсів:

$$P_E = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i} \quad (3.44)$$

де:

E_i, η_i – кількість вантажу і коефіцієнт його втрат в n ланках транспортного потоку в умовах СВДМПЗ, т.

Показник втрат (розсіювання транспортних кластерів) у матеріальному потоці для подрібнених, насипних, пилоподібних, рідких, газоподібних вантажів [41, 42, 132, 137]:

$$\beta_m = \frac{\sum_{i=1}^n \Psi_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (3.45)$$

де:

Q_i, Ψ_i – кількість вантажу в n ланках і коефіцієнт його втрат у транспортному потоці вулично-дорожньої середовища, т.

Запропонуємо показник використання матеріально-енергетичних ресурсів транспортного потоку в екологічному каркасі СВДМПЗ [142, 177-180]:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot m_i + \tau'_i \cdot m'_i)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (3.46)$$

де:

τ_i, τ'_i – розрахункова і фактична тривалість функціонування i -ої ланки і тривалість заходів рециклінгу, год;

m_i, m'_i – кількість матеріальних ресурсів транспортного потоку в i -ої ланці каркаса СВДМПЗ і матеріальних ресурсів у технології рециклінгу, год.

Наведемо деякі загальні залежності, що дозволяють вимірювати рівень забрудненості потокового процесу в досліджуваному середовищі. Швидкість забруднення (V_z) залежить від шляху (S), часу (T) та інтенсивності забруднення (λ) [142, 177-180]:

$$V_z = \frac{S}{T} \cdot \lambda. \quad (3.47)$$

Забруднення від транспортного потоку Q від руху в каркасі вулично-дорожнього середовища промислової зони [142, 177-180]:

$$Q_z = Q \cdot I \cdot \lambda. \quad (3.48)$$

Щільність забруднення елемента транспортного каркаса вулично-дорожнього середовища промислової зони [142, 177-180]:

$$Q_n = \frac{Q}{L} \cdot \lambda. \quad (3.49)$$

Передавальна функція взаємодії транспортних потоків із СВДМПЗ $\Phi(p)$ враховує розсіювання забруднювачів на окремих ланках каркаса до одиниці соціуму. В цьому випадку передавальну функцію визначимо, як коефіцієнт розсіювання k_p [142, 177-180]:

$$\Phi(p) = k_p = \frac{Q_n}{Q_p} . \quad (3.50)$$

де:

Q_n – кількість розсіяного забруднювача, що не впливає шкідливо на одиницю соціуму, см^3 ;

Q_p – кількість розсіяного забруднювача, що шкідливо впливає на одиницю соціуму, см^3 .

В свою чергу [142, 183-185]:

$$Q_p = f(L, v, H, T, \rho, \alpha, P, \rho_z, T_z, v_z, H_z), \quad (3.51)$$

де:

L – відстань від транспортного потоку до одиниці соціуму, м.;

v – швидкість вітру, м/с.;

H – напрям вітру, $^\circ$;

T – температура повітря, $^\circ\text{C}$;

ρ – густина повітря, $\text{г}/\text{см}^3$;

α – вологість повітря, $\text{г}/\text{см}^2$;

P – атмосферний тиск, мм рт. ст.;

ρ_z – густина компонентів викидів, $\text{г}/\text{см}^3$;

T_z – температура компонентів викидів, $^\circ\text{C}$;

v_z – швидкість транспортного потоку, м/с;

H_z – напрямок транспортного потоку, $^\circ$.

Коефіцієнт рециркуляції (3.14) можна використовувати для оцінки енергетичних процесів в екосистемі, оскільки вони лінійні, а не коловоротні.

При наявності значень K_{pi} за всіма або основними речовинами, які проходять у транспортно-логістичному процесі через систему 3Т, інтегровану оцінку цілісності, функціональності й автономності системи, можна здійснювати за допомогою загального коефіцієнта рециркуляції K_{pz} [142, 183-185]:

$$K_{pz} = \frac{\sum_{i=1}^z K_{pi} A_i}{z} \quad (3.52)$$

де:

A_i – показник вагомості i -ої речовини, е.о.;

Z – кількість коефіцієнтів рециркуляції, тобто кількість речовин, за якими відомі і враховуються значення K_{pi} для i -ої речовини.

Таким чином, розроблено механізм забезпечення безпечної взаємодії складових системи 3Т, тобто транспортних потоків і об'єктів соціуму в умовах збереження екологічної стійкості СВДМПЗ, що враховує особливості управління ресурсозбереженням у системі з урахуванням всього спектру екологічних факторів.

Однак, недоліком методу дименсіону екологічної логістики (EDL) для кількісної оцінки впливу транспортних потоків на екологічну безпеку СВДМПЗ є суб'єктивність оцінок вагових коефіцієнтів, які використовують для зведення в єдиний інтегральний вимірник різнорідних за фізичною природою параметрів і невизначеності фактору завантаженості транспортних площ СВДМПЗ [142, 183-185].

3.5 Розробка механізму прогнозування впливу оклюзивності транспортних кластерів на СВДМПЗ

Завданню прогнозування транспортних потоків надано великої уваги в науково-практичних працях. Детальні огляди і докладні класифікації можна знайти в оглядових публікаціях [166-168]. На основі результатів аналізу наукових робіт можна виділити низку базових підходів до вирішення завдання: регресійні моделі [169, 170]; моделі часових рядів [171-173]; моделі нейронних мереж [141, 174-176]; метод опорних векторів [156, 177].

Незважаючи на великий обсяг наукових розробок в галузі прогнозування впливу транспортних потоків на екологічну стійкість СВДМПЗ, сучасні методи вирішення цієї проблеми є недостатньо повними і мають спектр недоліків, які не дозволяють використовувати їх для аналізу в СВДМПЗ. Дамо їх коротку характеристику.

Низка наукових праць зосереджує увагу на питаннях прогнозування параметрів транспортних потоків на лінійних і вузлових елементах СВДМПЗ за статистичними даними на обмеженому географічному просторі [68, 177]. Такий підхід недостатньо враховує інформацію про стан вулично-дорожнього середовища загалом, що робить рішення малоефективним. Метод, заснований на сегментарній оцінці ефективності вулично-дорожнього середовища, ускладнює вирішення досліджуваної проблеми для складових системи ЗТ через складність обчислювальних і технологічних операцій, спрямованих на отримання підсумкового рішення.

Метод застосування датчиків руху (traffic detectors) як механізмів, що синтезують вхідну інформацію, заснований на отриманні візуальної інформації про особливості транспортних потоків у конкретному сегменті СВДМПЗ. Такий підхід пов'язаний із необхідністю значних фінансових витрат для збору і формування базису необхідної інформації.

Суттєвим недоліком, на думку автора, в існуючих моделях і алгоритмах є просторово-часова надмірність відомостей у інформаційній базі. Пряме

підтвердження припущення про просторово-часову надмірність відображено в праці [178], де виділено факт того, що обсяг базової інформації про просторовий розподіл транспортних потоків становить не більше 10% від обсягу загальних даних СВДМПЗ. Непрямим підтвердженням цього факту є застосування обчислювальних механізмів розподілу транспортних потоків у статичних і динамічних мережах на основі матриці кореспонденції істотно меншого розміру, ніж кількість лінійних і вузлових сегментів СВДМПЗ [179].

Вивчення якісних та кількісних показників транспортних кластерів у СВДМПЗ дозволило висунути гіпотезу про окклюдивність їх природи, як у часовій, так і в географічній площині.

Існує безліч визначень окклюдивності (occlusivity) в галузях медицини, хімії, метрології, комп'ютерної графіки тощо. З точки зору міської логістики, інтерес мають праці, присвячені поняттю окклюдивності як одному з показників міської морфології [180].

Саме тому сформульовано поняття "окклюдивність транспортного кластера".

Окклюдивність транспортного кластера визначається ступенем відповідності завдань і цілей, що поставлені перед водіями транспортних засобів як у часовому, так і в географічному просторі.

Окклюдивність можна охарактеризувати показником щільності, а точка окклюдивності визначає максимальний рівень концентрації одиниць рухомого складу в досліджуваному транспортному кластері.

Математична модель СВДМПЗ може бути представлена графом Ейлера (рис. 3.12) [152], дуги $w \in W$ якого відповідають лінійним елементам – дорогам, а вершини представляють собою вузли-перехрестя доріг, що розподіляють транспортний потік.

Напрямок дуги визначає напрямок руху транспортного засобу на відповідній ділянці мережі. Параметр транспортного кластера на конкретній ділянці мережі визначається, як функція $v: W \times T \rightarrow P$, котра в конкретний

момент часу $t \in T$ для конкретної дуги $w \in W$ визначає його значення $v(w, t)$ [152].

Як параметри транспортного потоку в СВДМПЗ приймаються: щільність транспортного потоку; потенціал екологічного каркаса СВДМПЗ; ступінь екологічної стійкості транспортних потоків та її кластерів.

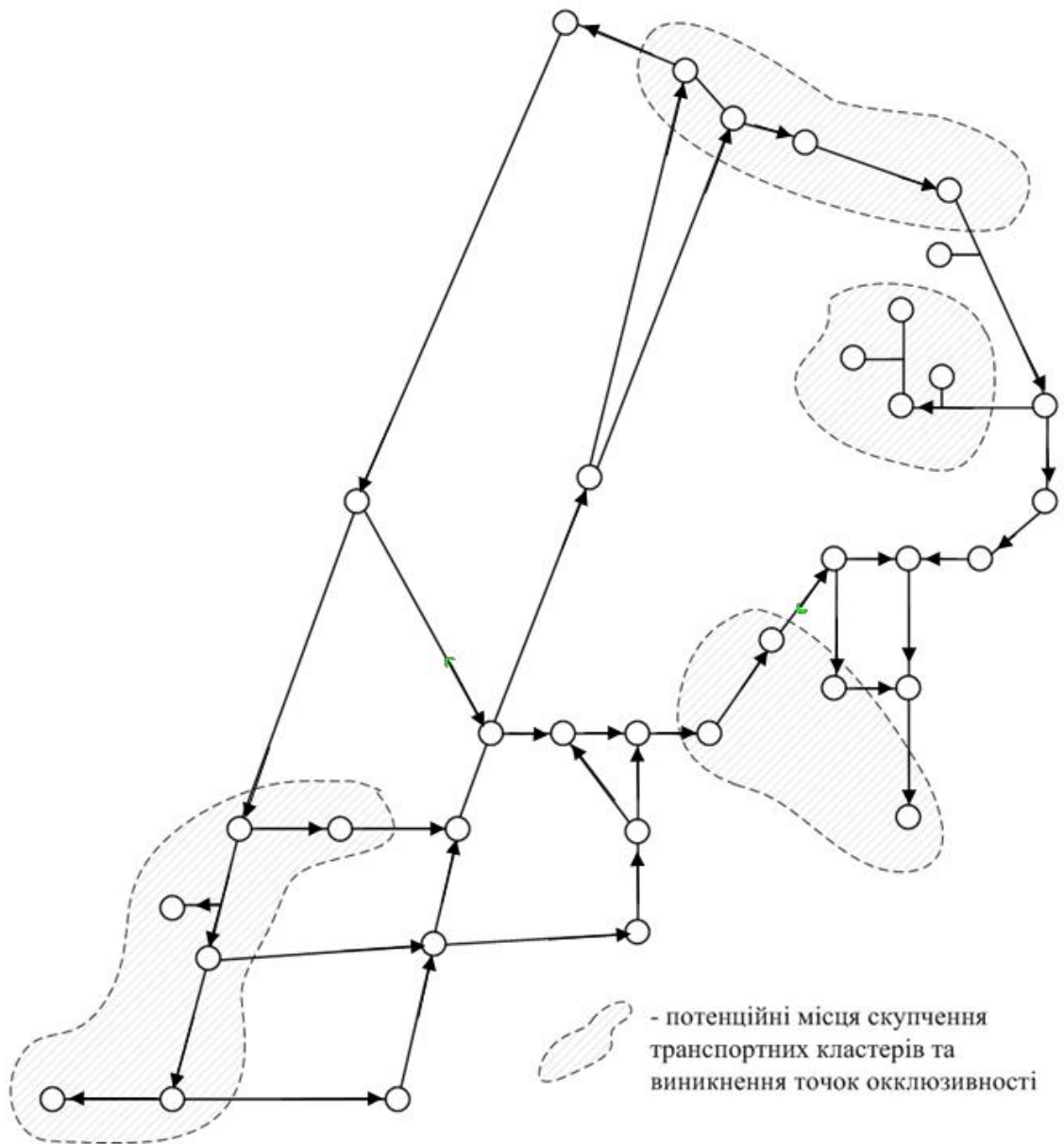


Рисунок 3.12 – Приклад графу Ейлера для СВДМПЗ

Параметром транспортного кластера приймаємо будь-яку із зазначених величин. В експериментах, представлених на заключному етапі оцінювання, використовують середній час проходження транспортним засобом відповідного сегмента середовища.

Географічне розташування сегмента СВДМПЗ $w \in W$ представлено двозначною функцією виду $\bar{x}^w(\tau)(\tau \in [0,1])$ [152].

При цьому координати $(x_0^w(0), x_1^w(0))$ і $(x_0^w(1), x_1^w(1))$ визначають фізичне розташування точок початку і кінця лінійного або вузлового елемента СВДМПЗ, а геометричну позицію інших точок можна отримати, спроектувавши параметр в інтервалі $t \in (0,1)$. [152].

У СВДМПЗ формуються стійкі маршрути руху транспортних кластерів, тобто є впорядкована послідовність вузлів і лінійних елементів графа Ейлера (див. рис. 3.12). Позначивши через Ω безліч умовних маршрутів, величиною W_m надалі будемо позначати конкретний маршрут із номером $m \in \Omega$ в графі, тобто таку послідовність з Z_m дуг, що [152]:

$$W_m \equiv w_0^m, w_1^m, \dots, w_{Z_m-1}^m, \quad (3.53)$$

Вихідними даними для оцінок параметрів транспортних кластерів виступає поточна інформація про транспортні засоби. Ця інформація надходить із прив'язкою до конкретної просторово-часової координати рухомого складу і зводиться до єдиної бази статистичних вимірювань. Формально вихідні дані представлені, як послідовність пар фізичних координат такого вигляду [152]:

$$\left(p_0^i(t_j), p_1^i(t_j) \right)_{\substack{m \in \Omega, \\ j \in N}}, \quad (3.54)$$

де:

i – порядковий номер транспортного кластера, досліджуваний у межах СВДМПЗ;

j – номер поточного прогнозу про стан транспортного кластера;

t_j – період часу, в межах якого виконується дослідження, год;

N – число сформованих прогнозів.

Додатково для маршрутних карт вважаються відомими один або два номери відповідних транспортних кластерів на досліджуваному маршруті, що позначаються далі $m_o(t)$, $m_1(t)$. На практиці альтернативні маршрути транспортного кластера зазвичай розрізняються лише напрямком руху. У тих випадках, коли рух транспортного кластера виконується тільки в одному напрямку, для нього вважаємо відомим єдиний номер маршруту $m(t)$. Для кластерів, які розташовані на стоянках, що не введені до транспортної мережі промислової зони (наприклад, дворові території і стоянки), номер маршруту вважається невизначеним або незадалим.

Суттєвим моментом у даних (3.49) є те, що вхідні дані про координати є недостовірними, що викликано похибками при формуванні інформаційної бази даних. Тобто координати можна інтерпретувати у вигляді [152]:

$$p_0^i(t_j) = P_0^i(t_j) + \delta_o, \quad p_{01}^i(t_j) = P_1^i(t_j) + \delta_1, \quad (3.55)$$

де:

$(P_0^i(t_j), P_1^i(t_j))$ – пара, що визначає справжнє положення транспортного

кластера;

(δ_o, δ_1) – вектор спотворення інформації.

У зв'язку з цим практично для всіх вхідних даних (тобто пар i, j) наступне твердження виявиться неправильним [152]:

$$\exists_{w,\tau}:(p_0^i(t_j),p_1^i(t_j))=(x_0^w(\tau),x_1^w(\tau)). \quad (3.56)$$

У деяких випадках, коли співвідношення (3.55) виявляється правильним, реальне розташування транспортного кластера може не збігатися з отриманим. Тобто наступна імплікація може бути помилковою [141]:

$$\begin{aligned} (p_0^i(t_j),p_1^i(t_j)) &= (x_0^w(\tau),x_1^w(\tau)) \wedge (P_0^i(t_j),P_1^i(t_j)) = \\ &= (x_0^{\tilde{w}}(\tilde{\tau}),x_1^{\tilde{w}}(\tilde{\tau})) \Rightarrow w = \tilde{w} \wedge \tau = \tilde{\tau}. \end{aligned} \quad (3.57)$$

Зазначені недоліки даних в інформаційній системі призводять до необхідності додаткової обробки даних для отримання більш точних оцінок реального місця розташування транспортного кластера, що досліджується в умовах СВДМПЗ.

З огляду на введені позначення, формальна постановка задачі короткострокового прогнозування для транспортного кластера в СВДМПЗ виглядає так: задано граф СВДМПЗ із безліччю ребер (W) і безліччю маршрутів ($\{W_m\}_{m \in \Omega}$) та актуальні дані відомості (з урахуванням ретроспективних досліджень) про положення транспортного кластера у вигляді (3.53). Необхідно спрогнозувати транспортний потік $v(w,t)$ для всіх $w \in W$ и $t = t^* + n\Delta (n = \overline{1,N})$.

У наведеному формулюванні N – число сформованих прогнозів, розташованих регулярно з часовим інтервалом Δ , величина t^* – поточний момент часу. В цьому випадку прогнозний горизонт визначається величиною $N\Delta$, яка для короткострокового прогнозу має порядок однієї години.

Таким чином, розробка методу короткострокового прогнозування параметрів транспортних потоків для СВДМПЗ полягає:

- у визначенні математичної залежності, яка задає вид перетворення вказаних вище даних (3.53) у значення прогнозних величин;
- у визначенні алгоритму ідентифікації параметрів зазначеної вище математичної залежності (3.53) за даними реальних спостережень.

Необхідним попереднім етапом запропонованого методу є перетворення вихідних даних до зручного для обробки виду. Мета такого перетворення – перехід від набору даних (3.53, 3.54), що побічно характеризують параметри транспортного кластера в мережі в конкретні моменти минулого, до власних значень параметрів транспортного кластера в поточні моменти часу [152]:

$$v(w, t), w \in W, t = t^* - n\Delta (n = 0, 1, \dots). \quad (3.58)$$

Найбільш прийнятним математичним механізмом для короткострокового прогнозу транспортних кластерів, які формують транспортний потік промислової зони, є алгоритм параметричного представлення положення транспортних кластерів у різні моменти часу. Він заснований на визначенні положення точок окклюзивності транспортних кластерів, які формують транспортний потік міста.

Для визначення параметрів транспортних кластерів пропонується три методи.

У першому випадку застосовують класичний метод, шляхом мінімізації суми квадратів відхилень, що задаються співвідношеннями [152]:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 \rightarrow \min, \quad (3.59)$$

$$\sum_{j=1}^f [y(t_j) - y_j]^2 \rightarrow \min, \quad (3.60)$$

де:

f – кількість різнорідних транспортних кластерів, що формують транспортний потік промислового вузла;

x та y – координати точок скупчення транспортних кластерів, які конфліктують у просторі СВДМПЗ.

Другий метод ґрунтується на мінімізації як суми вже зазначених відхилень, так і суми квадратів швидкостей руху «окклюзивних» точок транспортних кластерів [152]:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 + p \sum_{j=1}^f \left[\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right]^2 \rightarrow \min, \quad (3.61)$$

$$\sum_{j=1}^f [y(t_j) - y_j]^2 + p \sum_{j=1}^f \left[\frac{dy(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right]^2 \rightarrow \min, \quad (3.62)$$

де:

p – коефіцієнт потенціалу екологічного каркаса СВДМПЗ [16].

Другий підхід заснований на реалізації методу найменших квадратів у класі апроксимаційних поліномів заданого ступеня.

Третій варіант – це методика, яка заснована на двох підходах:

- мінімізація суми квадратів відхилення координат апроксимаційного полінома від табличних даних;
- сума квадратів значень кривизни траєкторії руху "окклюзивних" точок з урахуванням її параметричного значення [152]:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 + \sum_{j=1}^f [y(t_j) - y_j]^2 + p \sum_{j=1}^f [K(t_j)]^2 \rightarrow \min, \quad (3.63)$$

де:

$K(t_j)$ – кривизна контуру транспортного кластера у вулично-дорожньому середовищі промислових зон.

$$K(t_j) = \frac{\left[\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \cdot \frac{d^2y(t)}{dt^2} \Big|_{t=t_j} - \frac{dy(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2} \Big|_{t=t_j} \right]}{\left[\left(\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right)^2 + \left(\frac{dy(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right)^2 \right]^{3/2}}. \quad (3.64)$$

На завершальному етапі визначення коефіцієнтів апроксимаційних поліномів зводиться до вирішення системи нелінійних рівнянь.

Таким чином, наведений механізм прогнозування дозволить визначити адекватну оцінку екологічної стійкості транспортного кластера, за допомогою математичного механізму зміни його характеристик та потоку в цілому завдяки інтелектуальній системі управління дорожнім рухом у заданих архітектурних умовах екологічного каркаса в режимі реального часу на принципах оптимальної стратегії "SMART LOCUS CONTROL".

3.6 Методика оцінки роботи транспортних засобів з ресурсозберігаючої організацією їх маршрутів в умовах ЕК

Ресурсозбереження в транспортних потоках у межах ЕК СВДМПЗ досягається за рахунок виключення позапланових (заявочних) ремонтів транспортних засобів [54, 159-162].

Умова, при якому ресурс – R вузлів у критично напружених маршрутах ЕК повинен вичерпуватися не раніше часу експлуатації транспортних засобів у період до ТО-1, записується такою залежністю [54, 159-162]:

$$R_{TO-1} \geq \sum_{i=1}^k \gamma_i^R \cdot n_i \cdot z_i, \quad (3.65)$$

де:

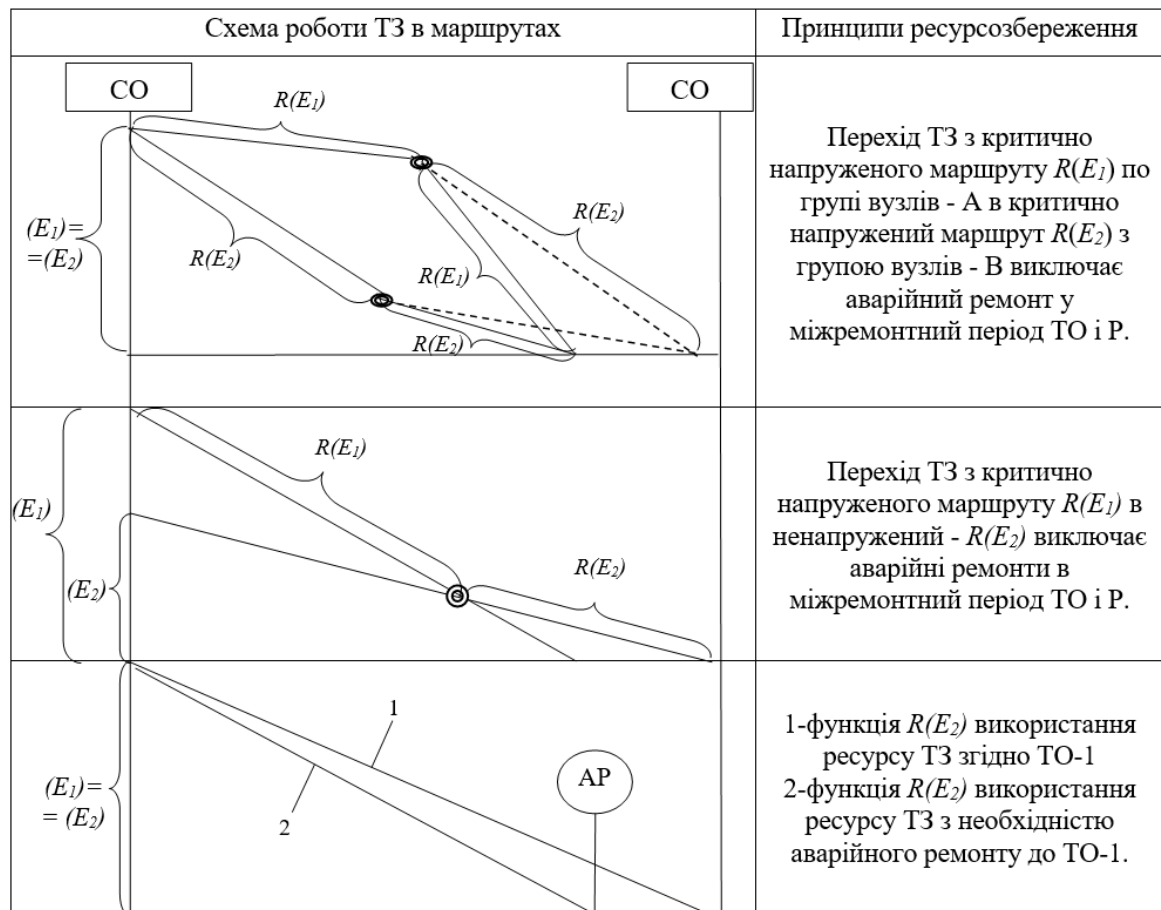
γ_i^R – напруженість використання i -го ресурсу у визначених межах часового

простору, год;

n_i – кількість i -х маршрутів у визначених межах часового простору, год;

z_i – кількість транспортних засобів на i -му маршруті, од.

Способи перехідних процесів ґрунтуються на єдиних теоретичних засадах, які реалізують стосовно до конкретних виробничих та організаційних умов експлуатації транспортних засобів в умовах сталої архітектури маршрутів ЕК СВДМПЗ. Типові схеми роботи транспортних засобів із ресурсозберігаючою організацією їх маршрутів розроблені і наведені на рис. 3.13 [54, 159-162].



◎ - точка переходу ТЗ в складову маршруту

Рисунок 3.13 – Типові схеми роботи ТЗ з ресурсозберігаючою організацією їх маршрутів в умовах екологічного каркаса СВДМПЗ

Таким чином, для критичних умов маршруту $R_k = f(E_{\gamma_k})$, для некритичних умов $R_n = f(E_{\gamma_n})$

На рис. 3.14 показано, як лінійна апроксимація функції використання ресурсу в некритичному маршруті в період між щоденним обслуговуванням і обслуговуванням в ТО-1 використовує ресурс згідно з паспортним значенням ТЗ.

На рис. 3.14 узагальнені характеристики умов роботи ТЗ на критично напружених маршрутах і на некритично напружених маршрутах показані умовно, як діючі одночасно на початку дії функцій ресурсу після щоденного обслуговування:

$K_k \langle A, X, C \rangle$ – кортеж логістичних активностей переходу ТЗ з маршруту M_k в M_n ;

$K_n \langle B, X, D, F \rangle$ – кортеж логістичних активностей переходу ТЗ з маршруту M_n в M_k ;

$E_{\gamma_k}; E_{\gamma_n}$ – узагальнені характеристики умов роботи ТЗ на різнонапружених маршрутах (критичному і ненапруженому відповідно);

X точка переходу з маршруту на маршрут;

$R; R_{он}; R_{ок}; R_k; R_x$ – паспортний ресурс між СО – залишковий ресурс ненапруженого стану, залишковий ресурс ненапруженого і критичного маршруту.

Фактичний ресурс у критичному маршруті, використаний ресурс різнонапружених маршрутів відповідно;

$(-\Delta R; +\Delta R)$ – відхилення використовуваних ресурсів.

Правилом зупинки критично напруженого маршруту, що є елементом ЕК, назовемо випадкову величину ν зі значеннями $1, 2, \dots, k, \dots$ (момент зупинки визначається характеристиками транспортного процесу $X(t)$ СВДМПЗ і тому він випадковий у часі) [54, 159-162].

Правило ν^* оптимальне, якщо для періодів перехідних процесів ТЗ на маршрутах кортежі логістичних активностей переходу одночасно діють для

узагальнених характеристик умов маршрутів $E_{\gamma_K}, E_{\gamma_H}$ і функцій використання ресурсів для цих умов R_K, R_H :

$$\left\{ \begin{aligned} &[E_{\gamma_K}; f(R_K)] \rightarrow [E_{\gamma_H}; f(R_H)] \\ &[E_{\gamma_H}; f(R_H)] \rightarrow [E_{\gamma_K}; f(R_K)] \end{aligned} \right\} \text{ при } M_K(R_{OK}) \leftrightarrow M_H(R_{OH}) \quad (3.66)$$

За умови, що залишковий ресурс критично напруженого маршруту R_{OK} є достатнім для використання ТЗ за новим призначенням на рахунок залишкового ресурсу ненапружених умов маршруту, в який переходить ТЗ.

Використовуючи принцип лінійної апроксимації, точка X переходу з маршруту на маршрут визначається функцією використання ресурсів:

$$\nu_X^* = [E_{\gamma_K}; f(R_K)] \cap [E_{\gamma_H}; f(R_H)], \quad (3.67)$$

при $P(\overline{t_{EO}; TO-1}) \neq 0$ аварійний (заявочний) ремонт – АР відсутній.

На рис. 3.14 кортеж $\langle K_K \rangle$ логістичних активностей переходу ТЗ з критично напруженого маршруту – M_K в ненапружений – M_H проходить, минаючи точки A, X, C ; кортеж $\langle K_H \rangle$ логістичних активностей переходу ТЗ з ненапруженого в критично напружений маршрут проходить, минаючи точки B, X, D, F [54, 159-162].

Сформовані вище правила послідовності процесів дають змогу формування теоретичного завдання визначення реалізованого обсягу ресурсу R_X .

Виходячи з механізму управління станом ТЗ в умовах ЕК СВДМПЗ, який представлений схематично на рис. 3.14, ресурс R_X дорівнює [54, 159-162]:

$$\left| \begin{aligned} R_x &= R(1 - K_1 \cdot K_2); \\ K_1 &= \frac{E_{\gamma_k}}{E_{\gamma_n}}; K_2 = \frac{R_{ок}}{R_k} \end{aligned} \right|. \quad (3.68)$$

Ресурсозбереження в процесі моделювання досягається за рахунок виключення умов, що викликають непланові (позапланові) ремонти у продовж часу t (добовий огляд (ДО) – ТО-1), записується наступною залежністю:

$$R\left[x\left(\overline{E; TO-1}\right)\right] \geq \left[\sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot n_i \cdot z_i \right], \quad (3.69)$$

де:

γ_i – обсяг використання i -го ресурсу на часовому відрізку – x ;

n_i – величина i -х маршрутів на часовому відрізку – x ;

z_i – обсяг ТЗ на i -му маршруті.

Ресурсозбереження залежить від технології використання вузлів за напруженістю їх у різних за архітектурою схемах маршрутів.

Існують різні варіанти регулювання ресурсної напруженості роботи вузлів ТЗ [54, 159-162].

Варіант А

Кількість транспортних одиниць, які працюють у критично напружених умовах, в яких ресурс основних вузлів вичерпується до ТО-1 і яким необхідні аварійні ремонти, менше середньої сумарної кількості одиниць у маршрутах ЕК СВДМПЗ:

$$R(\gamma_i, n_i; z_i) < R\left(\sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot n_i \cdot z_i - \gamma_i \cdot n_i \cdot z_i\right). \quad (3.70)$$

Рішення полягає в заміні транспортних одиниць із критично напруженим ресурсом до поточного ремонту їх експлуатації так, щоб залишковий ресурс при переведенні цих транспортних одиниць на інші маршрути був достатнім для їх експлуатації до ТО-1, тобто ймовірність забезпечення залишкового ресурсу була

рівною $P(T_{p\gamma}) = \int_{T_{p\gamma}}^{\infty} P(T_p) dT_p$, де $P(T_{p\gamma})$ – ймовірність забезпечення ресурсу

$T_{p\gamma}$, яка відповідає значенню $\gamma/100$, а T_p – напрацювання до граничного стану ТО-1.

Варіант В

Кількість транспортних одиниць, які працюють у критично напружених умовах, в яких ресурс основних вузлів вичерпується до ТО-1 і яким необхідні аварійні ремонти в плинні часу x до ТО-1, дорівнює сумі кількості єдиних на маршрутах решти робочого парку ТЗ в СВДМПЗ:

$$R(\gamma_i; n_i; z_i) = R\left(\sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot n_i \cdot z_i - \gamma_i \cdot n_i \cdot z_i\right) \quad (3.71)$$

Рішення за варіантом В аналогічне рішення за варіантом А.

Варіант С

Кількість транспортних одиниць, які працюють у критично напружених умовах, в яких ресурс основних вузлів вичерпується до ТО-1 і яким необхідний аварійний ремонт упродовж часу x до ТО-1, більше суми одиниць на маршрутах решти парку:

$$R(\gamma_i; n_i; z_i) > R\left(\sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot n_i \cdot z_i - \gamma_i \cdot n_i \cdot z_i\right) \quad (3.72)$$

Рішення полягає в заміні частини транспортних одиниць із критично напруженим ресурсом до поточного ремонту, що становить різницю між числом транспортних одиниць критично напруженого маршруту $(\gamma_i; n_i; z_i)$ і транспортних одиниць у парку з ресурсом, що забезпечує експлуатацію до ТО-1. А інша частина, яка не може бути замінена, піддається аварійному ремонту. В цьому випадку ресурсозбереження поширюється на частину парку ТЗ. Введення додаткової одиниці ТЗ на рис. 3.14 показано пунктиром.

Остаточний у точці С (див. рис. 3.14) ресурс $(-\Delta R; +\Delta R)$, якого не вистачає, вимагає уточнення змісту ТО і Р в частині тих елементів самоскида, які визначають ресурс ТЗ в цілому.

Ресурсозбереження залежить від технології використання вузлів за напруженістю їх у різних схемах архітектури маршрутів ЕК.

В реальному вигляді цільова функція моделі вибору гнучкої технології обробки вантажопотоків та пасажиропотоків в умовах ЕК СВДМПЗ має вигляд:

$$F = m_{oc} \left[\Delta t_{oc}^{форм} \cdot \left(\frac{C_v}{m_c} \cdot t_{cl} \cdot \frac{C_n}{m_c} + \sum \left(C_v \cdot \sum t_i \cdot x_{ij} + m_c \cdot \sum_{i=1}^z t_i \cdot x_{ij} \right) \right) \right] \rightarrow \min, \quad (3.73)$$

де:

m_{oc} – фактична кількість ТЗ на маршруті, од.;

$\Delta t_{oc}^{форм}$ – додатковий час на переформування маршруту, год.;

C_v – вартість однієї машино-години, грн/год.;

t_i – час на виконання i -ої транспортної операції, год.;

x_{ij} – кількісна характеристика транспортного кластера, од.;

t_{cl} – час проходження в маршруті, год.;

C_n – вартість маршрут-години грн/год.;

m_c – кількість ТЗ в маршруті, од.

3.6.1 Правила адаптивного управління ресурсом транспортних засобів.

Формування правил управління ресурсами ТЗ на маршрутах в умовах ЕК СВДМПЗ, виконується з припущенням того, що це однотипний рухомий склад, надійність якого прямо залежить від умов його експлуатації. Таке припущення дозволяє досягнути уніфікації методів і технологій експлуатації та ремонту ТЗ.

Рівномірне використання ресурсу ТЗ можливе:

- за умови зміни архітектури ЕК СВДМПЗ;
- за умови зонування СВДМПЗ шляхом допуску в окремі зони ТЗ з більшою величиною залишкового ресурсу експлуатації та заборони до вводу ТЗ, які мають перевитрачений ресурс;
- шляхом заміни ТЗ, що характеризується перевитраченим ресурсом на ТЗ з більшою величиною залишкового ресурсу.

Використання шляхів розв’язання цієї проблеми дозволить уникати витрат на заявочні (непланові) ремонти та забезпечити екологічну стійкість середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Концепція адаптації передбачає можливість оперативного реагування на поточну інформацію про стан маршрутів ЕК СВДМПЗ. Суть концепції адаптації полягає у зміні управління ресурсними характеристиками ТЗ в логістичному ланцюзі на основі не тільки апріорної, а й поточної та прогнозної інформації з метою збереження необхідного стану матеріального потоку за умов, що змінюється його реалізація. Безліч допустимих операцій може видозмінюватися у процесі надходження поточної інформації. Як реакція на інформацію, що надходить, можлива зміна мереж архітектури ЕК СВДМПЗ, в яких функціонує ТЗ.

Концепція адаптації призводить до цілеспрямованої і гнучкої системи дій. Організація адаптаційних рішень іде від загального до конкретного, тобто від системної і параметричної адаптації до структурної для конкретних технік логістичного ланцюга.

Адаптивне управління процесом експлуатації ТЗ в межах ЕК СВДМПЗ ґрунтується на таких, сформульованих у дослідженні, правилах [54, 159-162]:

1-е правило – тимчасова зупинка маршрутів (відмова і втрата ресурсу). Правило тимчасової зупинки маршрутів через причину відмови при спостереженні за експлуатаційним процесом ТЗ в ЕК СВДМПЗ, які назвемо випадковою величиною ν із значенням періоду часу t_k , в якому виявляється несправний стан. Момент ν для різнонапружених умов маршрутів є випадковим у часі, і рішення про зупинку маршруту в момент t_k залежить від характеру відмов в експлуатаційному процесі – потрібно здійснювати аварійний ремонт;

2-е правило – правило тимчасової зупинки маршруту із залишковим ресурсом. Правило тимчасової зупинки маршруту із залишковим ресурсом $-R(\alpha)$ назвемо такою випадковою величиною $\nu_{R(\alpha)}$, в якій у момент часу $t_k^{R(\alpha)}$ припиняється експлуатація критично напруженого маршруту зі збереженням залишкового ресурсу $R(\alpha)$ достатнього для використання транспортного засобу за новим застосуванням;

3-е правило – правило адаптивного управління маршрутами. Це таке управління, коли при критеріях процесу $X(t)$ в стані $\nu_{R(\alpha)}$, здійснюється взаємозаміна перехідним процесом транспортних засобів із критичного в некритичний стан і навпаки – з некритичного стану в критичний.

Заміни можуть відбуватися до і після відмови. Факт відмови відразу ж стає відомий. Після відмови ТЗ негайно замінюють (аварійний ремонт).

Якщо його замінюють до відмови, то в середньому на заміну витрачають час T_1 , якщо після відмови, то середній час заміни (з урахуванням часу усунення наслідків відмови і часу на пошук елемента, що відмовив) дорівнює T_2 . Очевидно, $T_1 < T_2$.

Оптимальний інтервал заміни вважатимемо випадковою величиною Y з функцією розподілу $G(t)$, тобто розглядаємо спочатку загальний випадок.

Нехай τ – середня тривалість циклу між замінами. Тоді ймовірність застати ТЗ в будь-який момент часу полагодженим:

$$P(t) = 1 - \frac{P\{X < Y\}T_2 + P\{X < Y\}T_1}{t} \quad (3.74)$$

де X це критерій, що характеризує процес, у нашому випадку це години, як ресурс, що визначає надійність та екологічну безпеку експлуатації рухомого складу

При тривалій експлуатації ймовірність виконання завдання (коефіцієнт оперативної готовності) K_{oz} визначається, як частка часу, в яку ТЗ працездатний. Для регенеруючого процесу випадковий час перебування на періоді регенерації:

$$K_{oz} = \frac{MX^{(z)}}{M\tilde{X}} \quad (3.75)$$

Складові процесу експлуатації змінюються при накопиченні відмов у системі з надмірністю. Станом процесу екологічної стійкості можна однозначно визначити факт справності (або несправності) ТЗ. Процес спостерігається дискретно в періоди оцінки стану ТЗ згідно з регламентом ТО і Р. Значить, у кожен такий момент стає відомою траєкторія процесу $X(t)$. З практики відомо, що в момент t_k в траєкторії, що спостерігається $(\bar{X}_k; (x_0, x_1, \dots, x_k) = \bar{X}_k)$, приймається рішення зупинити маршрут і шляхом заміни ТЗ повернути маршрут до первинного стану, тобто продовжити його роботу.

Фактичні втрати ресурсу – R_k в період t_k , коли ймовірність відмови $Q(t_k) = 1$, пов'язані з виведенням ТЗ, що відмовив, для його аварійного ремонту і введенням в маршрут замість нього додаткової одиниці ТЗ.

Альтернативним рішенням, запропонованим у цьому дослідженні, є збереження в період t_{k-1} залишкового ресурсу ТЗ – R_{ok} критично напруженого маршруту при $Q(t_{k-1}) \neq 1$ і використання його в ненапруженому маршруті.

Відповідно залишковий ресурс $R_{он}$ ТЗ ненапруженого маршруту переходить у напружений маршрут.

3.7 Розрахункова таблиця рівного розподілу ресурсу транспортних засобів

Метою розрахункової таблиці (рис. 3.15) є формування в режимі реального часу рішень, необхідних для ресурсозберігаючого управління роботою однотипних транспортних засобів [54, 159-162].

1	2	3	4	5	6	7	
1	Умовний номер маршруту	$E_{\gamma k}$	$E_{\gamma n}$	R_k	R_{ok}	R	R_x , хвилин
2	1	3,8		140	50	250	4538:54:35
3	2	5		N_s 1 факт 5 було кількість позапланових ремонтів			4889:34:17
4	3	5,63					5013:49:44
5	4	4,88					4862:15:57
6	5	5,09					4909:12:21
7	6		2,591				
8	7		2,601				
9	8		4,131				
10	9		2,631				
11	10		2,661				
12	11		2,691				
13	12		2,701				
14	13		2,681				
15	14		2,521				
16	15		2,701				
17	16		2,551				
18	17		2,333		15000		
19	18		2,343	250 часов = 15000 минут			
20	Середнєрозрахункові показники			R_x <i>ср</i>			
21		4,88	2,702846154		19:03:45		

Рисунок 3.15 – Розрахункова таблиця управління організацією маршрутів в умовах екологічного каркаса СВДМПЗ

Основою розробки розрахункової таблиці є остаточні результати натуральних досліджень, залежності ресурсних ТЗ і показників їх надійності.

Досліджуваний транспортний потік є досить складним за своїм характером, оскільки взаємозв'язаний із робочим процесом, із властивостями транспортованого вантажу, умовами вулично-дорожньої мережі, а вплив на транспортний процес описується в основному ймовірнісною природою поведінки складних систем і складно прогнозований.

При розробці розрахункової таблиці для виходу ТЗ на маршрут основу моделювання процесу ресурсозбереження складає запропонована в роботі модель (3.70) перерозподілу ТЗ на маршрутах СВДМПЗ за критерієм залишкового ресурсу, достатнього для виключення непланового ремонту в період технічного обслуговування.

Для порівняння факторної завантаженості ТЗ в маршрутах необхідні їхні об'єктивні характеристики. Такі показники характеристик на критичних і «вільних» маршрутах розраховані на основі експериментальних даних у процесі експлуатації ТЗ.

Обробку в цьому розділі експериментальних даних здійснювали за розробленою в пункті 3.6 методикою, яка дозволила отримати кількісну оцінку кожного з 18-ти маршрутів ТЗ, які обслуговують промислові вантажопотоки в умовах СВДМПЗ. Кількісну оцінку цих показників здійснювали на основі адитивної згортки таких оцінок ТЗ, як дальність перевезення вантажу, його обсяг, інтенсивність поїздок, час роботи ТЗ на маршруті, величина сонячної інсоляції навколишнього середовища, вантажопідйомність тощо.

3.8 Висновки до розділу 3

1. Вплив транспортного потоку на екологічну безпеку СВДМПЗ визначається функціональним зв'язком між фазовими характеристиками діяльності споживачів транспортних послуг та експлуатаційних умов, що визначають ефективність роботи транспортних одиниць. Ступінь впливу транспортного потоку на СВДМПЗ визначається обсягом «брудного ресурсу» в

природному середовищі, як-то обсягом газоподібних, твердих і рідких речовин, що негативно впливають на компоненти атмосфери, гідросфери і літосфери. Оцінка впливу здійснюється за допомогою коефіцієнтів деформації властивостей природного середовища та економічними показниками екологічних збитків.

2. Результати досліджень особливостей експлуатації рухомого складу дозволило висунути гіпотезу про його фізичну природу, а саме про його тотожність із елементарною фізичною частинкою. Спираючись на існуючу фізичну теорію поведінки елементарних частинок Г. В. Домогацький та І.М. Желєзних розробили механізм оцінки екологічної безпеки рухомого складу як споживача «брудного ресурсу» в умовах СВДМПЗ. Отримані результати дозволили виділити той факт, що 80% рухомого складу працює в режимі холостого ходу поза межами штатного режиму роботи двигуна, тобто обертаючий момент карданного вала дорівнює 850 об/хв., що обумовлює зростання шкідливих викидів в атмосферу та в ґрунт. Слід також зазначити, що існуючі умови експлуатації рухомого складу в СВДМПЗ є агресивними та впливають на бесперебійність роботи двигуна як споживача паливної суміші, що виходить за встановлені норми співвідношення кисню та палива при формуванні суміші, а саме 5:1.

3. Транспортний потік в умовах СВДМПЗ формують різні типи транспортних засобів, які запропоновано розділити на 6 категорій транспортних кластерів – легкові, вантажні і великовантажні автомобілі, пасажирський, муніципальний і рекреаційний транспорт. Кластерна оцінка транспортного потоку виявила факт того, що понад 50% із загального числа рухомого складу є вантажний транспорт. Сформовано поняття «транспортний кластер» як складової транспортних потоків. Виконано аналіз просторово-часової структури транспортних потоків промислових міст та запропонована характеристика «окклюзивність транспортного кластера» для оцінки впливу на вулично-дорожню мережу в короткостроковій перспективі. Оцінка параметрів транспортних потоків СВДМПЗ реалізована трьома способами за допомогою методу найменших квадратів. Подальша реалізація цього підходу може бути

використана для моделювання нейронної мережі для управління транспортною системою в умовах ВДСПЗ.

Матеріали розділу представлені в роботах: [54]; [156]; [158-163]; [184- 189].

РОЗДІЛ 4

МОДЕЛЮВАННЯ РІШЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРКАСА СЕРЕДОВИЩА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН

4.1 Теоретичні аспекти урбанізації ЕК системи ЗТ в умовах СВДМПЗ

4.1.1 Характеристика ЕК вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Невизначеність складових досліджуваної системи ЗТ викликає необхідність розглядати завдання забезпечення функціональності ЕК СВДМПЗ, який зумовлений її архітектурними особливостями.

Урбанізоване середовище є ландшафтом із рельєфом, геологічною структурою, кліматом, водними об'єктами, рослинністю і тваринами, ґрунтами, природними комплексами. Для деяких територій в умовах ЕК СВДМПЗ характерне історичне минуле ("запах" старовини, ефект присутності історичних відомих осіб тощо). Властивості (функції) цих територій можуть бути маркою, товарним знаком.

ЕК СВДМПЗ є складною архітектурною композицією транспортних мереж, яка класифікується за трьома основними типами (рис. 4.1) [38,182]:

Перший тип (а) характеризує ЕК центральних районів міст зі скверами та міськими парками.

Каркас другого типу (б) має структуру вулично-дорожньої мережі на кордонах адміністративних міських районів.

Третій тип ЕК (в) характерний для житлових та селітебних секторів міста.

Основні функції ЕК СВДМПЗ включають: комунікаційне обслуговування міської території і здійснення взаємодії між елементами територіальної структури (вузлами, центрами, зонами, районами). Він є конфігуратором територіальних систем.

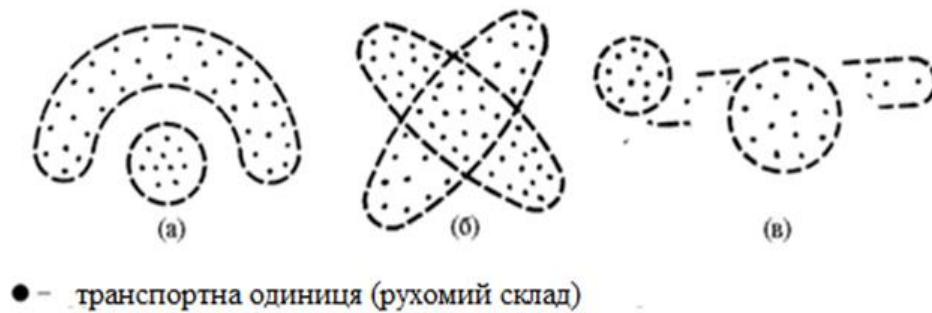


Рисунок 4.1 – Функціональні призначення ЕК СВДМПЗ

Конфігурація архітектури ЕК СВДМПЗ значною мірою впливає на "рисунок" території і розселення [38].

Процес розвитку архітектурної структури ЕК СВДМПЗ ґрунтується на комплексному застосуванні моделей – галузевої і базової. Цей підхід дозволив використати сильні сторони моделей розвитку, а саме:

- 1) використання міських земельних ресурсів, розташованих уздовж транспортної осі (секторів);
- 2) розташування елементів вулично-дорожньої мережі (вулиць, провулків тощо) в ядрах промислових зон для утворення галузевої агломерації [157].

Процес урбанізації включає послідовну зміну циклічних причинно-наслідкових траєкторій розвитку ЕК СВДМПЗ (дослідження Л. Лефгран, В.Г. Панова) [190].

Практичні характеристики урбанізації ЕК СВДМПЗ наведені в наукових працях, які представлені результатами аналізу просторової структури транспортних мереж, – С.А. Тархов [32], по суті, є логічним продовженням праць таких відомих учених, як В.Н. Бугроменко, Г.А. Гольц [188, 189].

Дослідницький підхід С.А.Тархова заснований на системі логічно взаємопов'язаних, взаємообумовлених понять: цикл – остов (каркас) – ярус. Складність структури транспортної мережі визначається кількістю ярусів. Використовуючи саме ці компоненти і їх поєднання, С.А. Тархов виділяє показники складності структурних компонентів, що дозволяє в подальшому провести декомпозицію системи ЗТ СВДМПЗ. Все це дозволяє класифікувати

ланцюг у розрізі процесу "еволюції". Основою для класифікації є кількість топологічних ярусів у системі. Як модель, яка описує урбанізацію каркаса, можна прийняти модель "процесу розвитку транспортної інфраструктури" [180].

В процесі урбанізації ЕК СВДМПЗ виділяють чотири етапи (рис. 4.2) [44, 55, 183, 184]:

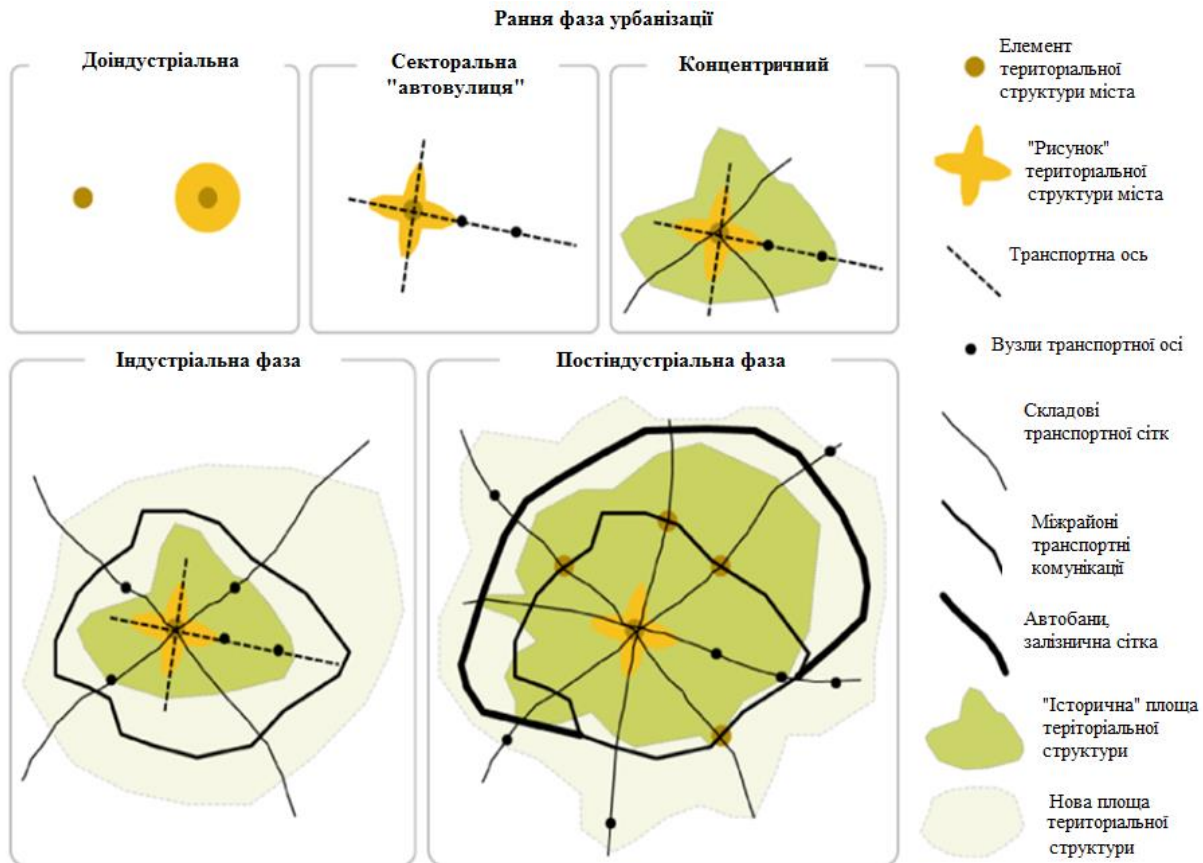


Рисунок 4.2 – Схема урбанізації ЕК СВДМПЗ

1) *Доіндустріальний період (1800-1918)* повністю пов'язаний із сільськогосподарською економікою і практичною відсутністю транспортної інфраструктури. Концентричний розвиток землекористування із сильним впливом чинника відстані між елементами територіальної структури міста. Основна характеристика міста і його районів – компактність.

2) *Рання фаза урбанізації (1918-1945):* поява залізниці, невеликих центрів промислового виробництва, поступове поширення невеликих сільських поселень навколо історичних центрів. Фаза ранньої урбанізації включає два складові процеси. Секторальний, який передбачає розвиток сектора уздовж

основних ліній. Розширення міст відбувається завдяки створенню нових житлових кварталів навколо вуличних автомобільних ліній і приміських залізничних станцій. Концентричний розвиток включає напрямок приміського розвитку.

3) Індустріальна фаза (1945-1990): розвиток різних галузей промисловості, зростання населення регіону, поява швидкісних магістралей. Концентричний розвиток із підтримкою створення нового дачного простору, що складається з будинків для однієї сім'ї.

4) Постіндустріальна фаза (1990-2012): спад темпів промислового розвитку, виникнення центру урбанізації, зростання мобільності населення завдяки появі швидкісного транспорту. Характеризується появою субцентрів (вантажних сіл) уздовж основних магістралей. Автомобіль став головним фактором, що впливає на процес формування життєвих циклів суб'єктів міст, які забезпечують життєдіяльність. Слід зазначити, що основними конфігурантами транспортної мережі промислових зон, які визначають їх ефективність, є автомобільні і залізничні комунікації (рис. 4.3).

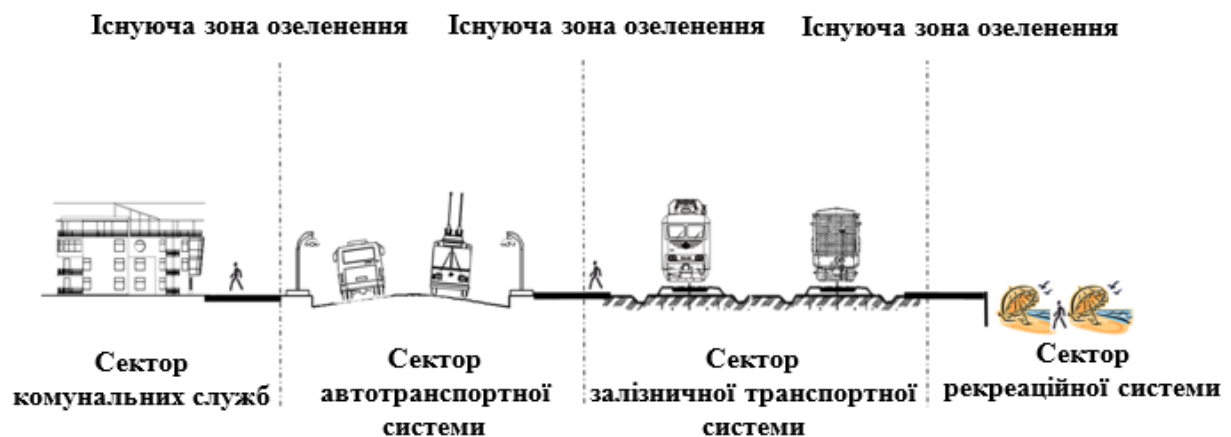


Рисунок 4.3 – Основні споживачі послуг, що надаються ЕК СВДМПЗ (на прикладі м. Маріуполь)

Відповідно закономірності формування відносин між компонентами транспортно-логістичного ланцюга також проходять окремі етапи урбанізації. Час «життєвого циклу» екологічного каркаса СВДМПЗ і транспортного ланцюга

включає інтервал передісторії та інтервал її урбанізації з часом формування системи ланцюга та часом стаціонарного її стану, часом змінюваного стану.

Вивчення морфології ЕК СВДМПЗ (просторового пристрою) і його урбанізації відображає той факт, що автомобільні і залізничні шляхи, які є елементами вулично-дорожньої мережі, існують набагато довше за інші елементи промислових зон, наприклад, будівлі та споруди, а тому оцінка ефективності розвитку їх структурних і динамічних властивостей має надзвичайно важливе значення для розробки загальних принципів розвитку СВДМПЗ.

Просторова структура ЕК СВДМПЗ має кілька варіантів, кожен з яких має певну топологію, на основі чого можна встановити рівень функціональності досліджуваного середовища (рис. 4.4) [183-185].

a) "Обмежений ЕК" є найпростішою з можливо існуючих конфігурацій екологічного каркаса, але має максимальну середню протяжність маршруту.

b) або *c)* "Типовий ЕК" є топологією мережі, в якій прагнуть знайти компроміс між недоліками існуючої архітектури екологічного каркасу і фінансовими втратами та витратами часу при транзиті вантажів і пасажирів. Створення в таких мережах "концентратора" лінійних елементів мережі є спробою раціоналізувати послуги з використанням спеціальної топології мережі.

d) "Розвинутий ЕК" має високу концентрацію (надлишок) маршрутів у мережі зі складною топологією, що мають найнижчу довжину маршруту.

Аналізуючи архітектурні особливості екологічного каркаса м. Маріуполь (рис. 4.4), отримуємо оцінку її функціональності на рівні "Обмежений ЕК", є тим фактором, який знижує екологічну стійкість транспортних потоків в умовах СВДМПЗ.

Для забезпечення підвищення функціональності екологічного фахверку кожна фаза характеризується своїми сітілогістичними рішеннями. Вивчивши особливості урбанізації екологічного каркаса СВДМПЗ, а так само існуючий міжнародний практичний досвід, сформовано класифікатор прикладних

логістичних рішень забезпечення стійкої функціональності ЕК (табл. А1 Додатку А) [52, 53, 183-185].

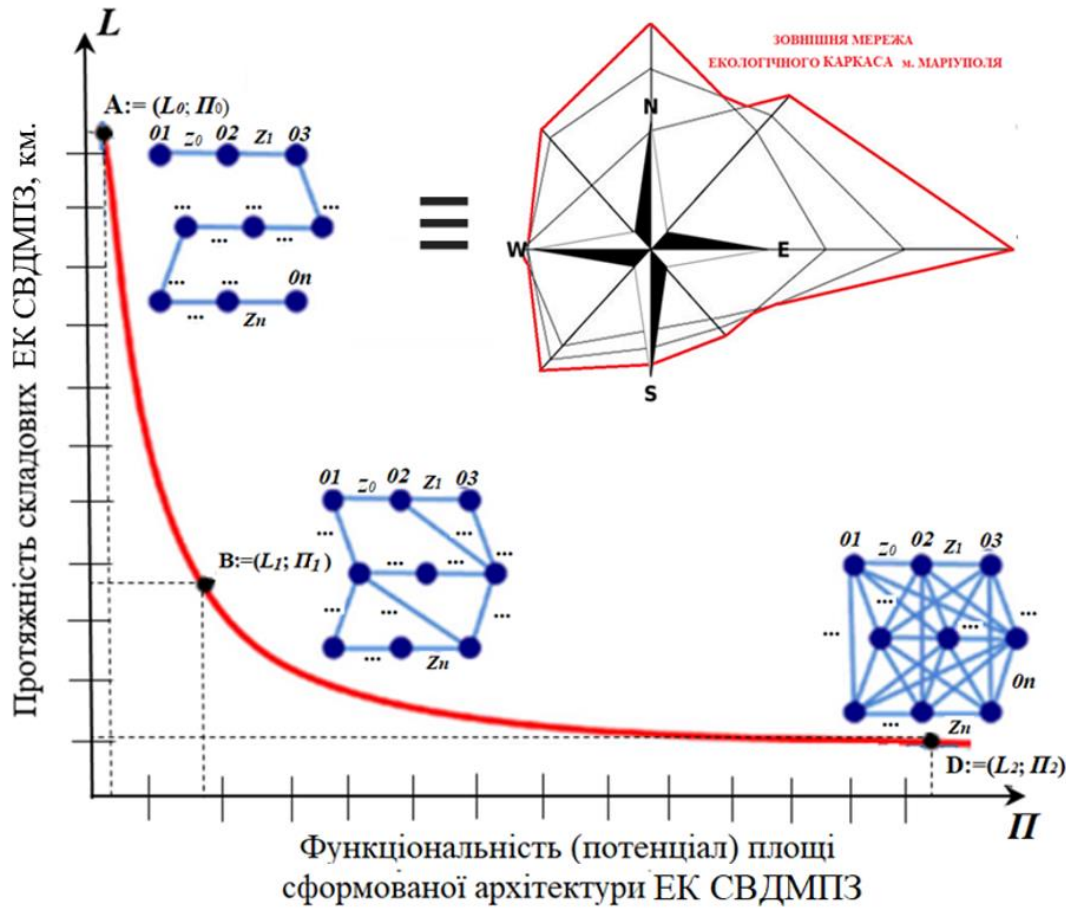


Рисунок 4.4 – Графічна оцінка ступеня функціональності структури ЕК СВДМПЗ на прикладі м. Маріуполь

A – часовий простір раннього періоду урбанізації, який характеризується початковою протяжністю L_0 складових ЕК СВДМПЗ та функційністю площі Π_0 , що сформована складовими ЕК;

B – часовий простір індустріального періоду урбанізації, який характеризується початковою протяжністю L_1 складових ЕК СВДМПЗ та функційністю площі Π_1 , що сформована складовими ЕК;

D – часовий простір постіндустріального періоду урбанізації, який характеризується початковою протяжністю L_2 складових ЕК СВДМПЗ та функційністю площі Π_2 , що сформована складовими ЕК;

$01;02;03...0n$ – порядковий номер вузлового елемента графа ЕК;

$Z_0; Z_1... Z_n$ – порядковий номер лінійного елемента графа ЕК.

Аналіз міжнародного досвіду свідчить, що вже на ранньому періоді урбанізації в окремих країнах Європи (Швеція, Норвегія) в транспортно-логістичних ланцюгах створювали окремі екологічні зони, а в окремих містах США реалізовували політику забезпечення стійкості у взаємодії складових міської логістики (Лос-Анджелес). Найбільш актуальні проблеми забезпечення екологічної стійкості постали в постіндустріальному періоді, коли питання забезпечення екологічної безпеки архітектури вулично-дорожньої мережі почали вивчати і впроваджувати в високо розвинутих країнах світу (ЄС, Японія, США тощо). Найчастіше практичні рішення стосувалися окремих складових системи ЗТ СВДМПЗ.

Доцільно із системних позицій та математичного моделювання розглянути ЕК СВДМПЗ як складову системи ЗТ.

4.1.2 Математична модель урбанізації ЕК СВДМПЗ. Математичну модель урбанізації ЕК СВДМПЗ будемо представляти у вигляді графа в часовому просторі. Вибираємо спосіб розбиття графа на складові підграфи, що формують з лінійних (дуг) і вузових елементів (вершин) [44, 55, 135, 183-186].

Визначення 10. Підграф мережі – це найменший елемент ЕК СВДМПЗ, який формується найближчі сусідні вузові елементи, відстань між якими визначає його довжину.

Недоліком цього способу є наявність вимог, які погано формалізуються. Отже, передумовами побудови моделі є:

- підграфи повинні мати зворотній зв'язок;
- підграфи повинні мати приблизно однакову "площу" (за кількістю лінійних та вузових елементів);
- набір складових СВДМПЗ, що входять у підграфи, повинен бути "компактно" розташованим;

- кількість лінійних елементів у підграфі не повинно бути малим – для реальних графів ЕК СВДМПЗ має бути від декількох десятків до декількох сотень;

- простота введення заходів територіальної близькості між двома підграфами СВДМПЗ.

Враховуючи наведені умови, розроблено механізм побудови моделі графа ЕК СВДМПЗ з використанням підграфів.

Визначаємо кількість графів z_0, z_1 , що є лінійними складовими маршрутів, які надають архітектурі ЕК притаманні тільки для неї особливості, з порядковим номером $Z = z_0 Z_1 + z_1$ ($z_0 = \overline{0, Z_0 - 1}$; $z_1 = \overline{0, Z_1 - 1}$). До підграфа $\dot{A}_Z$ відносяться ті лінійні елементи множини $\dot{A}$, координати вузлів (вершини) якого потрапили у відповідний прямокутник площиною Π_{z_0, z_1} [42, 43, 142]:

$$\dot{A}_{z_0 z_1 + z_0} \equiv \{ \dot{a} \in \dot{A} : \bar{x}^{\dot{a}}(0) \in \Pi_{z_0 z_1} \vee \bar{x}^{\dot{a}}(1) \in \Pi_{z_0 z_1} \}, \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{z_0 z_1} \equiv & \left[x_{min}^0 + \frac{z_0}{Z_0} (x_{max}^0 - x_{min}^0) \cdot x_{min}^0 + \frac{z_0 + 1}{Z_0} (x_{max}^0 - x_{min}^0) \right] \times \\ & \times \left[x_{min}^1 + \frac{z_1}{Z_1} (x_{max}^1 - x_{min}^1), x_{min}^1 + \frac{z_1 + 1}{Z_1} (x_{max}^1 - x_{min}^1) \right]. \quad (4.2) \\ \text{і } x_{min}^s = & \min_{\substack{\zeta=0.1; \\ a \in \dot{A}}} x_s^{\dot{A}}(\zeta), x_{max}^s = \max_{\substack{\zeta=0.1; \\ a \in \dot{A}}} x_s^{\dot{A}}(\zeta), S=0,1 \end{aligned}$$

Кількість підграфів (лінійних елементів) по вертикалі та по горизонталі z_0, z_1 обирається довільно, але так, щоб задовольнити умову оптимальної кількості складових маршруту, що надає можливість забезпечити необхідну стійкість транспортних процесів в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ.

Кожний побудований маршрут Z_z екологічного каркаса СВДМПЗ відображається відповідно до своїх характеристик – у вигляді вектора ознак, що характеризують транспортні потоки графа на обмеженому часовому просторі. Формування вказаного вектора ознак виконується так.

Нехай $\{\tilde{A}_s^z\}_{s=0}^{S^z-1}$ є набором лінійних елементів обраного маршруту Z_z у кількості S^z одиниць, яка упорядкована у визначеному вигляді. Тоді вектор ознак, що використовується як оператор опису цього підграфа, прийме вигляд [38, 44, 55, 142]:

$$\bar{v}_M^z(t) = (v(z_0, t), \dots, v(z_0, t - M\Delta), \dots, v(z_{S^k-1}, t - M\Delta))^T. \quad (4.3)$$

Рівняння є адекватним за умови, що $M > 1$ – кількість ознак архівних значень параметрів кластерів, що формують транспортні потоки та використовуються.

Особливістю моделі є здатність поєднувати лінійні елементи, які розташовані в різних просторових локаціях географічної площини і мають свої індивідуальні координати. Ці елементи за допомогою вузлових елементів поєднуються не тільки територіально, а й функціонально. Для з'єднання фізичних і юридичних осіб в умовах відокремленого екологічного каркаса СВДМПЗ використовують ресурси транспортних площ досліджуваного середовища.

Таким чином, модель можна використати для розробки механізму забезпечення функціональності ЕК СВДМПЗ та підвищення його функціональності в умовах реальних систем, складність яких зростає з розмірами мегаполісу, історією та динамікою його розвитку.

Розглянемо процес безперервного підвищення функціональності ЕК.

4.1.3 Моделювання процесу безперервного підвищення функціональності ЕК. Для моделювання процесу безперервного підвищення функціональності екологічного каркаса розглянемо цикли його урбанізації.

Визначення 11. Циклом урбанізації ЕК є циклічний процес, який переводить мету, задум, потребу в транспортних послугах із початкового стану ЕК вулично-дорожньої мережі в той, що забезпечить спрямування вантажного

або пасажирського потоку на реалізацію певного результату з подальшим досягненням кінцевого стану за критеріями мобільності, безпеки, екологічності.

Цикл описується кортежем [38, 44, 55, 191]:

$$TLL_u = \langle P, \{S\}, R_e, T \rangle, \quad (4.4)$$

де:

TLL_u – цикл урбанізації ЕК;

P – мета;

$\{S\}$ – множина фаз циклу;

R_e – результат;

T – часовий простір.

Час існування ЕК включає інтервал періоду його передісторії та інтервал, на якому здійснюється його урбанізація. Розбиття часу урбанізації ЕК включає такі періоди:

- формування;
- стаціонарний стан;
- руйнування структури і властивостей;
- асиміляція способу діяльності в період формування системи;
- дисиміляція (розпад) нового способу діяльності;
- інтервал виключення нового способу діяльності;
- інтервал дисиміляції застарілого способу діяльності;
- інтервал виключення зі структури застарілого способу діяльності.

Асиміляція і дисиміляція старого і нового способу діяльності не вимагає зміни організаційних форм ланцюга і тому ентропія ланцюга не змінюється. В організаційному відношенні вона є замкненою системою. Включення в систему нових підсистем і компонентів або виключення з неї неефективних призводить до зміни ентропії системи. Це відповідає її розімкненому стану.

Отже, у ЕК СВДМПЗ відбувається періодична зміна стану від розімкненого до замкненого. Тривалість періодів (кроків) замкненого і розімкненого стану ланцюга визначається прогнозом часу максимальної ентропії – якістю урбанізації.

Одночасно з цим є низка проблем, які впливають на функціональність ЕК СВДМПЗ. Наприклад, децентралізація процесу формування ЕК СВДМПЗ, яка спричинила зниження цілісності і щільності вулично-дорожньої мережі, а відтак, зниження її функціональності.

Завдання поетапного підвищення функціональності ЕК в процесі урбанізації досліджуваного середовища є багатоетапним процесом прийняття рішення, який запропоновано відобразити схематично (рис. 4.4) [44, 55, 191]:

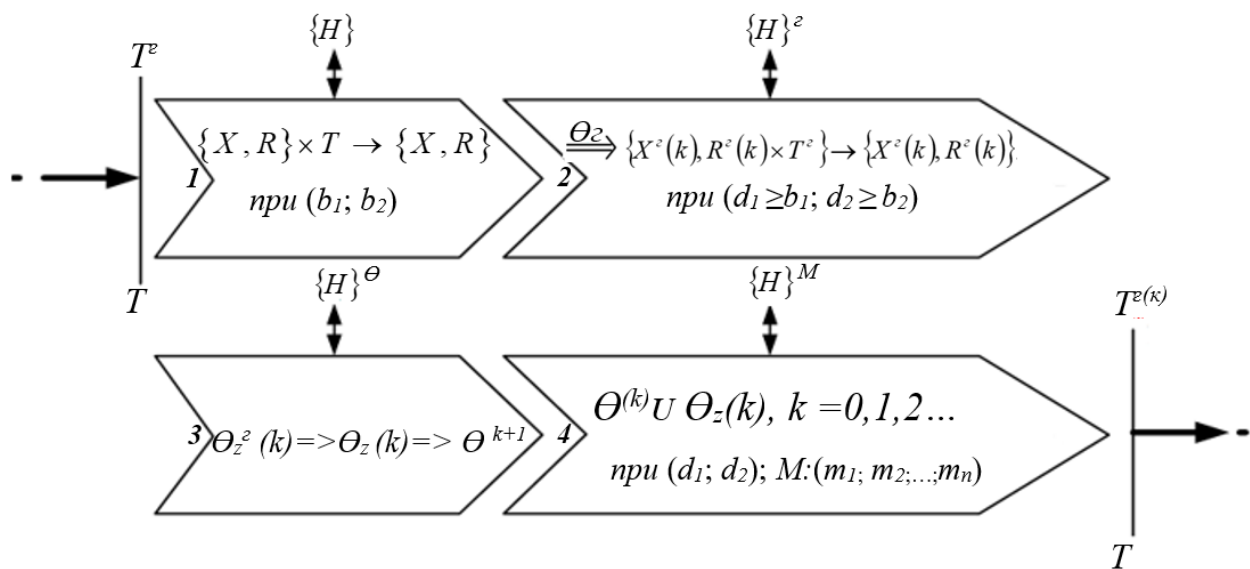


Рисунок 4.4 – Схематична модель поетапного підвищення функціональності (потенціалу) ЕК в процесі урбанізації

Основою запропонованої схеми є концептуальна модель процесу функціонування ЕК під впливом руху матеріальних потоків і впливу складових системи 3Т на навколишнє природне середовище (2.17).

Розвиток цієї моделі передбачає поетапне підвищення функціональності в процесі урбанізації досліджуваного середовища в межах фрагмента блоків k-го

етапу розробки $[T; T^z - T^z; T^{z(k)}]$ і запровадженням SLC екологічної стійкості на кожному часовому відрізку.

Позначимо:

$\{X, R\}$ – загальносистемне відображення вихідної моделі досліджуваного ланцюга (його передісторія);

X – безліч елементів ланцюга;

R – безліч зв'язків між ними;

T – безліч часових відрізків передісторій контролю екологічної стійкості;

$\{X, R\} \times T \rightarrow \{X, R\}$ – процес звичайного функціонування ланцюга;

$\{H\}$ – стан середовища досліджуваних зон вихідної моделі;

b_1 – незадоволена потреба в детермінованій взаємодії з середовищем;

b_2 – незадоволена потреба в активній взаємодії з досліджуваним середовищем.

Адекватне (гомоморфне) відображення моделі для k -го кроку етапу є розвитком ланцюга гомоморфності відображення процесу $\{X^z(k), R^z(k) \times T^z\} \rightarrow \{X^z(k), R^z(k)\}$. На цьому етапі ланцюг $\{X, R\} \times T \rightarrow \{X, R\}$ відображає модель визначеної операції [38, 44, 55]:

Позначимо:

$\theta^{(k)}$ – інформацію про операції на k -му кроці розробки;

$\{H^z\}$ – стан СВДМПЗ в умовах функціонування гомоморфної системи;

d_1 – реалізовану вимогу детермінованої взаємодії із середовищем;

d_2 – реалізовану вимогу активної взаємодії із досліджувальним середовищем.

Наступним кроком є обробка отриманої інформації для формування нових знань про особливості процесу в ЕК системи ЗТ СВДМПЗ.

В моделі $\Theta_z(k)$ є новими знаннями на k -му кроці, $\theta^{(k+1)}$ – узагальнення нових несуперечливих відомостей, що вводяться до нових знань; $\{H^\theta\}$ – нові знання про ЕК СВДМПЗ.

В результаті моделювання процесу безперервного підвищення функціональності ЕК СВДМПЗ відбувається об'єднання нової інформації і нових знань на k -му кроці процесу урбанізації.

Змінна θ^k є інформацією про операції на k -му кроці розробки, способи (методи) еволюції, а множина $M:(m_1; m_2; \dots; m_n)$ відображає взаємодію середовища в умовах урбанізації зі статичною архітектурою ЕК.

Багатокомпонентність факторів, які взаємодіють в ЕК, характеризується інтегрованим показником якості, який, у свою чергу, синтезується із локальних критеріїв якості. Синтез забезпечує простоту і достатню точність структурних, функціональних і управлінських рішень у складній системі 3Т з позицій забезпечення вимог системи якості до нього.

Синтез екологічного ланцюга можна представити за допомогою теорії множин відношенням критеріїв якості, мобільності та екологічності в системі інтегрованого показника добутком $K_1; K_2; K_3$ при виконанні умови [38, 44, 55, 185, 186]:

$$(xKd) \leftrightarrow [(xK_1z) \cap (zK_2y) \cap (zK_3d)], \quad (4.4)$$

де:

$K_1[m_1 \dots m_j z]$ – показник потенціалу ЕК (наприклад, рівень споживання кисню, m^3);

$K_2[zm_{j+1} \dots m_k]$ – показник екологічної безпеки (наприклад, рівень забруднення атмосфери СВДМПЗ, m^3);

$K_3[zM_{k+1} \dots M_n]$ – показник щільності кластерів як складових транспортного потоку ($од/м^2$).

Після визначення співвідношення $K_1; K_2; K_3$, інтегровану систему якості можна відобразити сукупністю трьох складових системи, що взаємопов'язані узагальненою метою – з елементами способу досягнення взаємодії із середовищем $(m_1, ..., m_n)$.

Наступні кроки реалізуємо в рамках досягнення мети функціонування ЕК. Перш за все формуємо комплекс умов, який спрямовано на отримання необхідного мінімуму додаткової інформації, що дозволяє "замкнути" ланцюг і звести вирішення проблеми забезпечення функціональності ЕК в умовах урбанізації СВДМПЗ до однієї з типових задач прийняття рішення.

Розглянемо процедури прийняття рішень безперервного підвищення функціональності ЕК СВДМПЗ.

4.1.4 Процедури прийняття рішень забезпечення функціональності ЕК в умовах урбанізації. Впровадження моделі поетапного підвищення функціональності ЕК передбачає вирішення особою, яка приймає рішення (ОПР), завдань стійкості його складових. При цьому ЕК надається властивість цілісності в досягненні основної вимоги – її соціальної безпеки та технологічної функціональності. Задля досягнення цієї мети ОПР розглядає ланцюг із позицій замкненості – діє за своїми внутрішніми законами.

Мета завдання полягає в забезпеченні соціальних вимог в умовах урбанізації досліджуваного середовища. В екологічний ланцюг можуть включатися чи не включатися інші елементи або їх ланки, тобто система може бути замкненою або розімкненою. Наповнення завдання новим предметним змістом змінює вимоги ОПР як передумови якісної урбанізації досліджуваного каркаса. При аналізі якості ланцюга використовують запропоновані в розділі 2 критерії придатності ($W_F^П$) або оптимальності (W_F^O) для кінцевої оцінки ефективності операцій – k -х кроків або критерій адаптивності (W_F^A), який добре відображає мінливість СВДМПЗ [38,185, 186, 191].

При поетапній урбанізації ЕК виділяють такі рівні прийняття рішень: концептуальний (вище розташований), операційний (заданий), детальний (нижче розташований).

Концептуальний рівень є рівнем прийняття рішень щодо урбанізації ЕК СВДМПЗ, підвищення його комфортності щодо мобільності, безпеки й екологічності, встановлення найбільш загальних закономірностей для прийняття рішень при розробці довготривалих концепцій розвитку каркаса. У цьому випадку модель (рис. 4.4) будують у найбільш загальній формі, з високим ступенем агрегування вихідної інформації, яка дає можливість виявити тренд ланцюга для реалізованого тимчасового періоду її урбанізації.

Концептуальний рівень дозволяє виявити раціональну логіку процесу функціонування та його інформаційну достатність і є тією сполучною ланкою, яка надає цілеспрямований, логічно зав'язаний характер всьому процесу прийняття рішень. Прийняті на цьому рівні рішення мають базуватися на найбільш надійній інформації, що носить, як правило, якісний характер. Ця інформація забезпечує змістовність і несуперечливість прийнятих рішень на операційному і детальному рівнях.

Деталізація на концептуальному рівні моделі процесу безперервного підвищення функціональності ЕК в умовах СВДМПЗ найчастіше неможлива і недоцільна, оскільки зайва кількість факторів ускладнює визначення "цільових" показників серед побічних факторів. Крім того, в цьому випадку невиправдано зростають витрати на побудову моделі та експериментування з нею, обробку й узагальнення отриманої інформації, що знижує потужність безлічі $\{k\}$ і, отже, знижує повноту нового знання $\theta^{(k+1)}$. На операційному рівні реалізуються складові мети, синтезується функціональна структура складових ЕК, що беруть участь у діяльності. На цьому ж рівні приймають рішення щодо формування вимог до ланок ЕК.

Хоча концептуальний рівень є основним, проте результати операційних досліджень обумовлюють відповідне коректування завдань для прийняття рішень на концептуальному рівні. На детальному рівні реалізують рішення

якості підсистем і об'єктів ланцюгів логістичної мережі, приймають рішення інженерного синтезу.

Багатокроковий процес прийняття рішень при поетапному підвищенні функціональності ЕК передбачає декомпозицію, яка визначає логістичну організацію процесу дослідження і прийняття рішення ОПР і може бути реалізована як по "вертикалі", так і по "горизонталі". При "вертикальній" декомпозиції здійснюють послідовну передачу інформації від вищих за ієрархією систем до тих, що лежать нижче системних рівнів із деталізацією її на даному рівні: мобільність, безпека, екологічність ("горизонтальна" декомпозиція).

Отже, процес дослідження та прийняття рішення носить ієрархічний характер. Відповідно до цього "вертикальна" декомпозиція задає своєрідну ієрархію рівнів дослідження, що складається, як мінімум, із двох супідрядних етапів прийняття рішення – концептуального й операційного. Підпорядкованість не означає сувору залежність, а відображає діалектичну єдність рівнів прийняття рішень.

Зміна основної кількості логістичних рішень у напрямку підвищення ступеня централізації ототожнюється з підвищенням керованості і поліпшенням якості рішень, і зростанням обсягу рішень на верхніх рівнях. Зміна рішень у сторону нижніх рівнів (підвищення ступеня децентралізації) відповідає збільшенню самостійності прийнятих рішень і, відповідно, результатів якості, зменшення обсягу завдань, що переробляють верхні рівні. В разі виявлення суперечностей у "вузьких" місцях під час прийняття рішень за рівнями в напрямку зверху вниз відбувається повернення на вище розміщений рівень із метою корекції раніше прийнятих рішень.

Така процедура передбачає уточнення прийнятих окремих рішень та виявлення тих елементів моделі, які не визначені повністю. Таке коригування з рухом "знизу вгору" є зворотнім зв'язком у "вертикальній" декомпозиції. Саме вони забезпечують несуперечливість нової інформації для прийняття рішення,

повнота якої забезпечується в результаті покрокового розширення моделей при "горизонтальній" декомпозиції процесу.

Формально безліч $\{k\}$ рішень ОПР може визначатися їх відображенням, як декартового добутку множини умов прийняття рішень вертикальної декомпозиції ($K^B = \{k^B\}$) та $K^z = \{k^z\}$ – множини кроків ОПР горизонтальної розгортки за умови $k^B \in K^B$:

$$K^B \times K_{k^B}^z \Rightarrow \{k\}, \quad (4.5)$$

Безліч рішень має верхню межу при вирішенні практичних завдань поставленої проблеми в умовах урбанізації досліджуваного ЕК та визначається фінансовими, часовими та загальнонауковими ресурсами ОПР.

У процесі формування рішень ОПР необхідно дотримуватись виконання двох домінуючих вимог: детермінованість функціонування ланцюга і вимоги його активного розвитку в умовах СВДМПЗ. Виконання цих вимог визначає основу екологічної стійкості і необхідної змінності ЕК та визначає найбільш суперечливі дії, які здійснюють у поетапному режимі переходу до умов екологічної стійкості і адаптивної змінюваності. В моделі поетапного підвищення функціональності ЕК в процесі урбанізації (рис. 4.4) показники цих дій позначені факторами $(b_1; b_2)$ і $(d_1; d_2)$. Взаємодія рішень покрокового процесу урбанізації в досліджуваному середовищі представлено факторами, які позначені, як: $\{H\}; \{H^z\}; \{H^\theta\}; \{H^m\}$.

Таким чином, для забезпечення адекватності розробленої моделі поетапного підвищення функціональності ЕК в процесі урбанізації необхідне визначення потенціалу її формуючих елементів.

4.2 Визначення потенціалу ЕК СВДМПЗ

4.2.1 Методика визначення потенціала ЕК. Для кількісної та якісної оцінки потенціалу екологічного каркасу СВДМПЗ пропонуємо використовувати основи топології, що базуються на результатах робіт Лейбніца і Ейлера [190], а саме на властивостях транспортних площ у досліджуваному середовищі, які залишаються незмінними при безперервних деформаціях, що формують її елементи. Для визначення потенціалу ЕК СВДМПЗ будемо використовувати гравітаційну модель [76,191]:

$$e^{at+b} = \frac{f}{1-f}, \quad (4.6)$$

де:

f – функціонал, що описує вплив урбанізації на функціональність ЕК СВДМПЗ;

t – часовий простір, який "обмежує" урбанізацію;

a, b – числові константи наведеної моделі.

Формалізований запис завдання представлено формалізованим записом (4.7), в якому ліворуч від вертикальної риски розташовані невідомі, а праворуч – відомі елементи завдання [108, 191]:

$$< S_0, T, Q \mid S, A, B, Y, f, K, Y_{opt} >, \quad (4.7)$$

де:

S_0 – якісна оцінка потенціалу ЕК СВДМПЗ (оцінка потенціалу визначається коефіцієнтом);

T – час, який виділяється на оцінювання, год.;

Q – наявні для прийняття рішення інформаційні ресурси (параметричні дані, що характеризують стан транспортної мережі: можливість зв'язку географічних маркерів на обраних елементах ЕК СВДМПЗ (A), випрямлення екологічного каркаса СВДМПЗ (C), доступність елементів ЕК (d_m));

$S = (S_1, \dots, S_n)$ – безліч альтернативних характеристик ЕК СВДМПЗ, які уточнюють його функціональність S_o ;

$A = (A_1, \dots, A_k)$ – безліч досягнутих цілей при кількісній оцінці потенціалу;

$Y = (Y_1, \dots, Y_m)$ – безліч альтернативних варіантів оцінки потенціалу;

$B = (B_1, \dots, B_L)$ – безліч обмежень;

f – функція переваги ОПР;

K – критерій вибору найкращого результату оцінки;

Y_{opt} – оптимальне рішення (кінцева оцінка).

Для практичної реалізації запропоновано механізм, що визначає потенціал ЕК. В його основу покладено залежність таких показників: зв'язаність підграфів ЕК (A), випрямлення елементів підграфів ($0n$), доступність вузлових елементів ЕК (d_m) від відстані (протяжності) лінійних елементів підграфів ЕК (z_n).

Наведемо покроковий механізм визначення потенціалу ЕК СВДМПЗ.

Крок 1. Визначення зв'язаності елементів підграфа (рис. 4.5) ЕК СВДМПЗ. Основною умовою функціональності ЕК є наявність зв'язків між його формуючими елементами.

Показник зв'язності ЕК є дуже важливою якістю для споживачів, оскільки визначає рівень можливості дістатися до пункту призначення за самотійно обраним маршрутом, змінювати мету маршруту і його траєкторію, в тому числі в дорозі. Крім внутрішньої зв'язності мережі важливу роль відіграє її зв'язок з іншими вулично-дорожніми мережами.



- – точка зародження і поглинання вантажо і пасажиропотоків;
- – точка оптимальної відстані (d) до сусіднього підграфа ЕК.

Рисунок 4.5 – Схема підграфа ЕК СВДМПЗ

Важливими чинниками зв'язності ЕК вулично-дорожньої мережі є крок сітки або розмір осередку (підграфу) мережі. Чим менше відстань між маршрутами, тим більше користувач має можливостей вибору, наприклад, між швидким маршрутом уздовж жвавої траси і повільним, але спокійним, або між прямим шляхом у гору і більш довгим в об'їзд крутих пагорбів.

Розмір підграфів має значення тільки в населених пунктах, де є безліч точок тяжіння і кореспонденцій між ними. Досвід практики зарубіжних країн показує, що всередині території поселень каркас має бути якомога більш щільним із максимально прямими зв'язками між точками відправлення і призначення. Чим більшим є розмір підграфів, тим менша щільність мережі (загальна довжина зв'язку на одиницю поверхні) і нижчий рівень її зв'язності.

Кількісну оцінку зв'язаності підграфів ЕК визначаємо, як [108]:

$$A = D \cdot k^2, \quad (4.8)$$

де:

A – кількісна оцінка зв'язаності підграфа ЕК, м/м²;

D – показник співвідношення довжини транспортних мереж ЕК підграфа до загальної його площі, м/м²;

d – відстань до сусіднього підграфа каркаса, м (рис. 4.5);

k – коефіцієнт транспортної комфортності – безрозмірна константа, яка визначається з існуючої теоретичної залежності [108]:

$$k = \frac{a}{d^2}, \quad (4.9)$$

де:

a – площа підграфа ЕК, м².

Крок 2. Визначення *випрямлення екологічного каркаса* СВДМПЗ.

Ця характеристика підграфів каркаса стосується часу, який необхідний для переміщення між точками відправлення і призначення. З точки зору Європейської міської політики, на забудованій території пасажирський транспорт повинен мати найбільш короткий і прямий маршрут, ніж вантажний (промисловий) транспорт. Найкоротша відстань може бути визначена шляхом розрахунку коефіцієнта об'їзду. Чим ближче до прямої лінії траєкторія від А до Б, тим вона коротша і краще для СВДМПЗ.

Ступінь випрямлення ЕК СВДМПЗ визначають коефіцієнтом об'їзду, який розраховують як відношення між найкоротшою відстанню по мережі S_{min} та відстанню по прямій S_{line} [108]:

$$C_{\text{випрямлення}} = \frac{S_{line}}{S_{min}} \quad (4.10)$$

Крок 3. Розрахунок *доступності підграфу* ЕК. Ступінь доступності визначають за формулою:

$$d_M = \frac{\sum_{i,j=1}^n c_{i-j}}{n}. \quad (4.11)$$

де:

C_{i-j} – наявність зв'язку між початковим i та кінцевим j вузловими елементами в межах ЕК СВДМПЗ;

n – кількість вузлових елементів в підграфі ЕК.

При наявності зв'язку між підграфами ЕК СВДМПЗ C_{i-j} приймається рівним 1, відповідно при відсутності зв'язку – 0.

Отже, ЕК можна представити матрицею транспортних кореспонденцій, у якій відображається можливість "підключення" вузла одного підграфа до вузлів сусіднього підграфа ЕК СВДМПЗ (табл. 4.1) [108, 191].

Таблиця 4.1 – Матриця з'єднань елементів підграфів, які формують ЕК СВДМПЗ

Номер вузлових елементів підграфа ЕК	лінійний елемент n_i підграфа N_i ЕК	лінійний елемент n_{i+1} підграфа N_{i+1} ЕК	лінійний елемент n_{i+u} підграфа N_{i+u} ЕК

Для кількісної оцінки функціональності елементів ЕК, прийняте припущення про те, що мобільність транспортних кластерів в умовах СВДМПЗ визначається не тільки кількістю вузлових елементів підграфа ЕК, але й завантаженістю транспортних площ, сформованих його лінійними елементами. Для визначення функціональності необхідно визначити площу лінійного елемента (вулиця, провулок), яка зайнята кластерами транспортних потоків або рухомими одиницями, що перебувають у зонах стоянок.

Для визначення транспортного потенціалу ЕК СВДМПЗ розроблено графічний механізм визначення шуканої величини, яка враховує особливості архітектури елементів ЕК, що його формують (рис. 4.6) [108,191]:

$$P = 1 - |\cos(\alpha_1_{\text{транспортної комфортності}} + \alpha_2_{\text{спрямованість мережі}} + \alpha_3_{\text{доступність маршрутів}})|$$

(4.12)

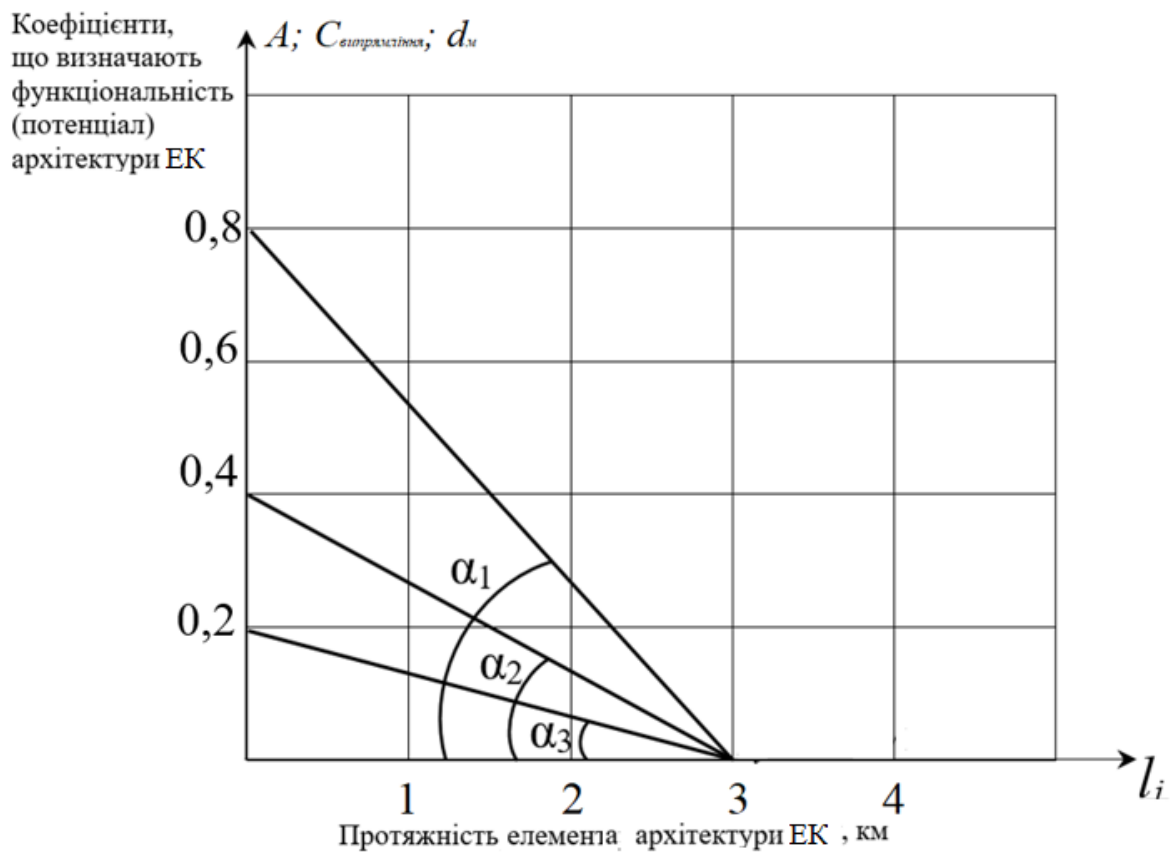
$$0 \leq \alpha_i < 90$$

де:

$\alpha_1_{\text{транспортна комфортність}}$ – коефіцієнт транспортної комфортності архітектурних складових ЕК;

$\alpha_2_{\text{спрямованість мережі}}$ – коефіцієнт спрямованості елементів ЕК;

$\alpha_3_{\text{доступність}}$ – коефіцієнт доступності географічних точок ЕК.



$$\alpha_1 = 45^0; \alpha_2 = 19^0; \alpha_3 = 9^0 \quad P = 0,71$$

Рисунок 4.6 – Графічний механізм визначення потенціалу архітектури ЕК на прикладі окремої ділянки ЕК СВДМПЗ м. Маріуполь

Тож чим вище значення отриманої оцінки, тим вище потенціал архітектури ЕК СВДМПЗ. Розроблений механізм оцінки потенціалу може бути використаний при визначенні привабливості транспортних мереж міст, через які проходять маршрути, що дозволяє оцінити наслідки прийнятих рішень, спрямованих на підвищення функціональності ЕК СВДМПЗ.

Функціональність ЕК часто зв'язується з його транспортним завантаженням. Як показник, що визначає безпеку екологічного каркаса, використовують показник теоретичної щільності транспортних кластерів, які формують у своїй сукупності транспортний потік. Однак цей показник у повній мірі не враховує рівень функціональності, оскільки нівелюються фактори, що визначають функціональність вулично-дорожньої мережі промислових зон та її завантаження. Саме тому введення показників, що відображають екологічну стійкість транспортних потоків в умовах СВДМПЗ, а саме потенціалу екологічного каркаса, який враховує фактори великої насиченості контактів та конфліктів із пішоходами, велосипедистами та гужовим транспортом, асиміляційного потенціалу та обсягу споживання «брудного ресурсу», є необхідною умовою для одержання адекватної оцінки стійкості. Нижче наведена експериментальна крива, яка побудована на практичних дослідженнях (Додаток В), що дозволяє здійснювати управління екологічною стійкістю транспортного потоку в умовах СВДМПЗ (рис. 4.7)

Інноваційність запропонованого механізму управління екологічною стійкістю полягає у формуванні так званого 3D простору управління, де критеріями оцінки є потенціал архітектури ЕК та його асиміляційний потенціал із прив'язкою до показника, що вперше характеризує транспортний потік в умовах СВДМПЗ як споживача «брудного ресурсу».

Слід зазначити, що таке компонування використовується вперше та пов'язане з необхідністю адаптації існуючих механізмів управління транспортними системами до європейських стандартів, дія яких спрямована на забезпечення екологічно безпечної експлуатації транспорту в умовах великих агломерацій.

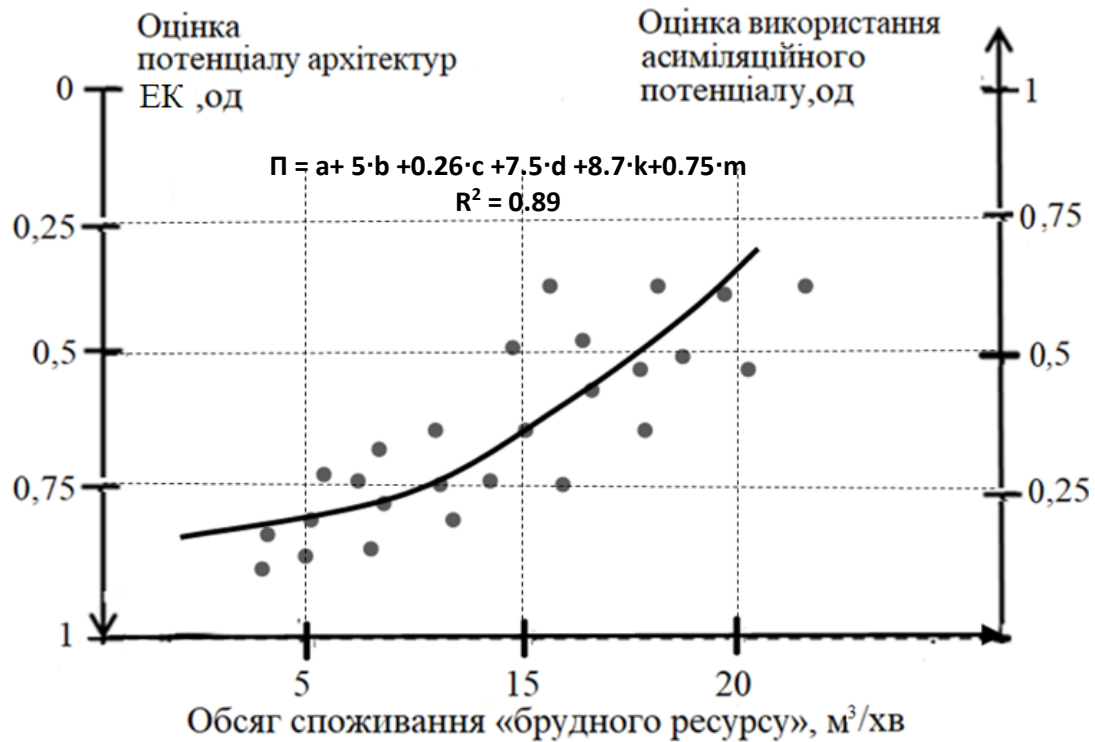


Рисунок 4.7 – Крива управління екологічною стійкістю транспортного потоку в умовах СВДМПЗ м. Маріуполь

Отримані такі результати: збільшення потенціалу архітектури веде в сучасних умовах до зменшення асиміляційного потенціалу, тобто до дефіциту ресурсу, який необхідний для підтримки та відновлення екологічної складової СВДМПЗ. При цьому факт збільшення споживання транспортним потоком «брудного ресурсу» потребує збільшення асиміляційного потенціалу та спрощення архітектури екологічного каркаса. Отримана крива в подальшому можлива для пошуку так званого «компромісного» рішення між суб'єктами, що забезпечують життєдіяльність СВДМПЗ в питанні сталого екологічного розвитку транспортних структур в існуючих архітектурних межах ЕК.

4.2.2 Підхід до вирішення проблеми надлишкової інформаційності.

Оцінка функціональності підграфа ЕК СВДМПЗ, представлена у вигляді вектора ознак (4.3), який формується в умовах надлишкової інформації. Підтвердження цього стосовно геолокації досліджуваних кластерів, які формують транспортний

потік, тобто надлишковість інформації при відображенні підграфа у вигляді вектора поточних значень параметрів кластерів транспортного потоку $\bar{v}_0^z(t)$, представлено в роботі [175].

Автор зазначає, що обсяг базової інформації про розподіл кластерів транспортного потоку становить не більше 10% від обсягу даних у кластері СВДМПЗ.

Підтвердження гіпотези про надлишковість інформації, яку використовують для оцінки функціональності ЕК СВДМПЗ, зустрічаємо в [174]. Автор визначає, що механізм обчислення процедур розподілу транспортних потоків у статичних і динамічних мережах за допомогою матриці кореспонденцій використовує суттєво менший розмір, ніж кількість сегментів у підграфі ЕК СВДМПЗ. Надлишковість даних геолокації кластерів транспортного потоку явно й опосередковано використана в низці робіт [175- 177, 182, 191].

Нами запропоновано підхід, спрямований на скорочення розмірності вектора, який описує просторовий розподіл транспортних кластерів з наданням надлишкової інформації про тимчасовий розподіл транспортних кластерів. У відомих автору працях такий підхід не розглядали. Рекомендований підхід для зниження розмірності полягає в переході від вихідного представлення (4.3) до скороченого, який використовує невелику кількість компонентів, що можна одержати за допомогою методу головних компонентів (PCA – Principal Component Analysis) [182].

У контексті даної роботи метод PCA складається з наступних кроків (виконується для кожного підграфа $\dot{A}_Z$ каркаса окремо):

Перший крок. Визначаємо оцінку коваріаційної матриці векторів підграфа $\bar{v}_M^z(t)$, як складових загальної матриці екологічного каркаса (реалізація вектора, що відповідає T урбанізації у часовому просторі).

$$C^z = \frac{1}{\bar{T}} \sum_{t=0}^{\bar{T}-1} (\bar{v}_M^z(t - \Delta t) - \bar{v}_M^z)^{2T}, \quad (4.13)$$

Другий крок. Визначаємо власні значення $\mu_1^z, \dots, \mu_{MS^z}^z$ та власні вектори коваріаційної матриці C^z . Виконуємо їх упорядкування так, щоб $\mu_1^z \geq \mu_2^z \geq \dots \geq \mu_{MS^z}^z \geq 0$.

Третій крок. Обчислюється квадрат відносної похибки вектора (4.3):

$$\delta_{z,r}^2 = \frac{\sum_{R=r+1}^{MS^z} \mu_1^z}{\sum_{R=1}^{MS^z} \mu_1^z} \quad (4.14)$$

Четвертий крок. З урахуванням похибки формуємо матрицю головних компонентів M^z розміру $MS^z \times R$. Формуємо новий вектор меншої розмірності як проекцію шуканого вектора:

$$\bar{v}_M^z(t) = (M^z)^T - \bar{v}_M^z(t) \quad (4.15)$$

Таким чином, формалізована проблема надлишковості інформації, яка є складовою оцінки функціональності ЕК дозволяє в подальшому визначити потенціал окремих формуючих його елементів.

4.3 Кількісна оцінка потенціалу регульованого перехрестя як вузлового елементу ЕК

Застосуємо розроблену методику оцінки потенціалу ЕК СВДМПЗ для визначення потенціалу регульованого перехрестя (РП) як вузлового елемента каркаса – системи обслуговування та детерміновано неперервного наближення [158, 191].

Введемо позначення:

$n_{тсп}(t)$ – кількість транспортних одиниць в кластері, які підійшли до РП за час $[0, t]$;

$n_{TCO}(t)$ – кількість транспортних одиниць у кластері, що залишили РП за час $[0, t]$;

$\lambda(t)$ – інтенсивність підходу кластерів до РП залежно від часу;

$\mu(t)$ – інтенсивність відправлення кластерів з РП залежить від безлічі факторів, таких, як параметри кластера, досвід водіїв і стан дороги, які в своїй сукупності формують часовий відрізок або час відправлення.

Тоді кількість кластерів, які очікують проїзд через перехрестя M_{TC} в довільний момент часу t , дорівнює:

$$M_{TC}(t) = M_{TC}(0) + n_{TСП}(t) - n_{TCO}(t) = M_{TC}(0) + \int_0^t (\lambda(t)dt - \mu(t)dt) \quad (4.16)$$

Таким чином, сумарна кількість годин, проведених кластерами на перехресті в очікуванні продовження руху за певний проміжок часу $[0, T]$, може бути визначена:

$$P = M_{TC}(0) \cdot T + \int_0^T [n_{TСП}(t) - n_{TCO}(t)] dt \quad (4.17)$$

Знаючи величину P , можна обчислити оцінку середньої довжини черги кластерів на РП ($\overline{M_{TC}}$) і оцінку середнього часу очікування руху через РП ($\overline{T_{ож}}$) за досліджуваний проміжок часу T :

$$\overline{M_{TC}} = \frac{P}{T} \quad (4.18)$$

$$\overline{T_{ож}} = \frac{P}{n_{TСП}(T)} \quad (4.19)$$

Отже, для обчислення оцінки потенціалу регульованого перехрестя необхідно мати в аналітичному вигляді вираз для функцій $\lambda(t)$ і $\mu(t)$.

Кількість кластерів, що підійшли до РП за період $t \in [0, T]$ та кількість кластерів, яка вирушила з РП за цей же період часу, обчислювали за формулами:

$$n_{\text{ТСП}} = \sum_{k=0}^{\frac{t}{\Delta t}} n_{\text{ТСП}}(K). \quad (4.20)$$

$$n_{\text{ТСО}} = \sum_{k=0}^{\frac{t}{\Delta t}} n_{\text{ТСО}}(K), \quad (4.21)$$

де:

$n_{\text{ТСП}}(K)$ – кількість транспортних засобів, що сформували собою кластер, який підійшов до РП;

$n_{\text{ТСО}}(K)$ – кількість транспортних засобів, які сформували собою кластер, що залишився на РП.

Для дослідження режиму перевантаження розглянемо інтенсивності надходження і відправлення кластерів із РП $\lambda(t)$ і $\mu(t)$ у досліджуваному проміжку часу. Середні інтенсивності надходження та відправлення кластерів за хвилину розраховуємо за формулами:

$$\lambda(t) = \frac{n_{\text{ТСП}}(K)}{\Delta t}. \quad (4.22)$$

$$\mu(t) = \frac{n_{\text{ТСО}}(K)}{\Delta t}. \quad (4.23)$$

Візуально оцінити та зробити висновок про стаціонарність величин $\lambda(t)$ і $\mu(t)$ графічно складно. Тому для подальшого аналізу розглянутих часових рядів проведено тест на наявність тренди Фостера-Стюарта, який дозволив відкинути гіпотезу про стаціонарність цих величин для рівня значущості 0,05.

Одним із підходів до математичного представлення нестационарного часового ряду є його декомпозиція з виділенням тренди [158, 191]. При такому підході ряд може бути представлено, як:

$$X(t) = f(t) + \varphi(t), \quad (4.24)$$

де:

$f(t)$ – прогнозована компонента або тренда;

$\varphi(t)$ – випадкова компонента.

Визначити вид тренди можна за допомогою методів регресійного аналізу. Для зменшення коливання рядів $\lambda(t)$ і $\mu(t)$ доцільно застосувати для них згладжування тричленної ковзної середньої [17].

При використанні методу нелінійного оцінювання Гаусса-Ньютона на ЕОМ у статистичному пакеті Statistica для визначення рівняння тренди пропонуємо використати моделі регресії у вигляді раціональної функції виду:

$$f(t) = \frac{(a+b \cdot t)}{(1+c \cdot t + d \cdot t^2)}, \quad (4.25)$$

при

$$S = [0; x] \text{ м}^2.$$

Використовуючи аналітичні регресійні моделі для величин інтенсивності руху на РП, а саме формули (4.24) і (4.25) і покладаючи $M_{\text{оч}}(0) = 0$, із застосуванням методів чисельного інтегрування, можна оцінити величини $(\overline{M_{\text{ТС}}})$ і $(\overline{T_{\text{ож}}})$.

Таким чином, отриманий механізм управління транспортними кластерами у вузлі ЕК СВДМПЗ, а саме на регульованому перехресті, дозволяє зменшити кількість та тяжкість конфліктних ситуацій, що виникають через критичні

"концентрації" інтересів суб'єктів дорожнього руху, функціональність яких прямо впливає на рівень життєдіяльності досліджуваного середовища.

4.4 Формування прикладних логістичних рішень забезпечення функціональності ЕК

4.4.1 Оцінка урбанізації ЕК. Місто Маріуполь розташований на півдні Донецької області, на березі Азовського моря, у гирлі річки Кальміус. Місто займає площу 166,0 км² із передмістями, тобто територіями, підпорядкованими Маріупольській міській раді, – 244,0 км², у тому числі під забудовою – 106,0 км², зелені масиви складають 80,6 км². Ґрунти території міста переважно солонцюваті чорноземи. На території міста наявна значна кількість підземних ґрунтових вод, що часто спричиняє зсуви ґрунтів.

У Маріуполі діють 56 промислових підприємств різних форм власності. Промисловість міста багатогалузева, з перевагою важкої індустрії. Провідною галуззю є чорна металургія. Її питома вага в загальноміському обсязі промислового виробництва становить 93,5%.

Маріуполь є точкою перетину транснаціонального та міжнародного значення (Слов'янськ – Донецьк – Маріуполь, Ростов-на-Дону – Одеса, Маріуполь – Запоріжжя). З Маріуполя здійснюється пряме залізничне сполучення з багатьма містами України; приміський рух електропоїздів здійснюється лише до станції Волноваха. Маріупольський морський торговельний порт є найбільшим на Азовському морі і один з найбільших в Україні. Його вантажообіг складає приблизно 15 мільйонів тонн на рік і цілий рік здійснюються вантажоперевезення в десятки країн світу. У місті діє автобусне, тролейбусне, трамвайне сполучення; зареєстровано близько 100 тисяч одиниць автомобільного транспорту. Етапи урбанізації ЕК на прикладі міста Маріуполь приведено на рисунках 4.8-4.11.

Перший етап урбанізації досліджуваного ЕК

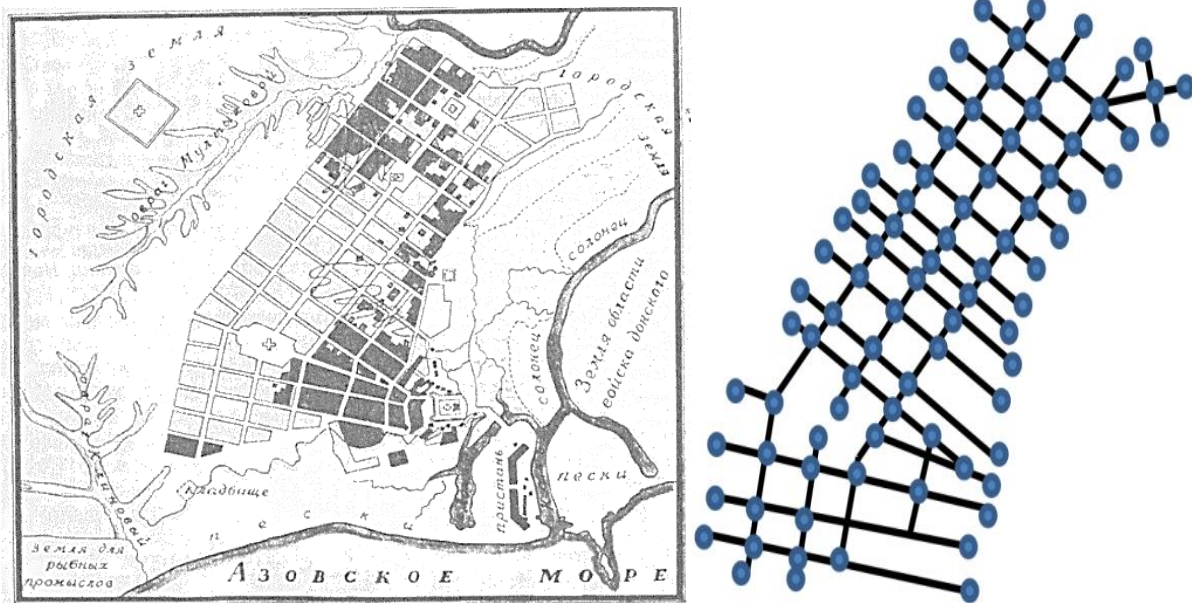


Рисунок 4.8 – План міста Маріуполь і граф його транспортної мережі, 1826 р.

Другий етап урбанізації досліджуваного ЕК



Рисунок 4.9 – План міста Маріуполь і граф його транспортної мережі, 1910 р.

Третій етап урбанізації досліджуваного ЕК

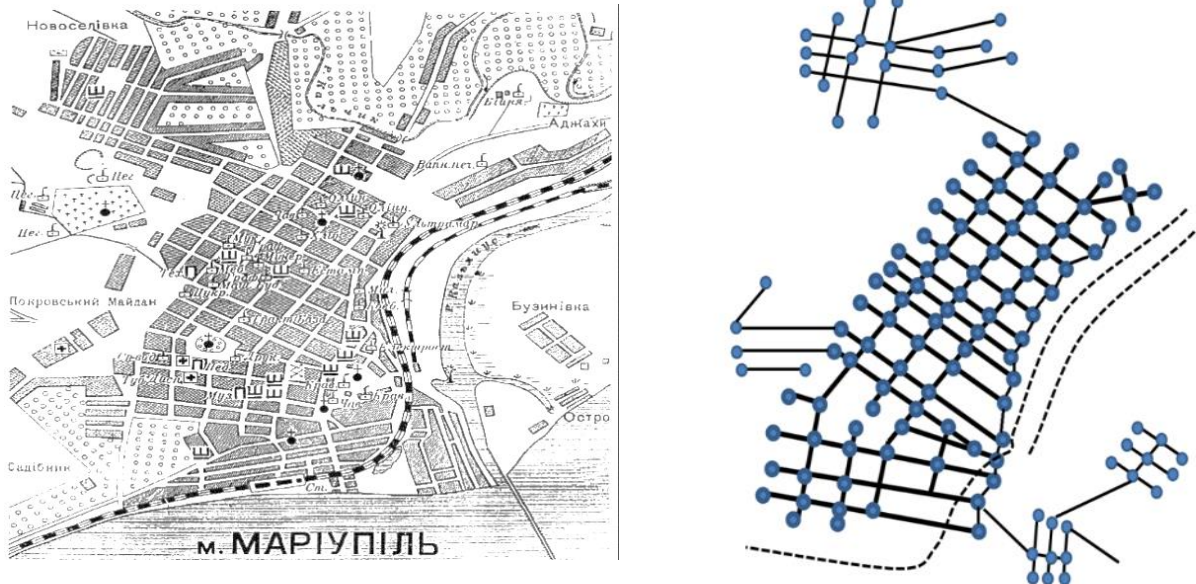


Рисунок 4.10 – План міста Маріуполь і граф його транспортної мережі, 1930 р.

Четвертий етап урбанізації досліджуваного фахверку

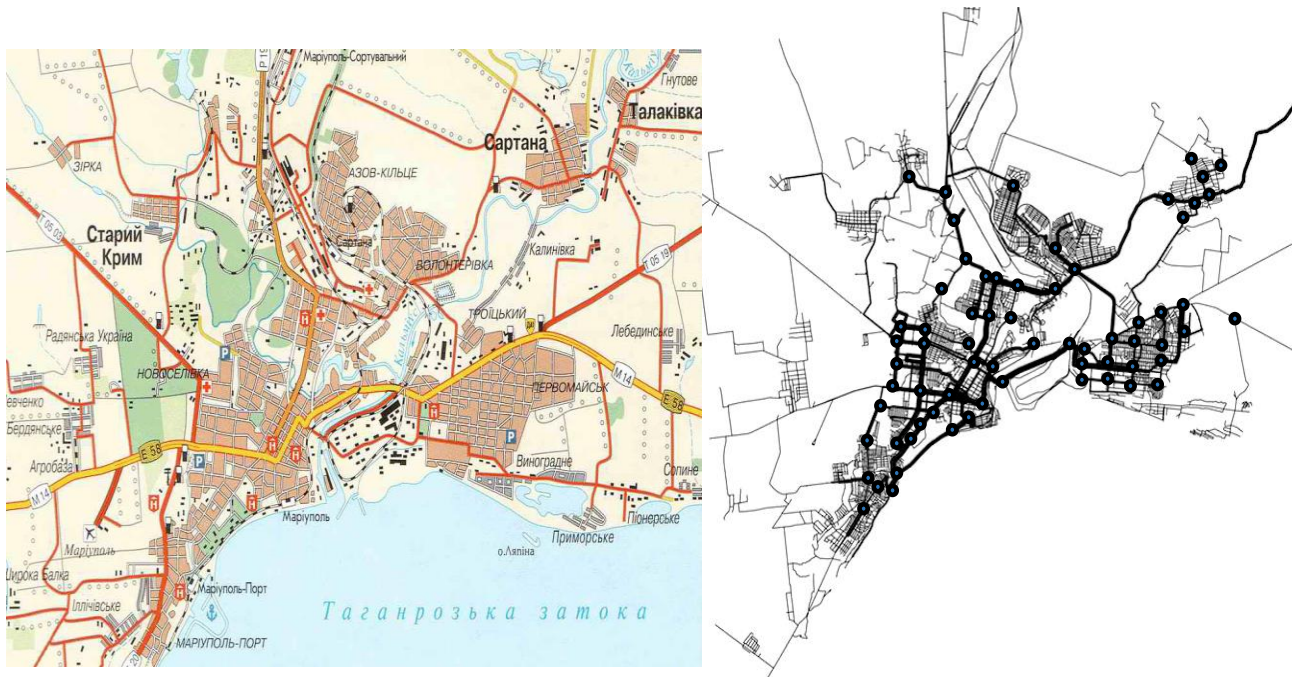


Рисунок 4.11 – План міста Маріуполь і граф його транспортної мережі, 2000 р.

Аналіз показує, що Маріуполь є промисловою зоною з декількома великими підприємствами, розвиненою мережею транспортних комунікацій, залізницею і морським портом. Вигідне географічне положення промислових підприємств міста обумовлює формування ЕК вулично-дорожньої мережі для внутрішньо міських, зовнішніх і транзитних вантажопотоків автомобільного транспорту, а також інтермодальних і мультимодальних вантажних перевезень.

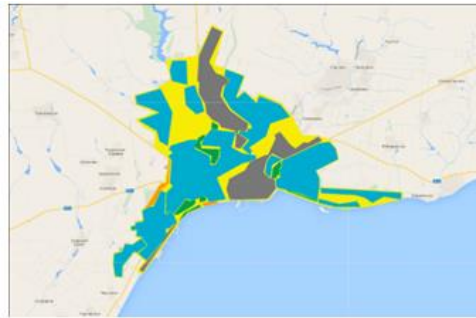
Нижче наведені дані, які характеризують вплив процесу урбанізації на складові СВДМПЗ за показником інтегральної транспортної доступності (табл. 4.2) за аналізований період.

Таблиця 4.2 – Результуюча таблиця впливу урбанізації на ЕК промислових зон м. Маріуполь

Етапи урбанізації	1826 р.		1910 р.		1930 р.		2000 р.	
Кількісна оцінка функціональності ЕК СВДМПЗ	Урбанізаційні показники інтегральної транспортної доступності (протяжність маршруту (км) та час необхідний на його подолання (хв))							
	км	хв	км	хв	км	хв	км	хв
	1	5	1,1	4,9	1,2	4,1	0,8	3

Аналізуючи результати досліджень, що внесені в таблицю 4.2 можна відзначити той факт, що не зважаючи на розвиток транспортної техніки та реалізацію сучасних електронних систем управління рухом, часовий період, який необхідно для подолання маршруту в умовах СВДМПЗ, практично не змінився. Це ще раз дозволяє наголосити на існуванні так званих прихованих чинників (див. п. 1.1.2), що знижують ефективність та екологічну безпеку сучасного СВДМПЗ.

Кількісна оцінка функціональності ЕК СВДМПЗ дозволила сформувати факторний портрет урбанізованого середовища промислових зон м. Маріуполь (рис. 4.12).



Старовинні райони:

- понад 90% транспортних площ мають асфальто-бетонне покриття;
- «бідне» повітря;
- помірне забруднення в залежності від напрямку вітру.

Рекреаційні райони:

- понад 90% транспортних площ
- «зелені площі»;
- «чисте» повітря.

Комерційний (промисловий) район:

- високий рівень теплового забруднення;
- високий рівень CO₂ та SO₂;
- понад 90% транспортних площ мають асфальто-покриття

Новий район (район висоток):

- високий рівень вітрового навантаження;
- високий рівень сонячного навантаження;
- понад 90% транспортних площ мають асфальто-бетонне покриття

Старовинні райони:

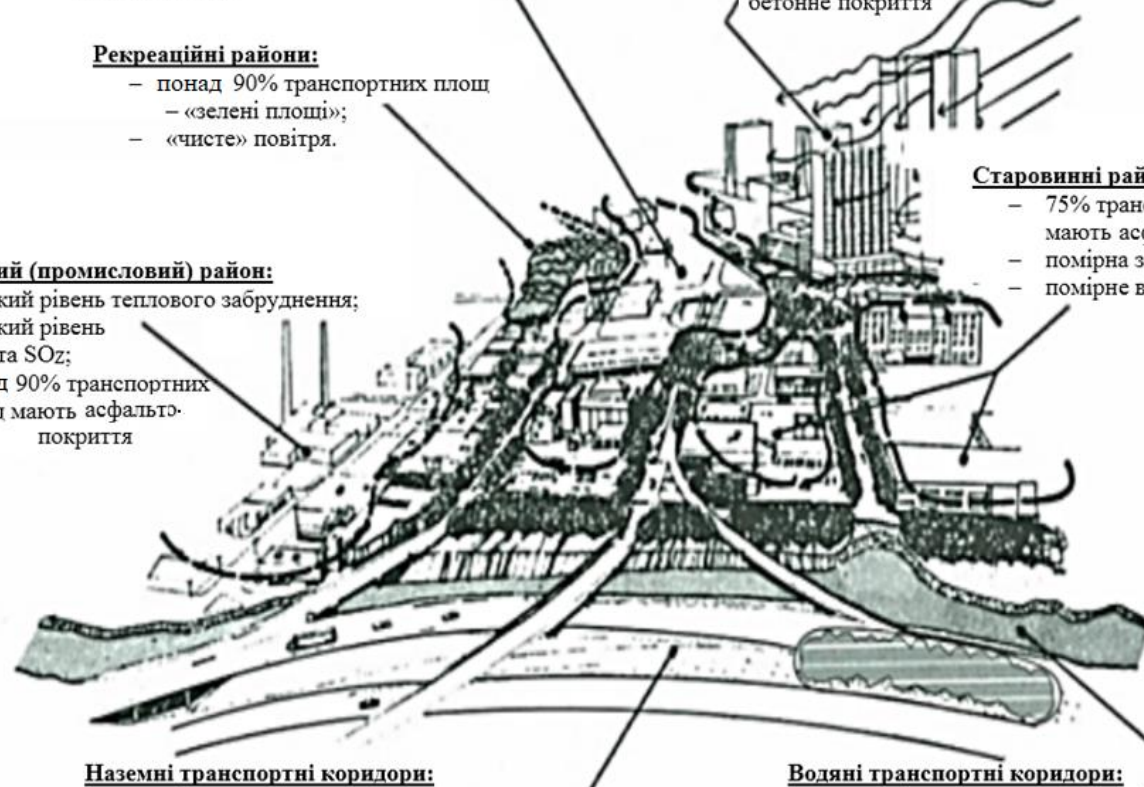
- 75% транспортних площ мають асфальто-бетонне покриття;
- помірна загазованість;
- помірне вітрове навантаження

Наземні транспортні коридори:

- «бідне» повітря;
- високий рівень CO₂ та SO₂;
- понад 50% транспортних площ мають асфальто-бетонне покриття

Водяні транспортні коридори:

- підвищеність вологості повітря;
- часті тумани



Зелений контур - рекреаційні зони; Сірий контур - розташування великих промислових підприємств; Синій контур - селітебні зони; Жовтий контур - приватний сектор і пустирі

Рисунок 4.12 – Факторний портрет урбанізованого СВДМПЗ м. Маріуполь

Аналіз досліджень [41, 42] показує, що вантажопотоки автотранспорту по місту Маріуполь характеризуються широкою номенклатурою вантажів різних галузей промисловості, а саме: металопрокат різного сортаменту, зернові вантажі, рослинне масло, промислові товари й обладнання, паливно-мастильні матеріали, продовольчі товари, будівельні матеріали тощо. (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Середньозважені величини добового вантажопотоку по м. Маріуполь [41, 42]

№ п/п	Найменування вантажу	Звідки (напрямок)	Куди	Кількість рейсів за добу, од.	Добовий об'єм, т
1.	Металопрокат	Північний, західний	Морський порт	122	3110,4
2.	Зернові	Усі напрямки	Морський порт	65	1651,2
3.	Промислові товари	Усі напрямки	Підприємства і магазини міста	62	1587,2
4.	Продовольчі товари	Усі напрямки	Підприємства і магазини міста	46	1164,8
5.	Будівельні матеріали	Усі напрямки	Підприємства і магазини міста	46	1190,4
6.	Наливні вантажі	Північний, східний	Підприємства і АЗС	53	1267,5
7.	Інші вантажі	Усі напрямки	Підприємства і магазини міста	40	1024
Всього:				434	10995,5

Схема маршрутів руху вантажного транспорту міста Маріуполь представлена на рис. 4.13.



Рисунок 4.13 – Схема маршрутів руху транспорту м. Маріуполь

Виходячи з аналізу архітектури маршрутів та добового об'єму перевезень у СВДМПЗ (табл. 4.3 та рис. 4.13), видзначаємо, що автомаршрути муніципального і промислового транспорту, які в деяких районах промислових зон перетинаються із залізничним транспортом та накладаються один на одного, формують таким чином складні, за структурою транспортні кластери, які обслуговують багатомасштабний спектр вантажопотоків із високою динамікою свого обсягу.

Саме це зводить функційність існуючих підходів до вирішення проблем забезпечення екологічної стійкості СВДМПЗ практично нанівець.

Схема вулично-дорожньої мережі промислових зон м. Маріуполь представлена на рис. 4.14., ще раз підкреслює «особливість» СВДМПЗ, а саме високу щільність транспортних комунікацій на одиницю площі міста, що в свою чергу не може не позначитися на рівні екологічної безпеки СВДМПЗ.

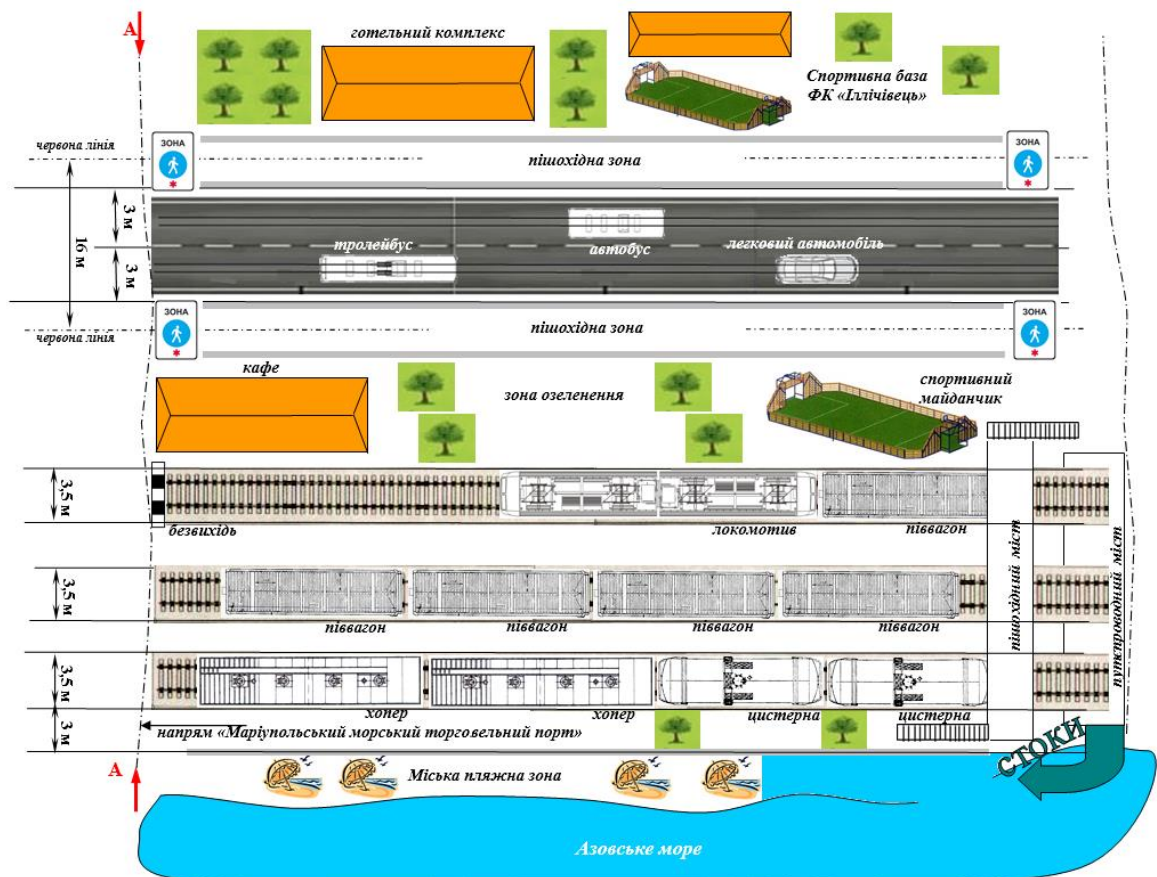


Рисунок 4.14 – Схема СВДМПЗ м. Маріуполь

У дослідженнях [41, 42] виділено 16 вулиць (доріг) або їх ділянок, на яких здійснюється інтенсивний рух вантажного автотранспорту в місті, в тому числі і великовантажного.

Частина з них входять у найбільш навантажені маршрути перевезень. У табл. 4.4 представлені результати розрахунку показників середньозважених добових і річних вантажопотоків на деяких ділянках маршрутів руху вулично-дорожньої мережі м. Маріуполь.

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку показників середньозважених добових і річних вантажопотоків на деяких ділянках маршрутів руху ВДМ м. Маріуполь [41, 42]

№ п/п	Найменування ділянки	Кількість смуг, од		Протяжність вулиць, км	
		з паспорта	фактична	загальна	Максимальна ділянка в одному напрямку
1.	вул. Флотська	2	3	3,2	3,0
2.	вул. Купріна	2	2	2,2	1,9
3.	б. Шевченка	2	3	5,2	5,0
4.	пр. Будівельників	2	3	5,5	4,5
5.	вул. Тополіна	2	2	6,5	4,0
6.	пр. Бойко	4	5	8	6,5
7.	вул. Маміна-Сібіряка	2	2	3	2,1
8.	вул. Торгівельна	2	2	3,2	2,0
9.	вул. Митрополитська	2	2	3,0	1,9
10.	вул. Італійська	2	2	1,0	1,0
11.	вул. Бахчіванджи	3	3	5,5	3,8
12.	вул. Гагаріна	2	1	1,5	1,0
15.	пр. Луніна	2	2	1,5	1,5

За результатами дослідження, що занесені в таблицю, можна зробити висновок, що більшість технічних характеристик вулиць та проспектів м. Маріуполь мають розбіжність із даними, що внесені в паспорти вулиць: цей факт не дає можливість отримати точних оцінок ефективності вулично-

дорожньої мережі та потребує внесення уточнень у розроблювальні транспортні моделі міст.

В табл. 4.5 наведено порівняльний аналіз вантажопотоків на деяких ділянках м. Маріуполь. Як показують дані, фактичний вантажопотік нетто на більшості досліджуваних ділянок перевищує нормативні значення. Величина перевищення (відхилення) становить від 0,3 до 4 млн. т.

Розрахуємо потенціал архітектури ЕК як елемента підграфа СВДМПЗ м. Маріуполь на прикладі вул. Флотської за наведеною методикою (див. підрозділ 4.2).

Таблиця 4.5 – Порівняльний аналіз вантажопотоків

№ п/п	Найменування ділянки	Категорія автодороги	Тип покриття	Вантажопотік, млн. т	
				приведений	фактичний
1	2	3	4	5	6
1.	вул. Флотська	II	Ц*	3,0	5,69
2.	вул. Купріна	II	А**	3,0	4,71
3.	б. Шевченка	II	Ц	3,0	3,97
4.	пр. Будівельників	II	А	3,0	3,36
5.	вул. Тополина	III	А	1,5	3,54
6.	пр. Бойко	II	А	3,0	5,17
7.	вул. Маміна-Сібіряка	II	А	3,0	2,0
8.	вул. Торговельна	III	А	1,5	1,43
9.	вул. Митрополитська	III	А	1,5	1,88
10.	вул. Італійська	III	А	1,5	1,92

Ц* – цементобетонне дорожнє покриття; А** – асфальтобетонне дорожнє покриття

Графічна оцінка функціональності елементів екологічного каркаса на прикладі вул. Флотської м. Маріуполь наведена на рис. 4.15.

Результати дослідження показують, що значні обсяги автомобільних перевезень та відповідні їм вантажопотоки автотранспорту, що проходять через Маріуполь призводять до погіршення транспортно-експлуатаційних показників маршрутної мережі. Траса маршрутів перевезень, особливо ділянки злиття транспортних потоків, характеризуються збільшеною інтенсивністю руху, зниженою пропускною здатністю, підвищеними навантаженнями на дорожній одяг.

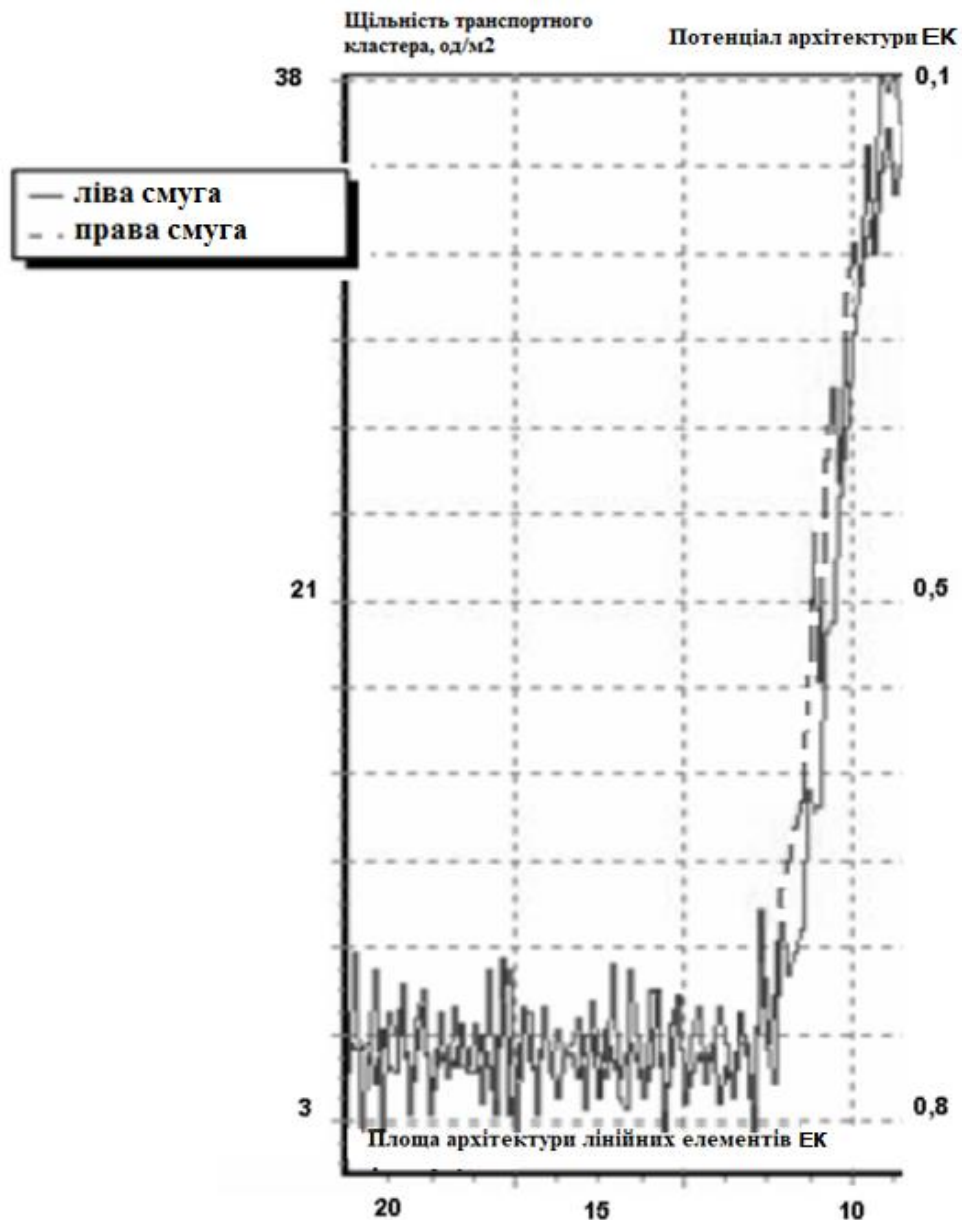


Рисунок 4.15 – Графічна оцінка функціональності елементів ЕК на прикладі вул. Флотської м. Маріуполь

Аналіз отриманих результатів, дослідження які показані на рисунку, 4.15 дозволяють зробити такий висновок: зменшення географічного простору, де розвиваються транспортні процеси, розмір якого визначається кількістю транспортних смуг на маршруті та кількістю так званих транспортних кишень-стоянок (площа архітектури лінійних елементів ЕК, м²), зменшує потенціал архітектури ЕК та безпосередньо впливає на

зростання щільності розташування транспортних засобів у так званому транспортному кластері.

Погіршення цих показників сприяє інтенсивному руйнуванню дорожнього одягу, зниженню безпеки руху, збільшенню шумового навантаження, забрудненню доріг, вулиць і навколишнього середовища.

Таким чином, результати проведених досліджень показали, що вантажопотоки на деяких ділянках вулично-дорожньої мережі м. Маріуполь значно перевищує нормативні показники.

Існуюча вулично-дорожня мережа за своїми транспортно-експлуатаційними показниками не відповідає фактичному навантаженню і вантажопотокам, отже, має низький рівень екологічної стійкості. Проведемо оцінку впливу транспортних потоків на екологічну стійкість вулично-дорожнього середовища промислової зони міста Маріуполь.

4.4.2 Оцінка впливу транспортних потоків на екологічну безпеку зовнішнього середовища. Натурні спостереження транспортних потоків промислової зони м. Маріуполь проводили в «активний» час доби, тобто з 8⁰⁰ до 20⁰⁰ години. Схема досліджуваної ділянки в географічному просторі СВДМПЗ м. Маріуполь представлена на рис. 4.16 (просп. Миру).

Спостереження проводили методом анкетування в різні робочі дні тижня (в години пік). За результатами проведених досліджень (анкетування) отримано дані про інтенсивність руху транспортних потоків із розбивкою за видами транспорту, з урахуванням денної нерівномірності і тижневих коливань. Слід зазначити, що при інтенсивному русі, який спостерігається на досліджуваній ділянці СВДМПЗ, при натурному спостереженні можна оцінити тільки пропускну здатність даного об'єкта моделювання. При натурному спостереженні неможливо оцінити потребу жителів у переміщенні через розглянуту ділянку.

Далі наведемо результати натурних вимірювань, отриманих за допомогою анкетування параметрів дослідження на обраній ділянці дороги,

яка виконує функції загальноміської вулиці і транзитної магістралі, тобто несе подвійне функціональне навантаження [41, 42].

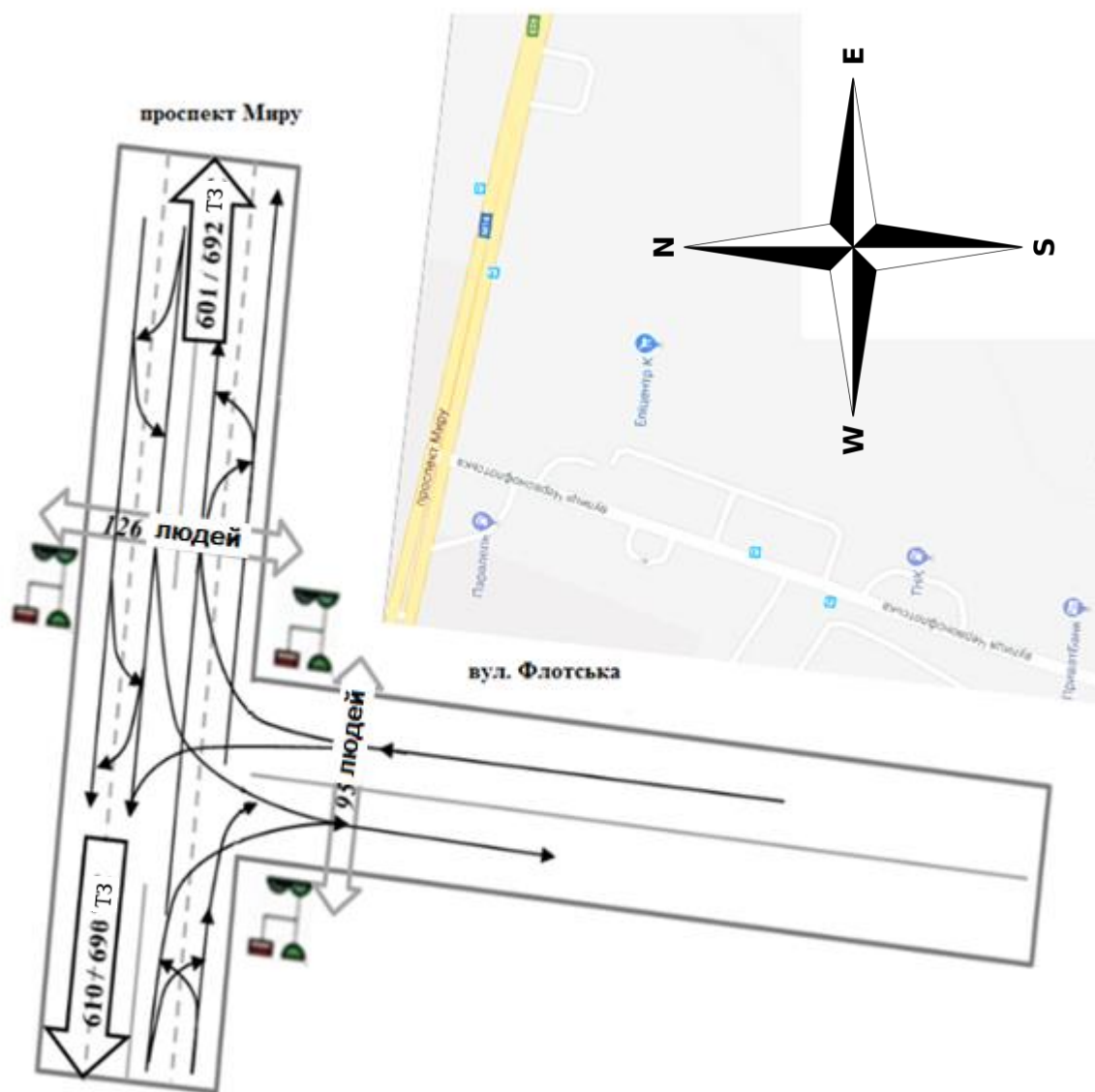


Рис. 4.16 – Схема досліджуваної ділянки в географічному просторі СВДМПЗ м. Маріуполь

Для аналізу денної нерівномірності на цьому об'єкті дослідження проведено збір та обробку даних про інтенсивність транспортних потоків по пр. Миру в двох напрямках руху (для кожного напрямку окремо).

На рисунках 4.17–4.20 наведені графіки денної нерівномірної інтенсивності транспортних потоків із розбивкою за видами транспорту.

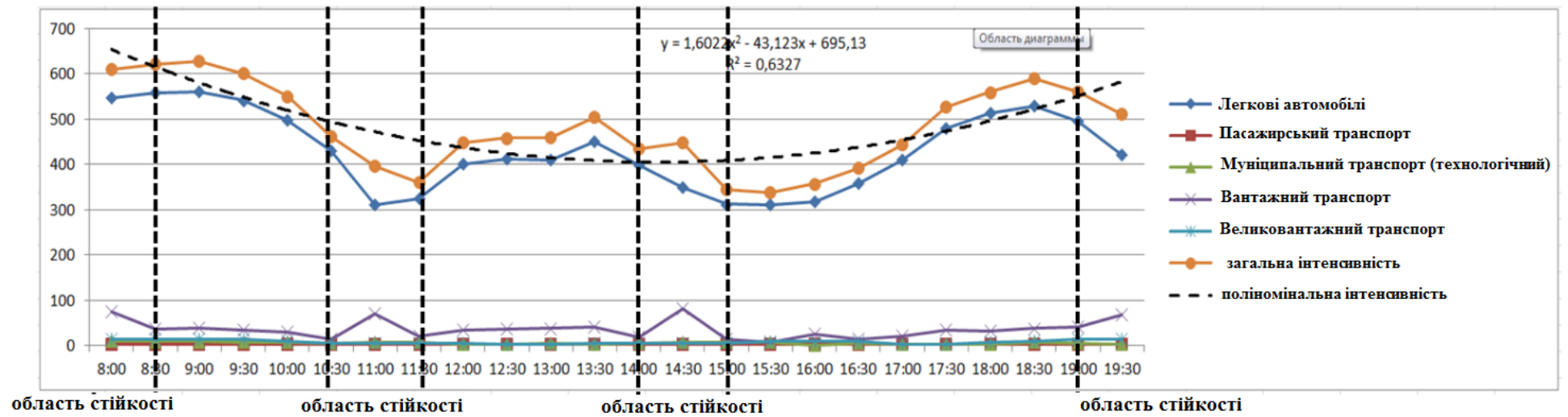


Рисунок 4.17 – Інтенсивність руху транспортного потоку зі східного напрямку по пр. Миру з розбивкою за видами транспорту (вівторок), транспортних засобів за годину

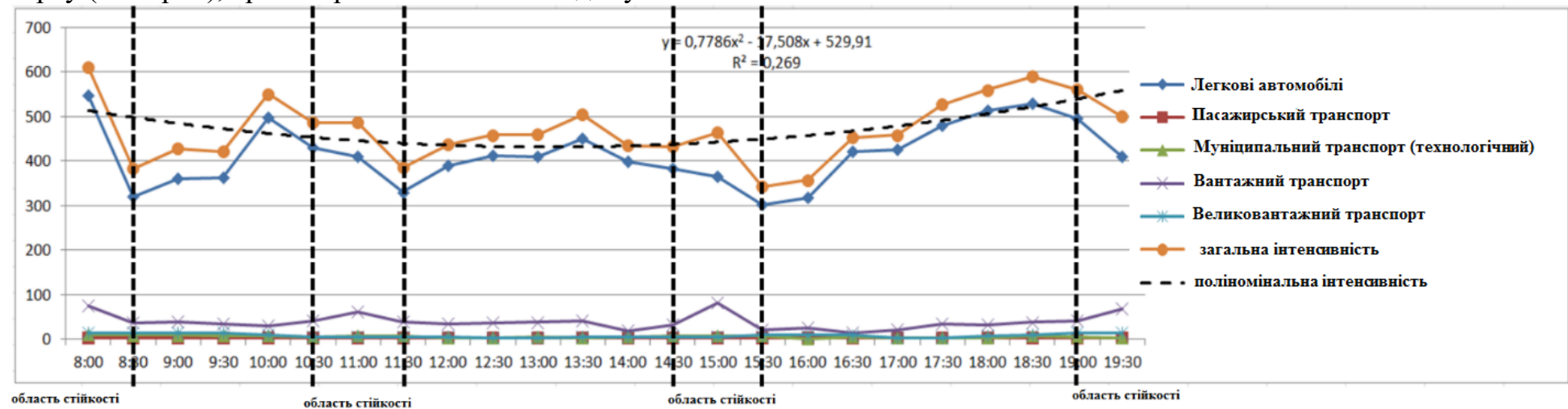


Рисунок 4.18 – Інтенсивність руху транспортного потоку зі східного напрямку по пр. Миру з розбивкою за видами транспорту (п'ятниця), транспортних засобів за годину

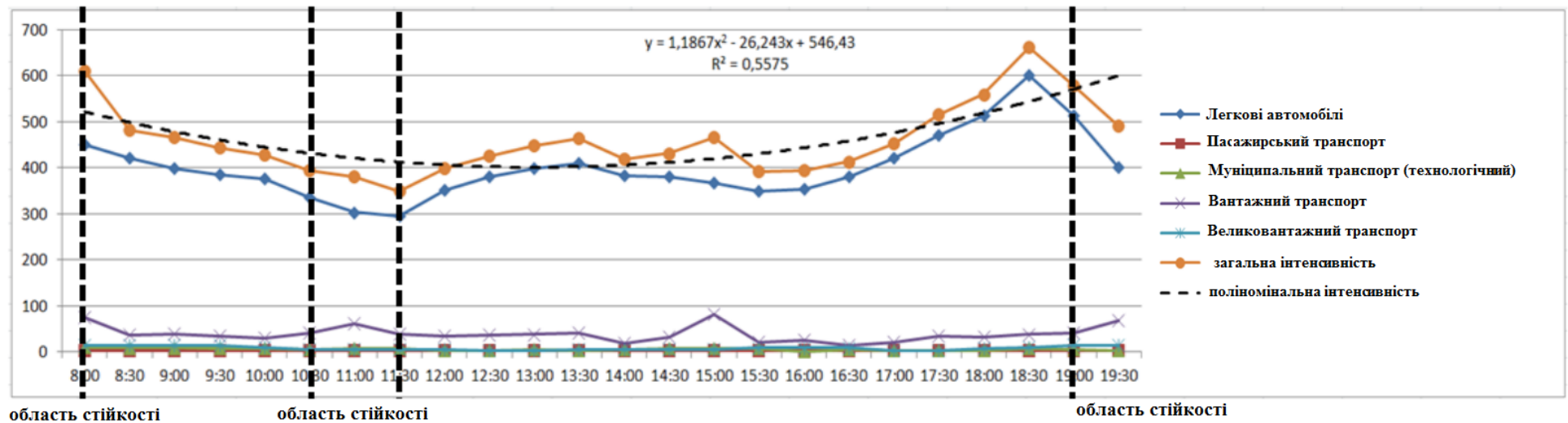


Рисунок 4.19 – Графіки інтенсивності руху транспортного потоку з західного напрямку по пр. Миру з розбивкою за видами транспорту (вівторок), транспортних засобів за годину

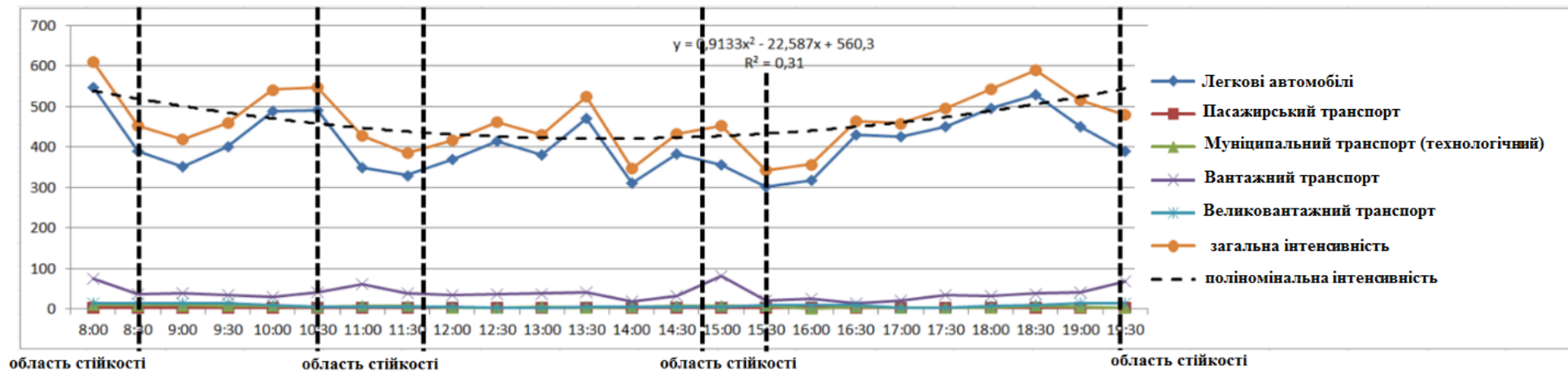


Рисунок 4.20 – Графіки інтенсивності руху транспортного потоку з західного напрямку по пр. Миру з розбивкою за видами транспорту (п'ятниця), транспортних засобів за годину

Треба відзначити, що інтенсивність транспортних потоків упродовж дня є динамічною і залежить від часу доби. Для руху по пр. Миру з західного напрямку (в будень) у ранковий час пік спостерігаються невеликі затори, транспортний потік нерівномірний упродовж дня, зростання інтенсивності спостерігається у вечірній час.

Сумарна інтенсивність транспортного потоку по всіх видах транспорту має пікові навантаження в ранковий і вечірній час.

Інтенсивність руху на ділянці в географічному просторі СВДМПЗ в ранковий та вечірній час пік можна охарактеризувати як часовий простір, у якому можна надати більш «адекватну» оцінку поведінки транспортних потоків, а в період з 12³⁰ до 14⁰⁰ отримати достовірну оцінку поведінки дуже складно, тому було прийнято рішення взяти інтервали досліджень з 8³⁰ до 9³⁰, а також з 18⁰⁰ до 19⁰⁰ [41, 42].

Інтервал часу, на який припадають максимальні навантаження на перехрестя у вечірній час, – це з 18⁰⁰ до 19⁰⁰ години.

У ранковий час зі східного напрямку сумарна інтенсивність руху становить 610 ТЗ/год, а у вечірню годину сумарна інтенсивність руху становить 690 ТЗ/год, із західного напрямку в ранковий час – 601 ТЗ/год, а у вечірню годину сумарна інтенсивність руху становить 692 ТЗ/год.

Кількісну оцінку характеристики транспортного потоку, зокрема інтенсивність руху збирали натурним чином. Отримана оцінка в більшій мірі відображає пропускну здатність перехрестя. Таким чином, інтенсивність руху за напрямками визначаються пропускну спроможністю перехрестя.

Для ранкового і вечірнього часу (08³⁰÷09³⁰ / 18³⁰÷19⁰⁰) картограму отриманої оцінки інтенсивностей формували з урахуванням структури транспортного потоку та (наведена на рис. 4.21.)

Графік тижневих коливань підкреслює, що дані, отримані натурним способом, свідчать про пропускну спроможність перехрестя.

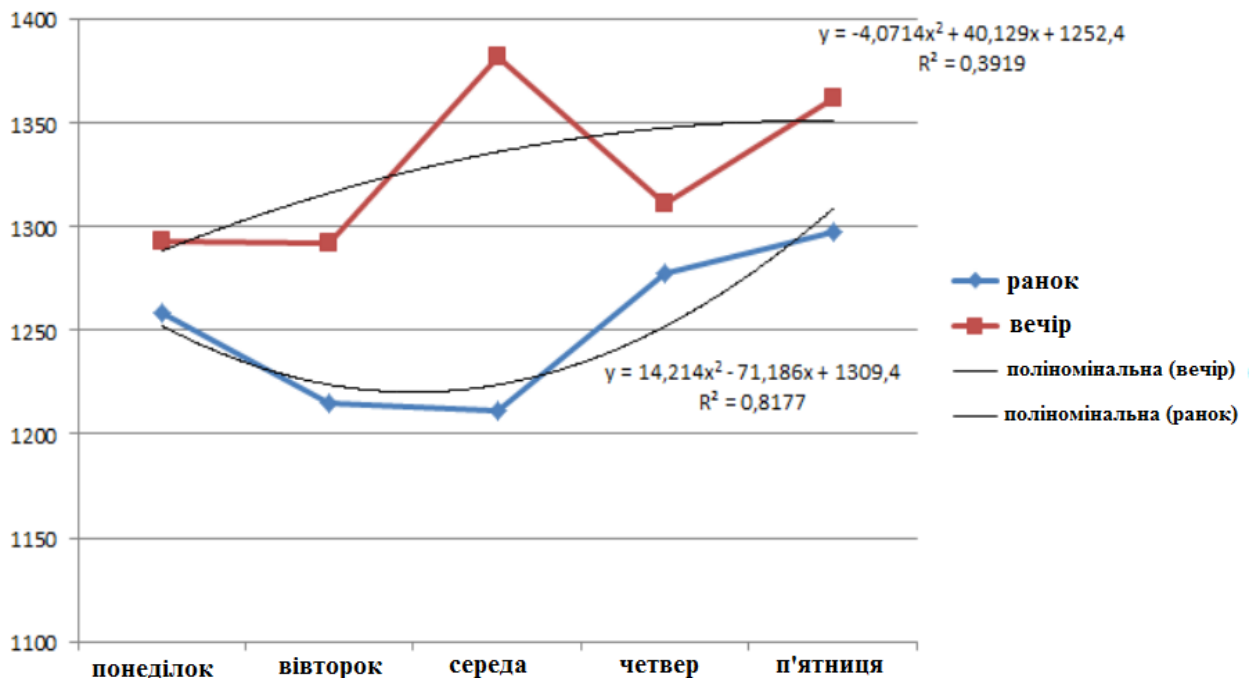


Рисунок 4.21 – Тижневі коливання інтенсивності руху в годину пік, ТЗ/год

У години пік навантаження максимальні і мають високу динаміку в залежності від днів тижня, що ще раз підтверджує низьку стабільність транспортних потоків у СВДМПЗ.

4.4.3 Практична оцінка рівня дефіциту екологічних ресурсів в умовах впливу транспортних потоків на ЕК. Для оцінки рівня дефіциту екологічних ресурсів визначається ступінь засмічення атмосферного повітря в районі регульованого перехрестя – пр. Миру та вул. Флотська (м. Маріуполь).

Такий вибір обумовлений наявністю значних транспортних потоків через означене перехрестя, постійних заторів, обумовлених неоптимальною роботою світлофорів, а також станом автомобільного полотна, що має високий ступінь зносу. Окрім цього, цей район має високу концентрацію торговельних комплексів, житловий сектор і автозаправну станцію. На зазначеному перехресті експериментально визначені концентрації основних забруднюючих речовин. Крім того, на цій ділянці спостерігається досить високий ступінь інтенсивності транспортних потоків.

З урахуванням транспортних потоків на досліджуваному перехресті вибрано кілька експериментальних точок визначення концентрації забруднюючих речовин. Точка 1 – на відстані одного метра від проїзної частини вул. Флотської та автозаправної станції, точка 2 – в 5 метрах, точка 3 – в 10 метрах (рис. 4.22).

Точка 4 – на відстані одного метра від проїзної частини просп. Миру, точка 5 – в 10 метрах.

Точка 6 – на відстані одного метра від проїзної частини вул. Флотської (з протилежного боку), точка 7 – в 5 метрах, точка 8 – в 10 метрах.



Рисунок 4.22 – Точки визначення забруднюючих речовин на перехресті пр. Миру та вул. Флотська

Таблиця 4.6

№	Забруднювач	Точка визначення	Фактична концентрація, мг/м ³	Кратність перевищення ГДК	Клас безпеки
1	2	3	4	5	6
1	Зважені речовини	1	0,62	1,3	—
		4	1,90	3,8	
		6	0,5	1	

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6
2	Оксид вуглецю	1	22,0	4,4	4
		2	22,0	4,4	
		3	21,5	4,3	
		4	20,0	4,0	
		5	18,0	3,6	
		6	19,0	3,8	
		7	19,0	3,8	
		8	18,5	3,7	
3	Бензин	1	0,05	—	4
		4	0,05		
		6	0,04		
4	Діоксид азоту	1	0,12	1,42	2
		4	0,14	1,6	
		6	0,13	1,53	
5	Вуглеводень	1	0,03	-	4
		4	0,03		
		6	0,02		
6	Формальдегід	1	0,10	2,86	2
		4	0,08	2,23	
		6	0,08	2,23	

Виходячи з отриманих результатів, можна зробити такий висновок: із діоксиду азоту концентрація становить зору 1,6 ГДК (точка 4); зі зважених речовин у точці 4 концентрація дорівнює 3,8 ГДК, в точці 1 – 1,3 ГДК, в точці 6 – 1 ГДК. Кількість формальдегідів у точці 1 – 2,86 ГДК, в точках 4 і 6 – 2,23 ГДК. З отриманих результатів необхідно відзначити перевищення ГДК викидів оксиду вуглецю, що підтверджує гіпотезу, яка була висунута у п.п. 1.1.2 та 3.4.2., і яка полягає в припущенні, що споживання ТЗ «брудного ресурсу» призводить до роботи його двигуна на «збідненій суміші» та збільшує викиди відпрацьованих газових сумішей у СВДМПЗ.

Умови низької швидкості вітру влітку над перехрестям 3-5 м/с сприяють розсіюванню смогу над перехрестям і прилеглими районами.

На рис. 4.23 графічно представлений елемент каркаса з його складовими вузлами – регульованими перехрестями у м. Маріуполь. Особливістю формування архітектури ЕК є композиція дублюючих лінійних та вузлових елементів у єдину схему, що забезпечує функціональність ЕК в цілому. Наведена

архітектурна композиція елементів є найбільш яскравим у практичній площині прикладом цієї особливості (рис. 4.23). Так, проспект Миру, вулиця Казанцева, вулиця Лазарєва є лінійними елементами, котрі мають паралельно просторове розташування, яке дозволяє в разі великої завантаженості ЕК перерозподіляти транспортні потоки, що в свою чергу знижує екологічне навантаження на окремі райони СВДМПЗ.



Рисунок 4.23 – Схема елемента каркаса з його лінійними і вузловими елементами

Обстеження проводилося в літній період у будень з 6⁰⁰ до 10⁰⁰ на перехресті А (див. рис. 4.23).

В процесі обстеження з прийнятим кроком $\Delta t = 15$ хвилин, що дає можливість згідно з теорією запропонованої методики Д.В. Капського і Рожанського Д.В. (БНТУ, м.Мінськ, Республіка Білорусь) отримати максимально «чисті» результати. Обрана методика полягає в наступному: тривалість одного експерименту повинна бути не менше 5 хв., загальна тривалість вимірів 75 хв.,

дозволяє отримати похибку середнього арифметичного не більше 16% при довірчій ймовірності 90%; показником інтенсивності руху можна приймати середнє арифметичне значення інтенсивностей, отриманих у кожному експерименті.

Як видно з рисунка 4.24, з моменту початку спостережень, а саме 6 години ранку, черга на рухомому перехресті (РП) відсутня (кількість ТЗ (К) = 5). З цього моменту система переходить у навантажений режим, черга ТЗ на РП поступово збільшується. Довжина черги в момент часу, 7 година 45 хв., досягає свого максимуму в $MTC = 35$ одиниць транспортних засобів у кластері, після чого приходить у норму до 9 в момент часу на 10 годину.

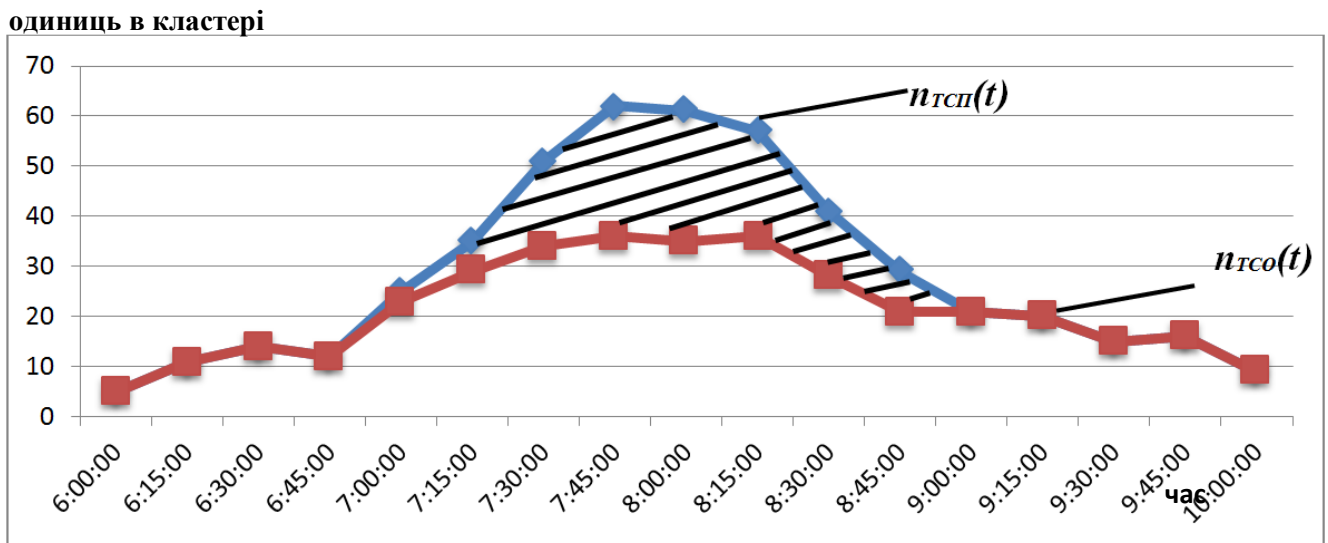


Рисунок 4.24 – Порівняльна оцінка прибуття та вибуття ТЗ з досліджуваного регульованого перехрестя

Усереднені за п'ятихвилинними відрізками часу значення $\lambda(t)$ і $\mu(t)$ наведені на рис. 4.25.

Ми отримали усереднення рядів за 15 – хвилинними інтервалами часу, в межах яких, за даними дослідників [41, 42], досліджувані величини можна вважати стаціонарними.

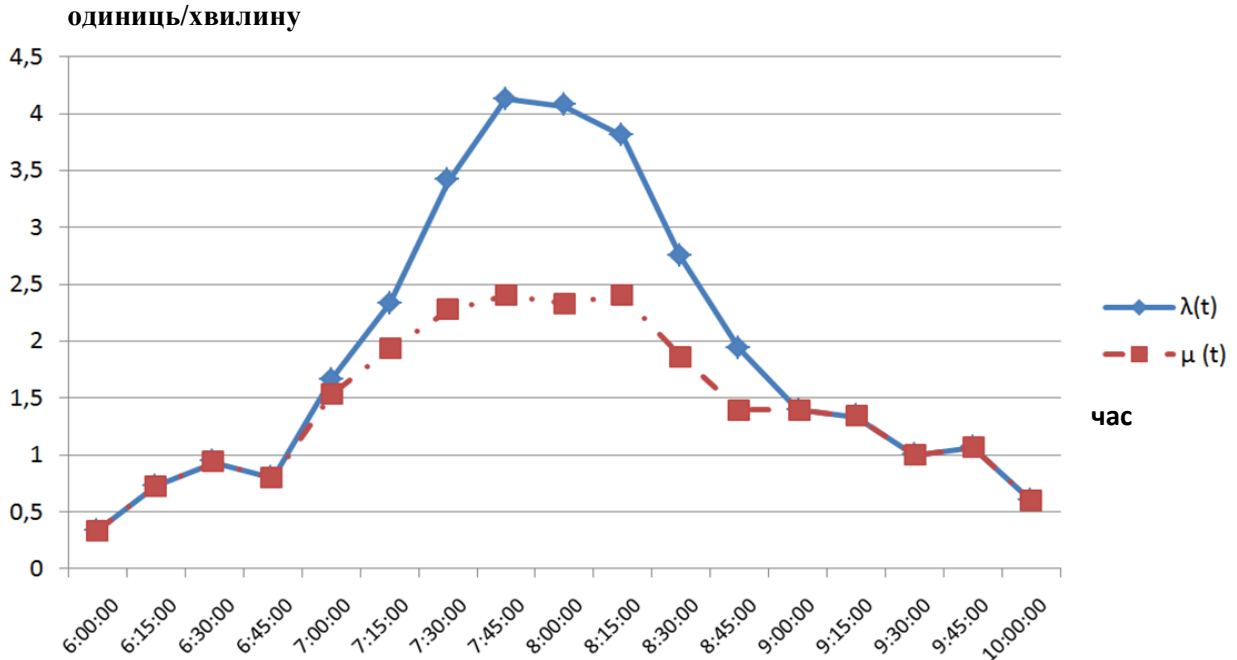


Рисунок 4.25 – Динаміка інтенсивності прибуття та вибуття регульованого перехрестя кластером

Графіки регресійних моделей $\lambda(t)$ – інтенсивності підходу кластерів до РП, залежно від часу та $\mu(t)$ – інтенсивності відправлення кластерів з РП, зображені на рис. 4.26 і рис. 4.27.

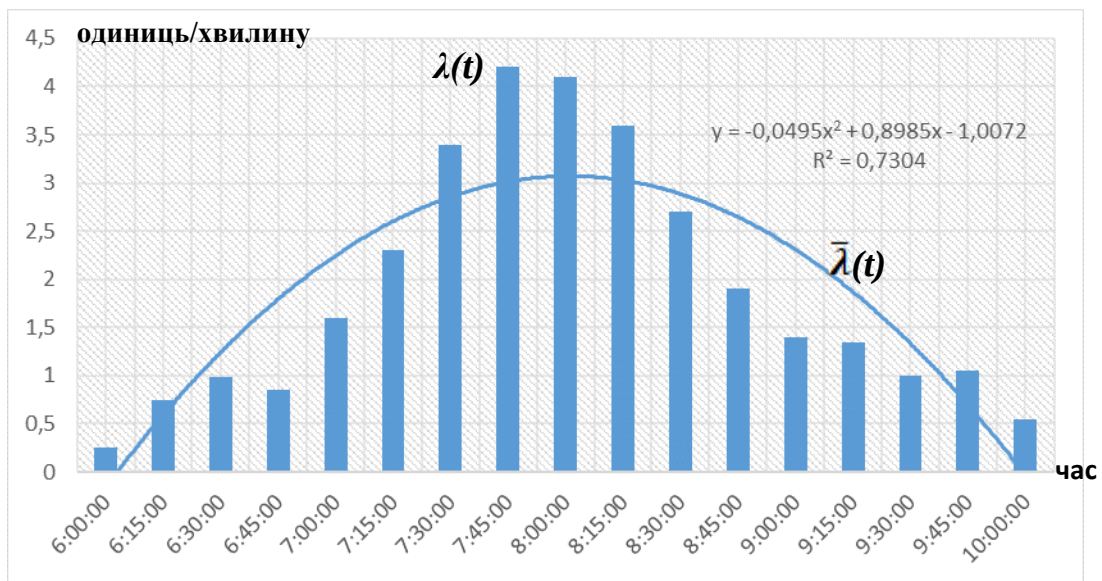


Рисунок 4.26 – Згладжена і регресійна модель інтенсивності прибуття кластера на регульоване перехрестя

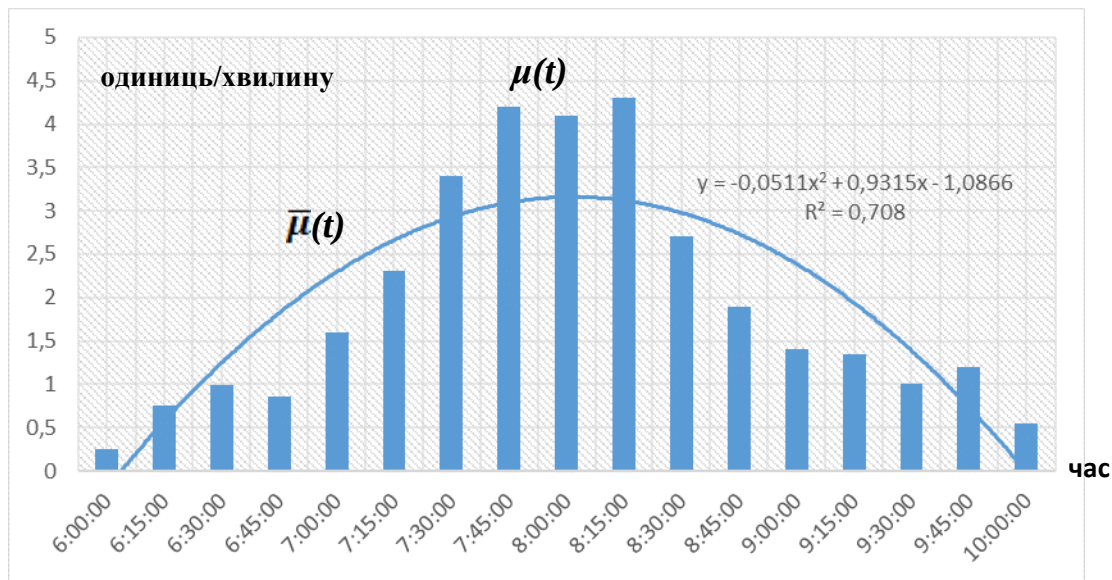


Рисунок 4.27 – Згладжена і регресійна модель інтенсивності перетину кластером регульованого перехрестя

Значення коефіцієнтів регресійних моделей наведені в таблиці 4.7. Незалежну змінну, тобто час, приймали в кожній із точок емпіричних даних рівній номеру кроку спостережень k .

Таблиця 4.7 – Результати регресійного аналізу часових рядів $\lambda(t)$ та $\mu(t)$

Функція	Значення параметрів моделі				Коефіцієнт кореляції R	Відносна похибка S
	a	b	c	d		
$\lambda(t)$	0,648	0,230	-0,233	0,0056	0,93	1,33
$\mu(t)$	0,567	0,268	-0,221	0,0053	0,82	1,52

Емпіричні і змодельовані значення величин кількості кластерів, які очікують проїзду через перехрестя ($\overline{M_{TC}}$), і середнього часу очікування руху через РП ($\overline{T_{ож}}$) наведені в таблиці 4.8.

Для оцінки регресійних моделей, крім досить високого значення коефіцієнта кореляції, були проаналізовані залишки регресії, які представляють у моделі випадкову компоненту $\varphi(t)$. Аналіз показав, що вони мають нормальний розподіл із нульовим математичним очікуванням та дисперсією і в них відсутній

тренд, тобто залишки поводяться, як білий шум (залишки утворюють стаціонарну нормально розподілену випадкову послідовність).

Таблиця 4.8 – Емпіричні і змодельовані значення величин кількості кластерів

Величина	Значення		Відносна похибка, %
	емпіричне	змодельоване	
$\overline{M_{ТС}}$	4,5	6,4	15,2
$\overline{T_{ож}}$	15	14,97	0,9

Використання розроблених методів і практичних рекомендацій дозволило зменшити час простою транспортних засобів у міських мережах при обслуговуванні пасажиропотоків на 540 пас. год., і збільшити їх енергоефективність на 3% від існуючих нормативів і зменшити викиди парникових газів на 5% від існуючих показників.

Запропоновані практичні рекомендації дозволили скоротити час пересування пасажирів через транспортні вузли міста Маріуполь на 2054 пас. год. за один місяць. В результаті впровадження запропонованих практичних рекомендацій щодо раціональної організації взаємодії роботи міського пасажирського транспорту в вузлових елементах може бути отриманий річний соціально-економічний ефект в розмірі 238,7 тис. грн (Додаток С).

4.4.4 Проектування системи прогнозування оцінки безпеки ЕК. Процес прогнозування рівня екологічного забруднення СВДМПЗ досить складний для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів. Для отримання якісної інформації великі можливості відкриває використання теорії нейронних мереж, а саме її архітектурного елемента *fuzzu*-структури (нечітка нейронна мережа (*HCF*)) [76, 138, 141]. У свою чергу, синтез нечітких множин із нейронними мережами в *fuzzu*-структуру дає можливість забезпечити точність прогнозу і усунути суб'єктивізм у формулюванні правил прогнозування [76, 138, 141]. Позитивним ефектом, отриманим у результаті такого синтезу нечіткої

fuzzy-структури є здатність до «навчання», тобто до самостійного коригування прогнозованих результатів на основі статистичних матеріалів.

Модель прогнозування екологічної стійкості ЕК будували на роботі двох *HCF*, що паралельно поєднують вплив щільності кластерів, які формують транспортний потік (п. 3.4.1) [38, 108, 149] і рівень потенціалу архітектури ЕК (п. 3.3) [38,149,141] на оцінку рівня екологічної безпеки (*PEC*), що вимірюється асиміляційним потенціалом (п. 2.3.2). Розглянемо послідовність її функціонування.

На першому шарі (L_1) користувач вводить дані, що характеризують рівень початкового *PEC*, впливу щільності та потенціалу:

$$y_i = x_i, \quad (4.26)$$

де

y_i – нейрони першого шару, значенням яких присвоюється значення вхідної змінної;

x_i – вхідні змінні, значення яких задаються користувачем;

i – кількість вхідних змінних ($i = 1 \dots 3$).

На другому шарі (L_2) кожен змінну першого шару представляють трьома функціями належності Гаусовського типу:

$$y_{i,r} = \mu_r(x_i), \quad (4.27)$$

де

$\mu_r(x_i)$ – функції приналежності нечітких множин вхідних змінних (табл. 4.9):

r – кількість нечітких множин ($i = 1 \dots 3$).

Таблиця 4.9 – Вид функцій приналежності (нейрони другого шару)

Початковий рівень екологічної стійкості (PEC)		Вплив рівня потенціалу архітектури екологічного каркаса		Вплив обсягу споживання «брудного ресурсу»	
Назва множини	Функція належності	Назва безлічі	Функція належності	Назва безлічі	Функція належності
Незадовільне	$y(x) = \exp[-(\frac{x-0}{0.2})^2]$	Низьке	$y(x) = \exp[-(\frac{x-0}{0.2})^2]$	Низьке	$y(x) = \exp[-(\frac{x-0}{0.2})^2]$
Задовільне	$y(x) = \exp[-(\frac{x-0.6}{0.15})^2]$	Середнє	$y(x) = \exp[-(\frac{x-0.4}{0.15})^2]$	Середнє	$y(x) = \exp[-(\frac{x-0.3}{0.15})^2]$
Добре	$y(x) = \exp[-(\frac{x-1}{0.2})^2]$	Високе (руйнівне)	$y(x) = \exp[-(\frac{x-1}{0.2})^2]$	Високе (інтенсивне)	$y(x) = \exp[-(\frac{x-1}{0.2})^2]$

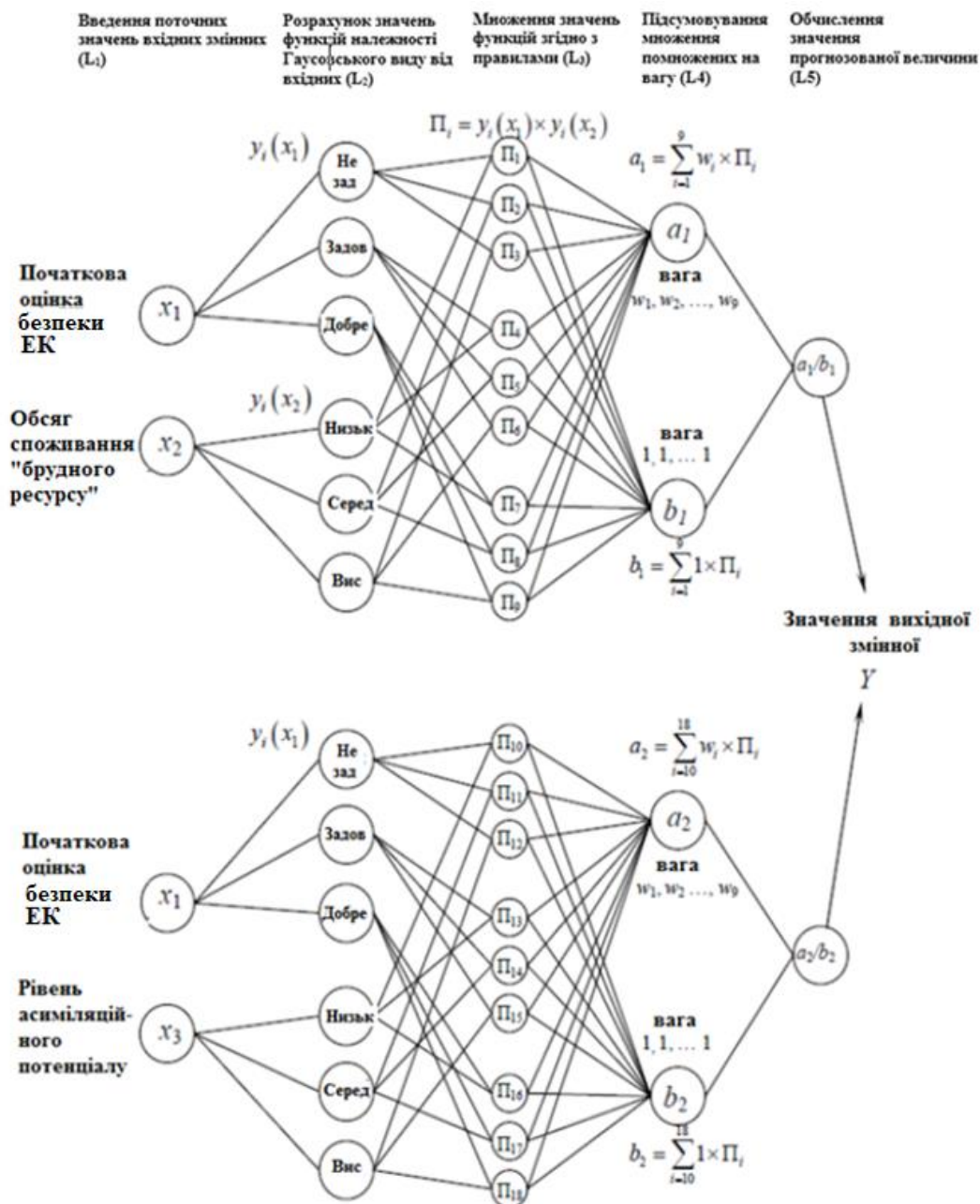


Рис. 4.28 – Графічна схема моделі *PEC*, заснована на двох *HCF* з двома паралельними виходами

На третьому шарі (L_3) здійснюють створення значень нейронів другого шару, що представляє собою перебір варіантів можливих поєднань:

$$y_j = \prod_{r=1...3} \mu_r(x_i), \quad (4.28)$$

де

j – кількість множень: нейронів третього шару (в кожній із двох сіток $j = 1...9$).

На четвертому шарі (L_4) здійснюють підсумовування результатів множення третього шару, помножених на ваги зв'язків. У результаті, в даному шарі є всього два нейрона:

$$y_a = \sum_{j=1}^9 \omega_j \prod_{r=1...3} \mu_r(x_i) \quad \text{и} \quad y_b = \sum_{j=1}^9 \prod_{r=1...3} \mu_r(x_i). \quad (4.29)$$

де

ω_j – початкова вага зв'язку.

На п'ятому шарі (L_5) отримують вихідне значення прогнозованого PEC шляхом поділу значення нейрона a на значення нейрона b :

$$Y = \frac{y_a}{y_b}. \quad (4.30)$$

Налаштування вагових коефіцієнтів усуває суб'єктивізм у формулюванні набору нечітких правил. Алгоритм навчання HCF такий:

1. За матеріалами фактичного обстеження доріг за минулі роки визначають навчальну вибірку. Вона являє собою статистичний набір фактичних значень вхідних змінних і відповідних їм значень вихідних змінних – прогнозованого PEC (табл. 4.10).

Таблиця 4.10 – Навчальна вибірка для *РЕС* з двома аксонами

Номер вибірки m	Фактичне значення першого змінного аксона x_1^m	Фактичне значення другого змінного аксона x_2^m	Фактичне значення вихідного змінного синапсу $Y_{\text{факт}}^m$	Розрахункова значення вихідного змінного синапсу $Y_{\text{расч}}^m$	Фактичне значення помилки прогнозування $\varepsilon_{\text{факт}}^m = Y_{\text{факт}} - Y_{\text{расч}}$
1	x_1^1	x_2^1	$Y_{\text{факт}}^1$	$Y_{\text{расч}}^1$	$\varepsilon_{\text{факт}}^1$
2	x_1^2	x_2^2	$Y_{\text{факт}}^2$	$Y_{\text{расч}}^2$	$\varepsilon_{\text{факт}}^2$
...	...	...	...	...	...
M	x_1^M	x_2^M	$Y_{\text{факт}}^M$	$Y_{\text{расч}}^M$	$\varepsilon_{\text{факт}}^M$

2. Визначають розрахункове значення вихідної змінної $Y_{\text{расч}}^m$ для кожного з m -прикладів навчальної вибірки, які також наводять у масиві поряд із фактичними даними.

3. Задають величину середньої допустимої помилки за цикл навчання ($\varepsilon_{\text{доп}}$), а також величину швидкості навчання (η).

4. Розраховують нові значення ваг зв'язків між третім і четвертим шаром за такими формулами:

$$\omega_j^m(t+1) = \omega_j^m(t) + \Delta\omega_j^m, \quad (4.31)$$

$$\Delta\omega_j^m = -\eta \times y_j \times \varepsilon_{\text{факт}}^m, \quad (4.32)$$

де

t – номер циклу навчання.

Один цикл навчання включає перебір усіх прикладів із навчальної вибірки.

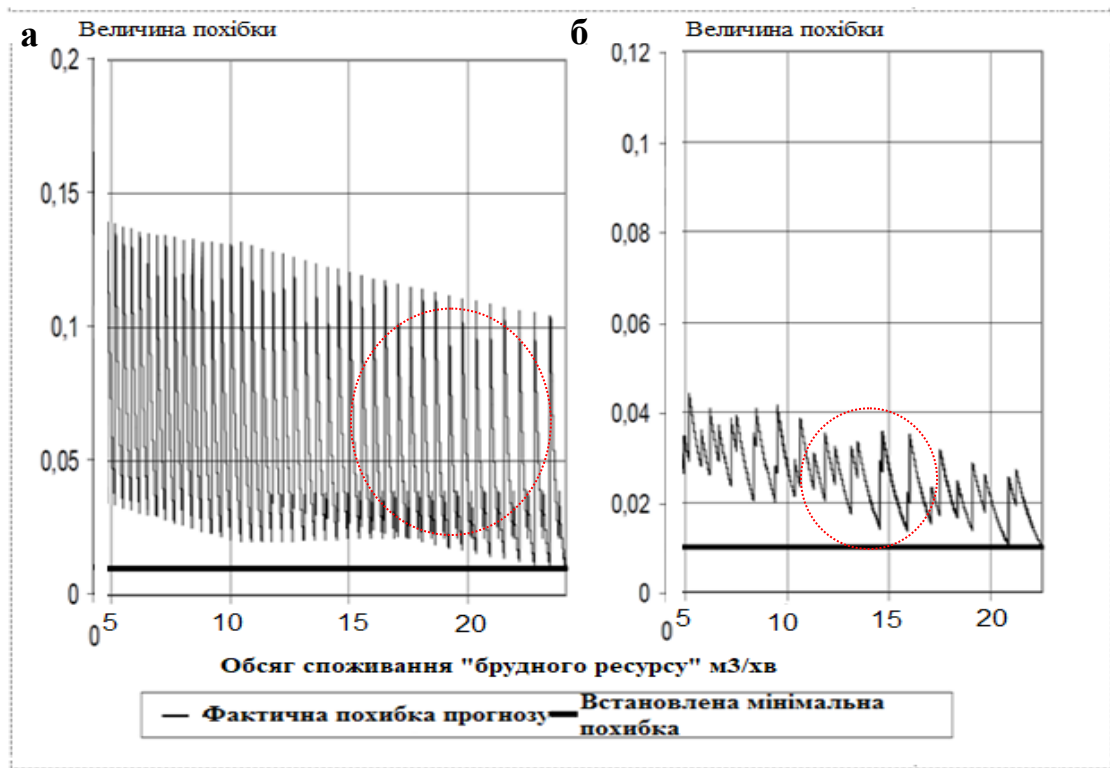
5. Визначають середню фактичну помилку за цикл навчання:

$$\varepsilon_{\text{факт}} = \frac{\sum_{m=1}^M \varepsilon_{\text{факт}}^m}{M}. \quad (4.33)$$

Якщо значення середньої фактичної помилки за цикл навчання перевищує значення середньої допустимої помилки, то відбувається повернення на крок 4.

6. В іншому випадку процес навчання припиняють, і мережа вважається такою, що навчилася.

Практичні розрахунки, засновані на моделі, що використовує паралельну роботу *HCF*, показали стрибкоподібне зниження помилки, викликане незалежною роботою двох *HCF* навіть при низьких швидкостях навчання і високою динамікою зміни статистичних даних в умовах СВДМПЗ (рис. 4.29).



○ – «район» дослідження рівня споживання «брудного ресурсу», де висока вірогідність зупинення роботи двигуна транспортного засобу

а – діаграма похибки прогнозування РЕС до використання нечіткої *fuzzy*-структури;

б – діаграма похибки прогнозування РЕС після використання нечіткої *fuzzy*-структури.

Рис. 4.29 – Графіки похибки прогнозування РЕС при застосуванні моделі, заснованої на двох паралельних *HCF*

Аналіз отриманих результатів, тобто зниження похибки прогнозування оцінки безпеки ЕК в середньому з 10% до 2%, дозволяє підтвердити

ефективність використання нечіткої *fuzzy*-структури та забезпечити можливість перерозподілу транспортних потоків у тимчасовому і географічному просторі промислових зон з урахуванням існуючої «картини» екологічної складової.

4.5 Висновки до розділу 4

1. Високий ступінь спряженості процесів урбанізації і руралізації в цілому сформувало умови, в яких ЕК СВДМПЗ стає все більш «залежним» від характеристик складових транспортних процесів. Саме тому розроблено механізм визначення функціональності (потенціалу) ЕК з визначенням ступеня його взаємовпливу з характеристиками складових системи ЗТ, а саме: величиною асиміляційного потенціалу СВДМПЗ та обсягу споживання складових транспортного кластера «брудного ресурсу». Цей механізм сформовано з урахуванням системних позицій та наявності надлишкової інформаційності в СВДМПЗ. Коефіцієнт регресії, що характеризує достовірність процесу взаємовпливу досліджуваних показників дорівнює 0,89, що відображає високу достовірність отриманих результатів та дозволяє здійснювати ефективне управління екологічною безпекою транспортних потоків в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ.

2. Розроблений механізм управління ступенем впливу урбанізації на функціональність транспортного каркаса дозволило розробити класифікатор прикладних логістичних рішень проблем забезпечення його екологічної безпеки в умовах СВДМПЗ.

3. Один із елементів, експлуатація якого пов'язана з високим ризиком виникнення ситуацій, що характеризуються як екологічно небезпечні, є вузловий елемент ЕК – перехрестя. Тому проведене практичне дослідження діяльності регульованого перехрестя дозволяє не тільки виявити рівень дефіциту екологічних ресурсів в умовах впливу транспортних кластерів на навколишнє середовище, але й отримати регресійні моделі раціональної організації взаємодії роботи міського транспорту в досліджуваному середовищі. Похибка результатів

регресійного аналізу часових рядів $\lambda(t)$ – інтенсивності підходу кластерів до РП, залежно від часу та $\mu(t)$ – інтенсивності відправлення кластерів з РП, дорівнює відповідно 1,33 та 1,52.

4. На основі синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж розроблено модель оцінки рівня екологічного стану транспортної системи в умовах досліджуваного середовища. Подано графічне зображення моделі. Високий ступінь достовірності прогнозу забезпечується навіть при низьких швидкостях навчання і високій динаміці змін статистичних даних в умовах високої динаміки транспортних потоків, які складаються з так званих транспортних кластерів, що характеризується окклюзивністю. Використання нечітких нейронних мереж забезпечує можливість установлювати повну відповідність між математичним представленням процедури нечіткого висновку і структурою міської транспортної системи. Запропонована модель дозволяє сформулювати чіткі екологічні орієнтири при прийнятті рішень у сфері перевезень із урахуванням інтересів підприємств, транспорту і населення міста, з подальшим перерозподілом транспортних потоків у тимчасовому і географічному просторі промислових зон. Отримані результати моделювання дозволяють відзначити той факт, що більшість рухомого складу експлуатують в умовах «високого навантаження» на двигун, тобто він працює на так званій «бідній суміші». Достовірність отриманих результатів підтверджується низьким рівнем похибки моделі, яка складає 2%.

Матеріали розділу представлені в роботах: [38]; [41]; [42]; [90]; [108]; [142]; [150, 151]; [157]; [158]; [184-189]; [196].

РОЗДІЛ 5
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОРІВНЯННОСТІ ВЗАЄМОВПЛИВУ
ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФІЦИТУ ВИТРАТ ДЛЯ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЖИТТЯ ОДИНИЦІ
СОЦІУМУ

**5.1 Теоретичний механізм оцінки ефективності сітілогістичних рішень
щодо забезпечення екологічної безпеки соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ**

Процес урбанізації СВДМПЗ, що дозволяє якісно поліпшити якість соціальної складової СВДМПЗ, має й зворотний бік. Людина, яка є складовою СВДМПЗ та активним споживачем транспортних послуг, підпадає під багаточисельні ризики.

Теоретично-наукові механізми оцінки рівня забезпечення ефективності заходів, спрямованих на досягнення сумісності впливу транспортних потоків на величину витрат, що виділяються на підтримку здоров'я одиниці соціуму, базуються на реалізації комплексу сітілогістичних рішень (Додаток А) щодо попередження та запобігання надзвичайних ситуацій (НС) і зниження негативного впливу транспортних систем на довкілля СВДМПЗ. Реалізація цього спектра заходів вимагає значних фінансових ресурсів.

Однак, в умовах їх дефіциту в органів, які забезпечують життєдіяльність усіх суб'єктів в СВДМПЗ, виникає необхідність проведення оцінки ефективності сітілогістичних рішень і вибору найбільш результативних із числа альтернативних.

Виконаний теоретичний аналіз підходів до оцінки ефективності економічних вкладень муніципальними органами управління, які спрямовано на зниження негативного впливу від техногенних факторів на довкілля СВДМПЗ на прикладі міста Маріуполь (рис. 5.1) [192], показав, що вони застосовані для обґрунтування ефективності сітілогістичних рішень тільки в частині оцінки

економічної доцільності діяльності промпідприємств та екологічного стану акваторії Азовського моря та не містять рекомендацій до визначення екологічних і соціальних ефектів у вартісному вираженні, яке досягається від їх імплементації в структуру управління екологічної безпеки транспортних систем.

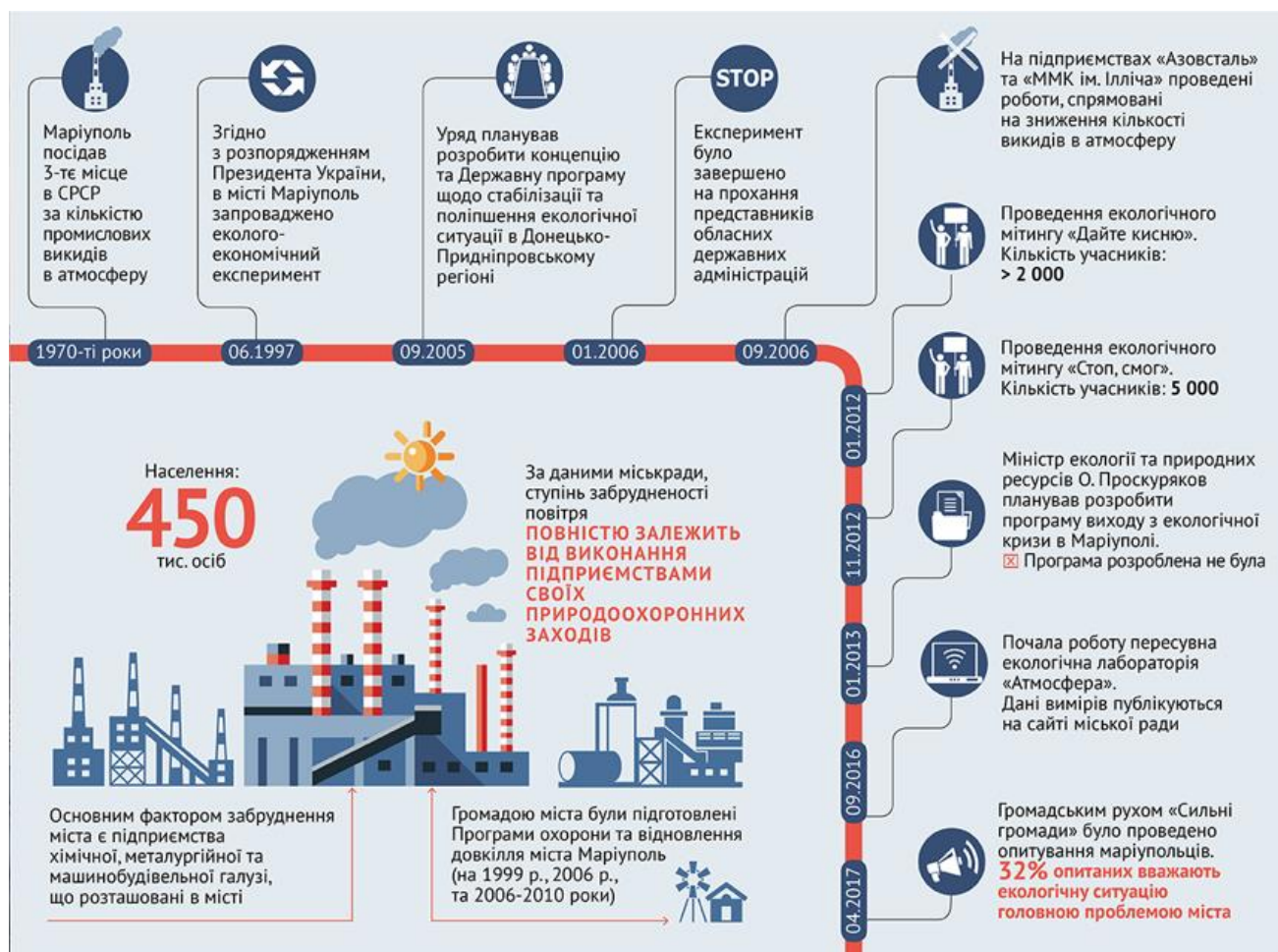


Рисунок 5.1 – Ланцюг заходів у часовому просторі, що спрямовані на зниження негативного впливу від техногенних факторів на довкілля СВДМПЗ

Такий стан викликає необхідність удосконалювати методику оцінки ефективності асиміляції економічних вкладень у сітілогістичні рішення в частині відображення їх особливостей при формуванні показників, які використовують у розрахунках еколого-економічної і соціальної ефективності імплементованих сітілогістичних рішень. Формування пропозицій щодо вдосконалення механізму вимагало доповнити систему принципів, традиційно застосовуваних при

визначенні ефективності асиміляції економічних вкладень, використання яких дозволить оцінити і врахувати у вартісному вираженні всі можливі еколого-економічні та соціальні наслідки НС: принципи комплексного врахування наслідків НС («забруднювач платить» Кіотська конвенція), обліку причинно-наслідкових зв'язків, декомпозиції, універсальності, вартісної оцінки всіх складових збитку (ефекту) [193, 194]. Причому для визначення еколого-економічних ефектів у роботі дана інтерпретація загальноприйнятих принципів їх оцінки, а в основі методу оцінки соціальних ефектів пропонується використовувати принципи визначення асиміляційного потенціалу (п. 2.5.2) і врахування динаміки людського капіталу. Реалізація принципів, що знаходять своє відображення у відповідних методах оцінки, наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Теоретичні підходи до оцінки ефективності реалізації сітілогістичних рішень, які імплементують у структуру управління екологічною безпекою транспортних систем

Принципи оцінки сітілогістичних рішень	Методичні підходи до оцінки сітілогістичних рішень
1	2
Принципи дотримання господарського підходу	Розрахунок показників комерційної, бюджетної, економічної ефективності заходів, що відображають наслідки реалізації проєктів для їх безпосередніх учасників
Принцип зіставлення витрат та результатів	Метод зіставлення витрат та результатів, розрахунок показника економічного ефекту (економічної ефективності заходів)
Принцип наведення майбутніх різночасових витрат та прибутку до умов сумірності в початковому періоді	Комерційна ставка для економічних інвестиційних проєктів, що не зачіпають природне СВДМПЗ

Продовження таблиці 5.1

1	2
Принцип нормативного завдання норми дисконтування	Пільгова ставка дисконту для інвестиційних проєктів, що впливають на природне СВДМПЗ
Принцип тотожності ефектів	Метод порівняльної ефективності заходів
Принцип комплексного врахування наслідків НС	Врахування та оцінка економічних, екологічних та соціальних втрат громади внаслідок НС
Принцип «забруднювач платить»	Реалізація положень Кіотської конвенції
Принцип визначення асиміляційного потенціалу	Визначення витрат, спрямованих на відновлення природного середовища від діяльності транспортних систем в умовах промислових зон
Принцип зонування промислових зон за ступенем екологічної безпеки* (п.5.2)	Визначення витрат, спрямованих на забезпечення безпеки життєдіяльності одиниці соціуму

Враховуючи той факт, що в результаті реалізації небезпеки при роботі транспортних систем в умовах ЕК СВДМПЗ, завданий збиток складається із соціальних, матеріальних і екологічних втрат, запропонована і використовується при розрахунках математична модель управління *інтегрованими ризиками техногенних аварій в СВДМПЗ* [41, 42], як комплексного показника його безпеки, вираженого в єдиному вартісному еквіваленті і об'єднуючого в собі очікувані збитки соціальних, екологічних і матеріальних втрат:

$$\left\{ \begin{array}{l} R(Y_{\Sigma}) = R(Y_C) + R(Y_M) + R(Y_{\Theta}) \\ R(Y_C) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{\alpha} R_{ij}(E_C) \cdot Y_{cijk}, \\ R(Y_M) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^{\omega} R_{ij}(E_M) \cdot Y_{mijr}, \\ R(Y_{\Theta}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^{\eta} R_{ij}(E_{\Theta}) \cdot Y_{\Theta ij q}, \end{array} \right. \quad (5.1)$$

де:

$R(Y_{\Sigma})$ – інтегрований ризик;

$R(Y_C)$ – ризик соціального збитку Y_C (колективний ризик);

$R(Y_M)$ – ризик матеріального збитку Y_M ;

$R(Y_{\Sigma})$ – ризик екологічного збитку Y_{Σ} ;

n – кількість можливих вражаючих чинників, які формують в результаті реалізації на об'єкті існуючих небезпек (вибух, пожежа, викиди хімічно небезпечних речовин);

m – кількість зон ризиків, розташованих у межах сектора вірогідної поразки;

α – кількість ступенів ураження людини;

ω – кількість складових матеріального збитку;

η – кількість складових екологічного збитку;

$R(E)$ – потенційний ризик виникнення надзвичайної ситуації для реципієнта вигляду E .

Слід зазначити, що в основу моделі інтегрованого ризика покладені формули математичного очікування відповідних втрат (очікуваний збиток), реалізації несприятливої події, які функціонально зв'язують частоту (вірогідність), і збиток, нанесений певною несприятливою подією. Збиток визначається типом небезпеки, що реалізується, і видом реципієнта дії. Реципієнт дії в СВДМПЗ є фізична (одиниця соціуму) або юридична особа, що споживає ресурси та впливає на стан екологічної безпеки в досліджуваному середовищі. Частота неблагодійної події характеризується потенційним ризиком – стохастичною (імовірнісною) складовою очікуваного збитку.

5.2 Математична модель екологічнобезпечного простору діяльності одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ

Екологічнобезпечний простір (ЕБП) для одиниці соціуму в межах ЕК СВДМПЗ може бути представлений не тільки координатами його розташування в географічному просторі, але і його розташування відносно до техногенної складової середовища.

Техногенна складова ЕБП у досліджуваному середовищі розглядається не тільки як географічна площа СВДМПЗ, яку займає людина, але і як функційний сектор у соціумі, котрий визначається екологічним потенціалом людини та залежить від концепції, що реалізується в сучасних умовах розвитку світу, а саме концепції «Здорового міста» (англ. – Healthy city) [184, 195, 196].

Розробка моделі ЕБП допоможе надати відповідь на різні питання, а саме: які є причини зменшення потенціалу людини в умовах існуючих меж ЕК СВДМПЗ, що в свою чергу призводить до аварій на маршрутах; причини зниження рівня циклічної взаємодії складових суб'єктів СВДМПЗ та багато інших.

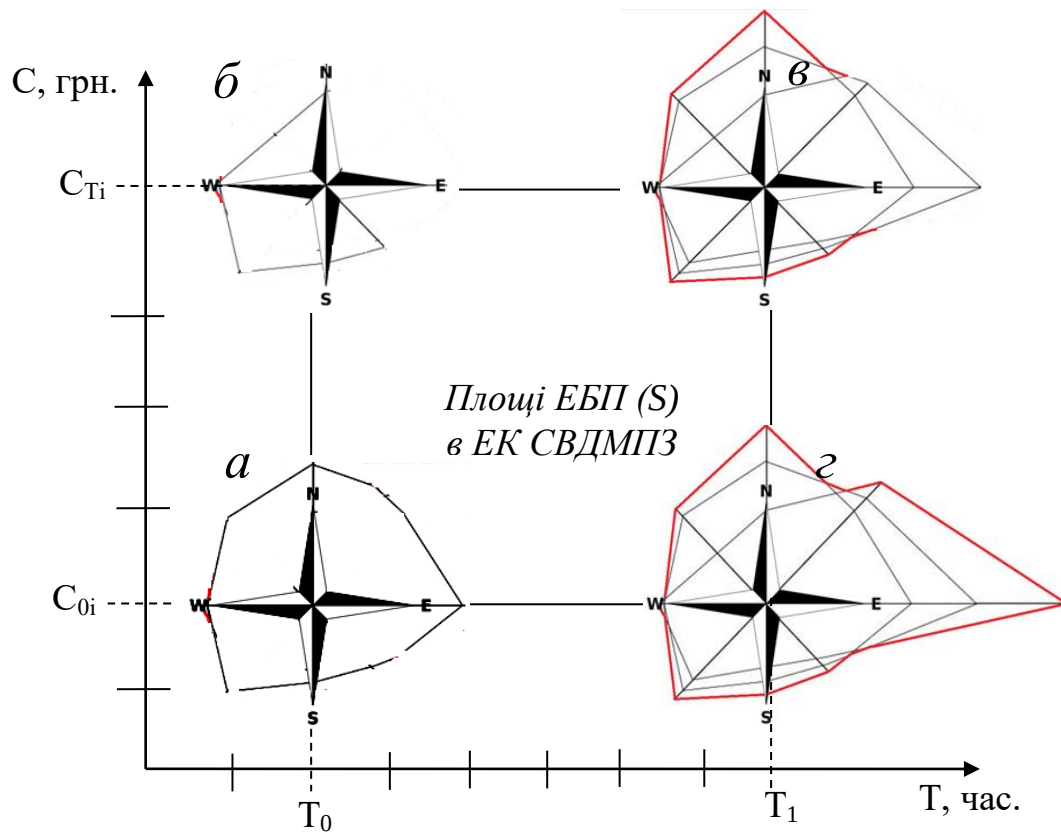
Функційність ЕБП можна визначити за характеристикою процесів, що спрямовані на зменшення впливу «брудного ресурсу» на людину та представити як модель динамічної системи (рис. 5.1).

Процеси, які спрямовані на забезпечення функційності ЕБП, подаються з урахуванням величини дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму, що синтезується роботою транспорту в межах СВДМПЗ на заданому часовому просторі.

Фактори, що визначають функціональність ЕБП, надаються допустимою областю значень стану (рівень дефіциту) – $C_{0i} - C_{Ti}$ на визначеному часовому просторі $T_0 - T_1$ (рис. 5.1)

Розробка моделі представлено на основі аналітичної геометрії в двокоординатній системі. З огляду на складність узгодження розмірностей в

подальшому будуть розглядати відносні показники цих величин у частках одиниці, а величину їх змін (Δ) будемо визначати за абсолютною величиною.



«а-г» – відрізок високої функційності ЕБП, що пов'язано з низьким рівнем дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму С;

«б-в» – відрізок низької функційності ЕБП, що пов'язано з високим рівнем дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму С.

Рисунок 5.1 – Принципова схема змін показника ЕБП ЕК СВДМПЗ C_{0i} – C_{Ti} за час T_0 – T_1 у двовірному просторі СВДМПЗ по i -му фактору – рівень потенціалу ЕБП як складової архітектури ЕК

Для спрощення розрахунку, процес, що відбувається в ЕБП, буде характеризуватися площею прямокутника (S), утвореного відрізками ΔC і ΔT в розглянутій дво координатній системі:

$$S = \Delta C \cdot \Delta T, \quad (5.2)$$

Виходячи з математичного аналізу, площу прямокутника, утвореного ΔC і ΔT , можна визначити за виразом:

$$S = \int_{C_0}^{C_1} f(c) dC. \quad (5.3)$$

При цьому вважаємо, що $f(C_0) = T_0$, а $f(C_1) = T_1$. Одним із основних завдань мінімізації небезпеки ЕБП в умовах ЕК СВДМПЗ є зниження дефіциту i -го фактора (рівень потенціалу ЕБП як складової архітектури ЕК) C_{1i} до C_{ni} , т.ч. визначення $f(C_i) \rightarrow C_{ni}$. В умовах ЕК СВДМПЗ можна прийняти, що $C_{oi} = C_{ni}$ (C_{ni} – плановий показник, встановлений бюджетом територіальної громади або іншими документами для i -го фактора). При цьому параметр (Т) визначається умовами праці та відпочинку працівника.

Однак для процесів регулювання параметром є фізіологічний стан людини F , який також функціонально пов'язано з факторами ($C_{0i}, \dots, C_{1n}$). Ефективність процесу регулювання, яка визначається рівнем дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму (O), будуть визначатися величиною вимірювання цих факторів. Зміни факторів ЕБП (ΔC) буде визначатися показниками витрат (ресурси) на одиницю (ΔZ) «оброблюваного» обсягу ЕБП.

ЕБП людини із системою регулювання її чинників можна уявити в трикоординатній системі (рис. 5.2). Обсяг паралелепіпеда або масив, утворений відповідними векторами (C_i, C_d, C_f), буде визначати результат – виконання нормативних вимог до якісних показників (станом) (O) ЕБП людини в ЕК СВДМПЗ. C_i – рівень асиміляційного потенціалу; C_d – оцінка потенціалу ЕК; C_f – обсяг споживання «брудного ресурсу». Обсяг паралелепіпеда, побудованого на векторах, дорівнює:

$$O = C_i \cdot C_d \cdot C_f = (c_{2f} - c_{1f}) \cdot (c_{2i} - c_{1i}) \cdot (c_{2d} - c_{1d}). \quad (5.4)$$

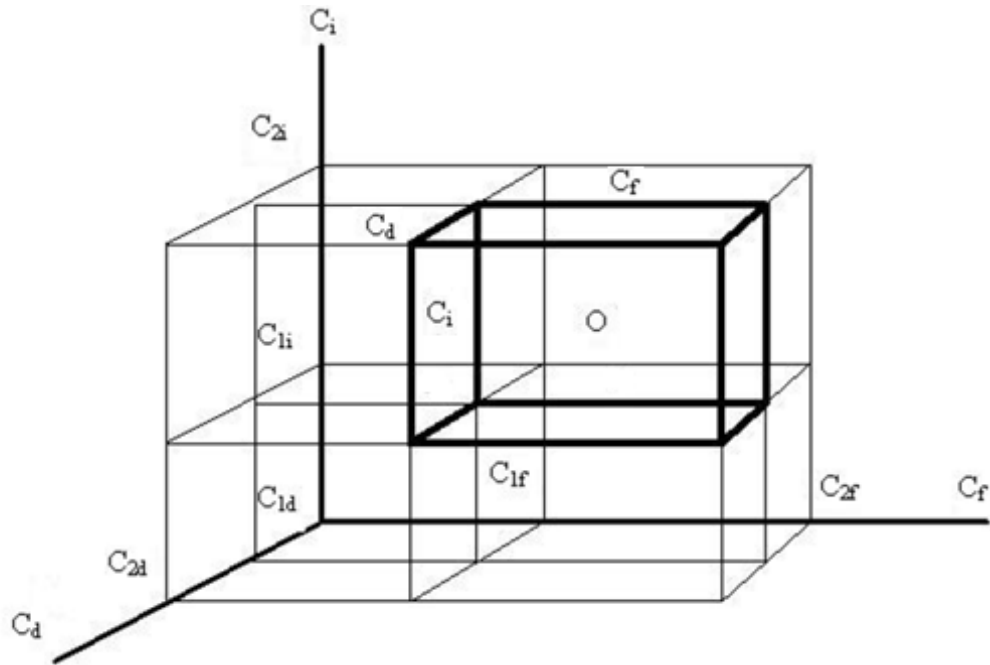


Рисунок 5.2 – Просторова модель ЕБП із системою регулювання її екологічних факторів C_d , C_i , C_f в тривимірній системі координат

Математичну модель, функціонал якої полягає в оцінці дефіциту економічного ресурсу, необхідного для забезпечення екологічної безпеки одиниці соціуму в ЕБП як складової ЕК СВДМПЗ, можна записати у векторній формі в алгебраїчній проекції обсягу куба, попередньо перемістивши його на початок координат і визначивши координати векторів [41, 42, 196]:

$$\begin{aligned}
 C_d &= \{0, 0, C_{2d}\}, \\
 C_i &= \{0, C_{2i}, 0\}, \\
 C_f &= \{C_{2f}, 0, 0\}.
 \end{aligned}
 \tag{5.5}$$

Визначник (Δ) третього порядку впливає з виразу:

$$\Delta = x_1 y_2 z_3 - x_1 y_3 z_2 + y_1 z_2 x_3 - y_1 z_3 x_2 + z_1 x_2 y_3 - z_1 x_3 y_2.
 \tag{5.6}$$

Підставивши відповідні значення векторів з виразів (5.5) у вираз (5.6), отримаємо такий вираз [41, 42, 196]:

$$\Delta = -C_{2i} \cdot C_{2d} \cdot C_{2f} . \quad (5.7)$$

Просторову область паралелепіпеда можна визначити за допомогою потрійного інтеграла [41, 42, 196]:

$$O = \int_{C_{1i}}^{C_{12}} dC_i \cdot \int_{C_{1d}}^{C_{12}} dC_d \cdot \int_{C_{1f}}^{C_{12}} f(C_i, C_d, C_f) \cdot dT . \quad (5.8)$$

Мінімізація процесу регулювання буде визначатися мінімізацією дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму (т.ч. мінімізації Δ_3) при виконанні вимог щодо мінімізації екологічної небезпеки (ΔC) після регулювання факторів робочої сфери, яке визначається відхиленням показників від нормативного значення (C_H).

Але в модель включені тільки три фактори C_i , C_d , C_f , а в реальних умовах їх набагато більше і тому потрібно ввести C_J – випромінювання, відходи, шумове забруднення (п. 5.2.1); C_s – людський потенціал (п. 5.2.2) та інші. Введення цих факторів вимагає переходу до чотиривимірного та п'ятивимірного простору. Перехід до чотиривимірного простору висуває необхідність побудови чотиривимірного об'єкта. Рішення завдання мінімізації в чотиривимірному просторі може бути виконано із застосуванням завдання лінійного програмування.

Мінімізація екологічної небезпеки при застосуванні систем регулювання факторів ЕБП в умовах ЕК СВДМПЗ будемо визначати наступною залежністю:

$$f(O) \rightarrow -O_0 \text{ при } O \rightarrow -O_{\min} . \quad (5.9)$$

Тобто з'являється задача із визначення функції $y = f(O)$, яка має межею число O_0 при O , що прямує до $O_{\min}$ при малому $\varepsilon > 0$, при якому можна знайти таке число $\delta > 0$, що відповідає визначенню I межі функції.

Тоді:

$$|f(O) - O_0| < \varepsilon, \quad (5.10)$$

$$\text{як тільки: } |O - O_{\min}| < \delta.$$

Це можливо записати таким виразом:

$$\lim f(O) = O_0. \quad (5.11)$$

при

$$O \rightarrow -O_{\min}.$$

При аналізі конкретних моделей процесів регулювання чинників ЕБП для трикоординатної системи необхідно визначати значення ε , δ і χ . Експертна оцінка цих показників і буде критерієм мінімізації математичної моделі безпеки ЕБП ЕК СВДМПЗ.

При дослідженні за основні точки, які визначають відхилення ε , δ і χ , можуть бути обрані усереднені показники, котрі визначають за такими виразами:

$$\text{для } C_i: C_{0i} = \frac{C_{2i} - C_{1i}}{2}, \quad (5.12)$$

$$\text{для } C_d: C_{0d} = \frac{C_{2d} - C_{1d}}{2}, \quad (5.13)$$

$$\text{для } C_f: C_{0f} = \frac{C_{2f} - C_{1f}}{2}. \quad (5.14)$$

Таким чином, можна записати:

$$C_{1i} + \varepsilon < C_{0i} < C_{2i} - \varepsilon, \quad (5.15)$$

$$C_{1d} + \delta < C_{0d} < C_{2d} - \delta, \quad (5.16)$$

$$C_{1f} + \chi < C_{0f} < C_{2f} - \chi, \quad (5.17)$$

при

$$\varepsilon, \delta \text{ і } \chi \rightarrow 0.$$

5.2.1 Логістика відходів як фактор, що визначає безпеку ЕБП на прикладі СВДМПЗ м. Маріуполь. Для міста Маріуполя в середньому за рік із загального числа відходів, вироблених (зокрема твердих – 11,0 %, газоподібних – 89,0 %) на підприємствах міста, припадає промислових відходів I–IV класів: 62,9 % – 5,35 млн. тонн – Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча; 38,8 % – 3,3 млн. тонн – Металургійний комбінат «Азовсталь»; 0,6 % – 50,6 тис. тонн – Маріупольський коксохімічний завод «Маркохім». При аналізі існуючої проблеми слід так само відзначити стихійне утворення звалищ. Найбільше звалищ у районах міста, а саме: у Калкчикському – 7, у Центральному – 4, в Лівобережному – 3 і одне в Приморському [41, 42, 148, 197].

У процесі життєдіяльності мегаполісу утворюються різні види відходів (рис. 5.3).

Тож перед органами самоврядування міст, які мають СВДМПЗ, гостро постають проблеми, пов'язані зі зменшенням відходів. До першочергових дій у цьому напрямі відносять:

- створення сучасної системи управління відходами та їх утилізацією;
- забезпечення збалансованості економічних і соціальних аспектів управління відходами;
- необхідність створення ланцюга з утилізації відходів;
- зменшення об'ємів відходів;
- зменшення відходів токсичного і небезпечного характеру;
- створення спеціалізованих полігонів із переробки відходів.

Відомості про відходи на деяких суб'єктах СВДМПЗ міста Маріуполь наведені на рис. 1.10 Як приклад, розглянута існуюча схема утилізації шлаків на металургійному підприємстві ім. Ілліча – одному з великих забруднювачів у СВДМПЗ [41, 42, 148, 197, 201-206].



Рис. 5.3 – Схема відходів життєдіяльності СВДМПЗ

Основними завданнями логістики відходів у мегаполісі є:

- використання спеціалізованого транспорту при перевезенні відходів;
- мінімізація витрат на перевезення відходів від місць збору до місць утилізації і/або поховання, зокрема, завдяки оптимізації транспортних маршрутів;
- оперативна утилізація відходів, які можуть бути повторно використані;
- своєчасне видалення, знешкодження і поховання відходів, які не можуть бути утилізовані;
- мінімізація витрат на збір, зберігання, обробку, перевезення, а також видалення, знешкодження і поховання відходів;
- мінімізація шкідливого впливу на навколишнє середовище і здоров'я населення.

До основних функцій логістики відходів у СВДМПЗ відносять:

- організацію збору відходів;
- організацію зберігання відходів, а при необхідності їх обробка;
- організацію перевезення відходів;
- організацію процесу утилізації відходів;
- управлінню процесом утилізації відходів;
- організацію видалення, знешкодження і поховання відходів, які не підлягають утилізації;
- контроль впливу на навколишнє середовище і здоров'я людини відходів і пов'язаних з ними процесів управління.

Логістика відходів у СВДМПЗ включає рух таких основних матеріальних потоків:

- рух поворотних відходів, тобто відходів, які переробляють або повторно використовують, внаслідок чого суб'єкт мегаполісу отримує додатковий прибуток;

- рух відходів, які утилізували з отриманням нових видів продукції. Це перш за все скляні і пластмасові пляшки і флакони, папір тощо;
- рух відходів, непридатних до утилізації (абсолютна більшість хімічної промисловості).

Таким чином, основними шляхами вирішення питань, пов'язаних із управлінням відходами в мегаполісі, є:

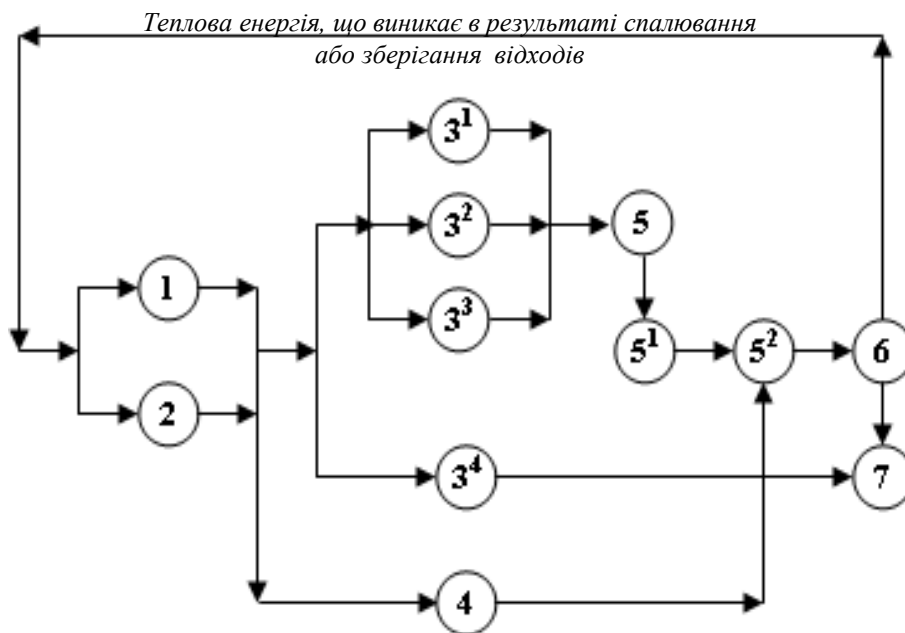
- створення оптимальної системи управління відходами з урахуванням специфіки життєдіяльності СВДМПЗ;
- обґрунтування оптимально допустимих розмірів запасів відходів для подальшої переробки. При цьому треба враховувати витрати на зберігання запасів відходів на складі, на їх транспортування, ступінь забруднення навколишнього середовища; штрафи за несанкціоноване зберігання відходів на складах підприємства;
- створення регіональних підприємств із переробки відходів у місцях концентрації промислових вантажопотоків.

Ґрунтуючись на поставлених перед логістикою відходів у СВДМПЗ завданнях і проблемах, що існують у цій сфері, а так само використовуючи теоретичні основи структурної побудови складних систем, побудований топологічний граф – система руху відходів в умовах СВДМПЗ з урахуванням існуючої проблеми енергозбереження (рис. 5.4).

Структура ланок у логістиці відходів – це безліч усіх можливих взаємозв'язків усередині логістичної мережі потокового процесу відходів СВДМПЗ, які визначають, виходячи з розподілу поставлених завдань і цілей.

Структура логістичної мережі відходів базується як на загальносистемних властивостях (наявність об'єктів, існування зв'язків між ними тощо), так і на спеціальних, властивих тільки цій конкретній системі або її підсистемам, які пов'язані з особливостями різних видів відходів, їх масштабом, можливостями їх переробки, рециклінгу та інших процесів [41, 42, 148, 197, 201-206].

Типові структури вхідних потоків вантажів СВДМПЗ, що переробляються і виходять, різноманітні, а саме: це система з одним джерелом товару; з декількома джерелами товару і декількома споживачами; джерелом товару, виробництвом і споживачем; декілька джерел товару і декілька взаємозамінних споживачів; декілька джерел товару виробництва і взаємозамінних споживачів; канал розподілу з логістичним розподільним центром (ЛРЦ) та ідентифікацією торгових сегментів; канали розподілу з ЛРЦ і взаємозамінними каналами постачання; індивідуальна організація сервісу: виробник – клієнт із посередником – експедитором.



Джерела відходів: промислові підприємства – 1, соціальна система мегаполісу – 2;

Система збору (упаковки) відходів: 3^1 – контейнер для нероздільного збору, 3^2 – контейнер для великогабаритного сміття, 3^3 – контейнер для вторинної сировини, 3^4 – стихійні звалища сміття;

Система вторинної переробки відходів: пункти прийому вторинної переробки сировини – 4, переробка вторинної сировини – 6;

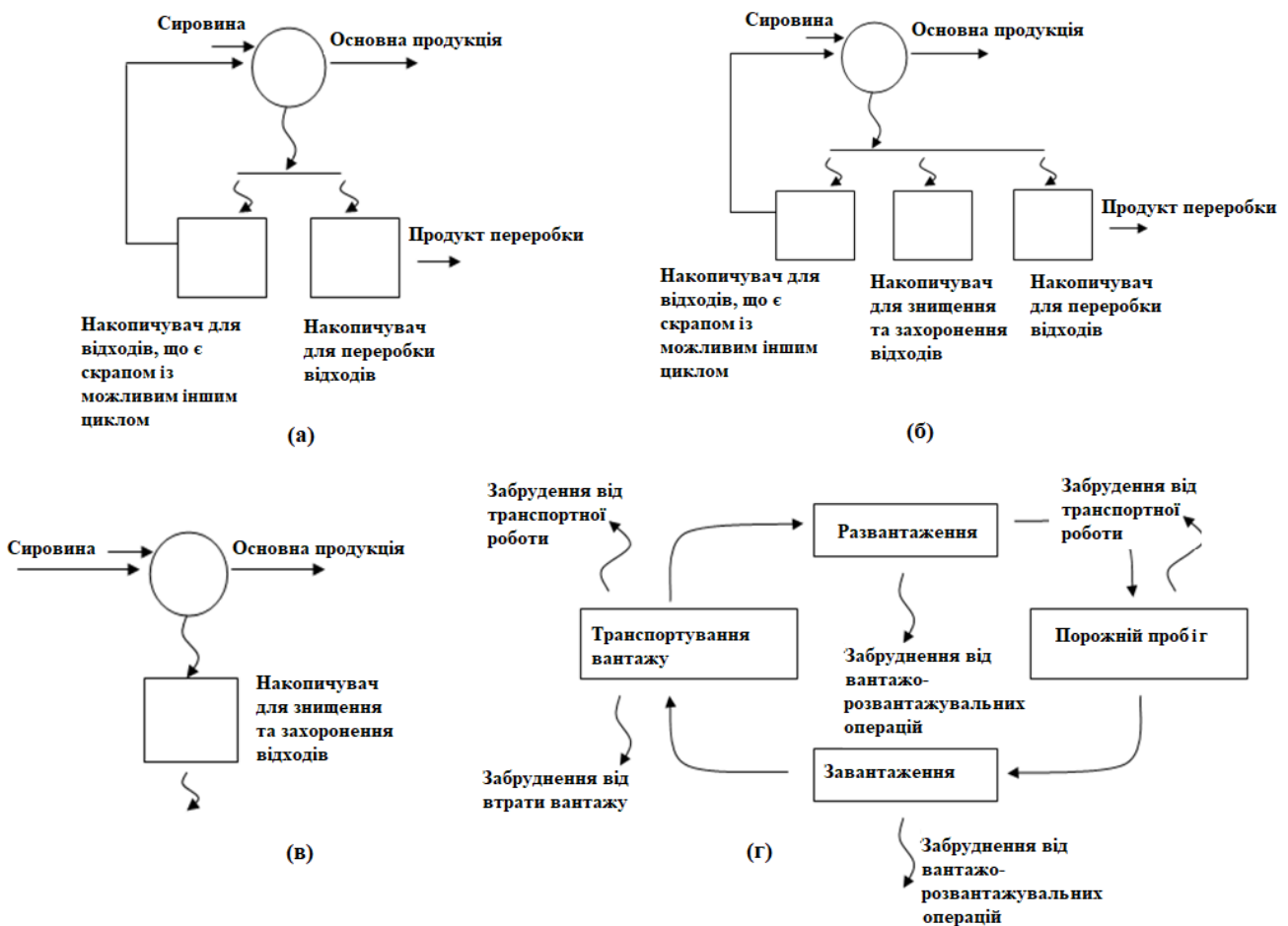
Система переробки відходів: перевантажувальний пункт – 5, сортування відходів – 5^1 , складування відходів – 5^2 ;

Система утилізації відходів: Поховання або утилізація відходів – 7.

Рисунок 5.4 – Граф: топологічний портрет логістичної схеми руху відходів у СВДМПЗ

Типові логістичні структури забруднювачів у логістичних каналах СВДМПЗ – це система замкнутого (безвідходного) технологічного процесу, частково замкнутого і відкритого (рис. 5.4: а, б, в і г) [41, 42, 148, 197, 201-206].

Із приведених логістичних потоків забруднювачів (див. рис. 5.5) у СВДМПЗ функціонують n промислових і транспортних об'єктів – складових системи корпоративного екологічного менеджменту, а початковими характеристиками для управлінських дій, є рівень екологічної безпеки i -го об'єкту мегаполісу y_i і рівень ризику x_i .



(а) замкнутий (безвідходний) технологічний процес; (б) частково замкнутий технологічний процес; в) незамкнутий технологічний процес; (г) типова структура забруднення транспортним процесом

Рисунок 5.5 – Типові структури ланок забруднювачів у логістичних каналах СВДМПЗ

Якщо позначити через Y рівень безпеки ЕБП аналізованого СВДМПЗ, а ризик через X , то їх можна оцінити такими залежностями:

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad X = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (5.18)$$

Ці прості початкові положення дозволяють проводити аналіз роботи підприємств при дії тих або інших економічних механізмів із відповідним рівнем витрат Z_i :

$$z_i = \varphi_i(y_i), \quad (5.19)$$

де:

φ_i – зростаюча функція y_i .

Ці витрати включають в себе дві складові. Перша пов'язана з переходом на новий рівень безпеки (зміна технології, закупівля досконаліших систем контролю, навчання персоналу і тощо), а друга – з підтримкою цього рівня упродовж заданого періоду часу – підвищені витрати при новій безпечнішій технології, витрати на обслуговування систем контролю і тощо.

5.2.2 Особливості поновлення потенціалу одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ. Людино-машинні системи транспорту в своїй роботі мають властивість гомеостазу, тобто мають можливість повертатися в стан стійкої рівноваги, будучи виведеної з нього факторами ненадійності техніки і витратних людиною сил.

У процесі трудової діяльності у людини виникають проблеми різного рівня складності. Починає гостро відчуватися зниження комфортності умов, у яких людина працює, або проводить вільний час. Виникає необхідність позбутися фізичної втоми, втоми від напруги розумової праці. Чергування праці і

відпочинку повертає систему людини до рівноважного стану. Ефективним продуктом для цієї мети стає ідея відновлення сил людини, витрачених у процесі життєдіяльності в умовах ЕК СВДМПЗ.

Ця ідея розвивається від фрагментарних послуг відпочинку одиниць соціуму і стає новою сферою щодо праці людини.

Мета процесу безперервного поліпшення праці в умовах ЕК СВДМПЗ – це позбавлення від фізичної та розумової втоми за рахунок здорового відпочинку, гідного матеріального, духовного і морального становища людини в суспільстві.

Нові галузі науки розвиваються з логістикою послуг людині: з трансформацією логістичного мислення від фрагментарних послуг до інтегрального управління відновленням сил людини, до стрімкого зростання послуг в умовах цивілізації та індустріалізації соціуму.

Принципова відмінність причин втрати працездатності персоналу, який обслуговує транспортну систему обґрунтовує доцільність декомпозиції системи на підсистеми рекреації та релаксації, причому під рекреацією розуміємо відпочинок, відновлення сил людини, витрачених у процесі праці, а під релаксацією – позбавлення від психічної втоми, нервового напруження.

Метою цих двох підсистем є повернення до рівноважного стану системи після припинення дії сил, які вивели систему зі стану рівноваги.

Системний аналіз процесів рекреації та релаксації вибудовує узагальнену схему (рис. 5.5) [201-206], яка дозволяє розробляти конкретні рекомендації щодо розв'язання реальних проблем та об'єднати шляхи їх рішення в єдине ціле – як діяти і на що впливати.

Система дефініцій рекреації та релаксації (табл. 5.2), як основа інтелектуальної комунікації замикає фундаментальне місце і виконує системоутворюючу роль у побудові, розвитку і застосуванні єдиного і строго наукового світогляду системи теоретичних знань і практичних навичок у вирішенні проблеми забезпечення потенціалу одиниці соціуму в ЕК СВДМПЗ. Парадигма і її дефініції розкривають, обґрунтовують і адаптують інноваційні ідеї відновлення сил у процесах забезпечення життєдіяльності.

Практичне впровадження рекреації та релаксації позбавляє від втоми, перенапруги, повертає в рівновагу стан одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ.

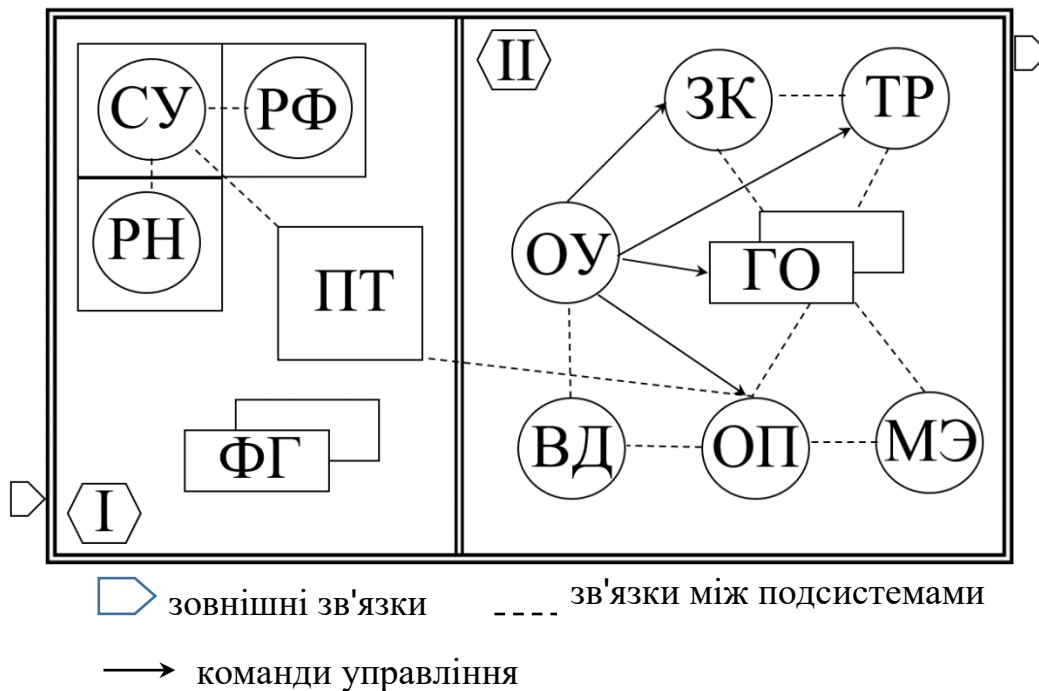


Рисунок 5.5 – Схема відновлення втраченого людиною потенціалу в умовах ЕК СВДМПЗ

Таблиця 5.2 – Дефініції логістики відновлення втраченого людиною потенціалу при роботі в умовах ЕК СВДМПЗ*

Дефініції рекреації	Дефініції релаксації
Відповідна ідея позбавлення від видів фізичної втоми	Відповідна ідея рятує персонал від нервового перенапруження в роботі
Відповідна якість послуг відпочинку і позбавлення від фізичної втоми персоналу транспорту	Відповідна якість стійкої психіки
Відповідна група персоналу, позбавлена фізичної втоми в зоні комфортності	Відповідна частина персоналу, позбавлена від стресових факторів у зоні комфорту і культурного комплексу
У відповідний період планування органом управління	У відповідний період визначений органом управління процес
Відповідно до інформованості і відновлення фізичних сил людини в системі праця-відпочинок	З відповідною інформацією про повернення системи праця-відпочинок в рівноважний стан

* дефініції розроблені на основі загального підходу до термінів логістики.

5.3 Механізм оцінки економічного еквівалента дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму

Проведений аналіз забезпечення життєдіяльності соціуму в умовах СВДМПЗ показав, що для оцінки матеріального та екологічного збитку існують офіційно затверджені методики, а для оцінки економічного еквівалента витрат на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму такої методики немає. Аналіз механізмів, розроблених ученими в цій галузі, дозволив зробити висновок, що більшість із них ґрунтуються на визначенні величини економічних втрат в умовах аналізованого середовища від травматизму і профзахворювань працівників, які виявляються у вигляді втрат прибутку від недоотриманої продукції; у вигляді витрат на оплату лікарняних листів, санаторно-курортне та профілактичне лікування; виплат допомоги (пенсій) у зв'язку з втратою годувальника і тимчасової втрати працездатності. Однак застосовувати лише ці

критерії при оцінці витрат на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму носило б обмежений характер, оскільки шкода завдається не тільки суб'єктам досліджуваного середовища, а й одиниці соціуму, який розплачується своїм здоров'ям за недостатньо ефективні системи управління транспортними потоками в умовах СВДМПЗ.

Саме тому автор пропонує для оцінки економічного еквівалента витрат, спрямованих на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму, використовувати принципи концепції: «*Human Capital*» [41, 42, 201-206].

Згідно з положеннями цієї концепції показник економічного еквівалента забезпечення безпеки життя одиниці соціуму відображає не тільки витрати, вкладені в одиницю соціуму домашнім господарством, юридичною особою, державним органом, а й ефективність цих економічних впливів, відображену через показник норми віддачі, яким на рівні мбництва може виступати внутрішній валовий продукт на одиницю соціуму, який живе в певному секторі ЕК СВДМПЗ (рис. 5.6).

Модель оцінки дефіциту (С) представлена в такий спосіб:

$$C = (K_t \cdot (1 - P)) \cdot D_{\text{потенційний}} - (D - Z), \quad (5.20)$$

де:

K_t – коефіцієнт часу перебування фізичної особи в небезпечному секторі архітектури ЕК;

P – оцінка потенціалу архітектури ЕК;

$D_{\text{потенційний}}$ – обсяг потенційних доходів, які соціум міг би отримати від діяльності цієї фізичної особи за все її життя без компенсації за втрату здоров'я, грн.;

D – обсяг доходів, котрий фізична особа, перебуваючи у визначеному секторі ЕК, отримала від діяльності до моменту втрати працездатності, грн;

Z – витрати держави на відновлення здоров'я фізичної особи, яка мешкає в межах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ.



○ ○ ○ – ЕБП, що відповідають Європейським вимогам екологічної безпеки

Рисунок 5.6 – Схема секторального розподілу в існуючій архітектурі ЕК СВДМПЗ

Вирішивши рівняння аналітичним способом, отримали, показник: максимальний дефіцит коштів на підтримку здоров'я фізичної особи в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ припадає на 45-річний вік і складає 9,5 тис. гривень на рік.

5.4 Висновки до розділу 5

1. Основною метою існуючих механізмів забезпечення якості соціальної складової СВДМПЗ є досягнення сумісності впливу транспортних потоків на величину витрат, що виділяються на підтримку здоров'я одиниці

соціуму. Задля спрощення реалізації отриманих рішень у цьому напрямку запропонована математична модель управління інтегрованими ризиками техногенних аварій у СВДМПЗ як комплексного показника його безпеки, вираженого в єдиному вартісному еквіваленті і об'єднуючого в собі очікувані збитки соціальних, екологічних і матеріальних втрат.

2. Основні параметри просторової моделі ЕБП в умовах ЕК СВДМПЗ визначаються існуючим регламентом, який відображається у формі 3D прямокутника. Застосувавши базову модель, як ідеальну для конкретних умов життєдіяльності одиниці соціуму в ЕК СВДМПЗ, візуально інші геометричні фігури, побудовані на реальних параметрах, матимуть відхилення від величини вектора базової моделі. Це відхилення векторів реальної від базової моделі визначає порушення нормативних показників, що є характеристикою відповідності нормативним вимогам умов екологічно безпечної життєдіяльності в досліджуваному середовищі, як у статичному, так і в динамічному положенні. Отримано векторний вираз моделі ЕБП, який формалізовано за трьома факторами СВДМПЗ на двох рівнях – критично мінімальному (допустимий) і оптимальному (комфортний). Цей підхід обґрунтований екологічними законами мінімуму і законом «стійкості» стосовно існуючих параметрів мікроклімату ЕК СВДМПЗ.

3. Запропоновано підхід, заснований на реалізації корпоративної екологічної логістики відходів у СВДМПЗ, який дозволяє управляти процесом проходження потоків відходів та їх мінімізацією, а так само підтримувати необхідний рівень екологічної безпеки функціонування промислових підприємств, що є однією із найважливіших вимог в умовах впровадження на підприємствах інтегрованих систем управління якістю.

4. Запропонована модель визначення кількісної характеристики оцінки дефіциту потенціалу одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ є універсальною, оскільки дозволяє визначати дефіцит коштів необхідних на підтримку здоров'я не тільки в результаті НС, але й може бути використаний для оцінки наслідків

«штатного» впливу архітектури екологічного каркаса СВДМПЗ на життя і діяльність фізичної особи.

5. Матеріали розділу представлені в роботах: [201,202,203,204,205,206].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У цій праці розроблена концепція «Green lean logistic» (концепція «зеленої логістики»), яка спрямована на створення умов ефективного управління екологічної безпекою складових системи 3Т («потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі – стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків») та забезпечення безпеки макрологістичних транспортних процесів, що дозволяє якісно описати залежність сумарних витрат часу на їх реалізацію від обсягів "екологічних" інвестицій у сучасних економічних умовах розвитку СВДМПЗ. Управління "екологічними" інвестиціями, спрямованими на безпеку природних об'єктів системи 3Т, пропонуємо здійснювати за моделлю "попит (попит на викиди шкідливих речовин у довкілля) – пропозиція (величина екологічного збитку)", в якій визначається економічно оптимальний обсяг шкідливих викидів і їх мінімум, тобто асиміляційний потенціал досліджуваного середовища. Таким чином асиміляційний потенціал стає продуктом в економічному ланцюгу забезпечення ефективної діяльності системи 3Т в умовах СВДМПЗ.

2. Розроблений метод «SMART LOCUS CONTROL» (SLC) контролю екологічної безпеки системи 3Т СВДМПЗ дозволяє здійснювати контроль за точкою переходу екологічного навантаження за межу регенераційних можливостей природної системи. Метод дає змогу забезпечити управління екологічною стійкістю СВДМПЗ. Реалізація методу SLC контролю заснована на вирішенні задач забезпечення ефективності складових системи 3Т кожної окремо або всієї їх сукупності разом. Для визначення адекватності того чи іншого рішення здійснюється перевірка обмежень для цільової функції. Для оптимізації обчислювального процесу за методом SLC використовуємо кореляційну матрицю, яка будується на принципах методу 7S (Structure, System, Strategy, Style, Staff, Skill + Shared values/green ethics). Для забезпечення екологічної стійкості логістичних циклів транспортної системи у СВДМПЗ застосовано "екологічний ланцюг цінності", згідно з яким формуються

стратегічні завдання для ланцюга цінностей усіх видів діяльності, включаючи підтримку інфраструктури, управління людськими ресурсами, розвиток транспортних технологій у СВДМПЗ.

3. Обчислена оцінка ефективності розробленої логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ за допомогою коефіцієнта конкордації Кендела. У проведеному дослідженні результативним показником виступає обсяг виконаних транспортних робіт в умовах СВДМПЗ з урахуванням існуючих екологічних обмежень згідно з нормативом ISO:1004, а факторними ознаками – показники факторів, які характеризують процес життєзабезпечення складових СВДМПЗ. Кореляційна матриця показників відображає прямий тісний зв'язок (коефіцієнт кореляції вище 0,7) між обсягом транспортних робіт і таким показником: сумою екологічних штрафів від діяльності муніципального і промислового транспорту (r_{16} і r_{17}) в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ на прикладі м. Маріуполь.

Найвищий коефіцієнт кореляції (0,97) характеризує зв'язок між обсягом транспортних робіт із кредитами для муніципальних транспортних підприємств. У той же час зв'язок обсягу транспортних робіт, що виконуються для промислових підприємств з інвестиціями, виражається коефіцієнтом -0,74, що характеризує негативний зв'язок між цими показниками. Така ситуація характеризує залежність обсягу транспортних робіт від процесу урбанізації досліджуваного СВДМПЗ.

4. Результати досліджень особливостей експлуатації рухомого складу в умовах СВДМПЗ дозволили відвинути гіпотезу про його фізичну природу, а саме про його тотожність до елементарної фізичної частини. Спираючись на існуючу фізичну теорію поведінки елементарних частинок Г.В. Домогацького та І.М. Желєзних, розроблено механізм оцінки екологічної безпеки рухомого складу як споживача «брудного ресурсу» в умовах СВДМПЗ. Отримані експериментальні результати дозволили визначити той факт, що 80% рухомого складу працює в режимі холостого ходу поза межами штатного режиму роботи двигуна, тобто обертаючий момент карданного вала дорівнює 850 об/хв., що

обумовлює зростання шкідливих викидів в атмосферу та в ґрунт. Слід також зазначити, що існуючі умови експлуатації рухомого складу в СВДМПЗ є агресивними та впливають на безперебійність роботи двигуна як споживача паливної суміші, що виходить за встановлені норми співвідношення кисню та палива при формуванні суміші, а саме 5:1.

5. Транспортний потік в умовах СВДМПЗ формують різні типи транспортних засобів, які запропоновано розділити на 6 категорій транспортних кластерів – легкові, вантажні та великовантажні автомобілі, пасажирський, муніципальний і рекреаційний транспорт. Кластерна оцінка транспортного потоку виділила той факт, що понад 50% із загальної кількості рухомого складу є вантажний транспорт. Сформовано поняття «транспортний кластер», як складову транспортних потоків. Виконано аналіз просторово-часової структури транспортних потоків СВДМПЗ та запропоновано характеристику «окклюзивність транспортного кластера» для оцінки впливу на вулично-дорожню мережу в короткостроковій перспективі. Оцінка параметрів транспортних потоків СВДМПЗ реалізована трьома способами за допомогою методу найменших квадратів. Подальша реалізація цього підходу може бути використана для моделювання нейронної мережі для управління транспортною системою в умовах СВДМПЗ.

6. На основі синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж розроблено модель оцінки рівня екологічного стану транспортної системи в умовах СВДМПЗ та дано графічне представлення цієї моделі. Високий ступінь достовірності прогнозу забезпечується навіть при низьких швидкостях навчання і високій динаміці змін статистичних даних в умовах високої динаміки транспортних потоків, що складаються з так званих транспортних кластерів, які характеризуються окклюзивністю. Використання нечітких нейронних мереж забезпечує можливість встановлювати повну відповідність між математичним представленням процедури нечіткого висновку і структурою транспортної системи в умовах СВДМПЗ. Запропонована модель дозволяє сформулювати чіткі екологічні орієнтири при прийнятті рішень у сфері

перевезень з урахуванням інтересів підприємств, транспорту і населення міста, з подальшим перерозподілом транспортних потоків у тимчасовому і географічному просторі промислових районів міста. Отримані результати моделювання дозволяють відзначити той факт, що більшість рухомого складу експлуатують в умовах «високого навантаження» на двигун, тобто він працює на так званій «бідній суміші», що негативно впливає на навколишнє СВДМПЗ. Достовірність отриманих результатів підтверджує низький рівень похибки моделі – 2%.

7. Для розрахунку величини дефіциту витрат на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму запропонована універсальна модель, заснована на положеннях концепції людського капіталу. Згідно з положеннями цієї концепції, показник економічного еквівалента витрат, спрямованих на забезпечення безпеки життєдіяльності одиниці соціуму в конкретному секторі архітектури ЕК СВДМПЗ, відображає не тільки економічні витрати, вкладені у фізичну особу, яка займається виробничою та соціальною діяльністю, юридичними особами, державними органами, а й їх ефективність, що виражається через показник встановлених оздоровчих норм. Ця модель може бути використана для оцінки рівня дефіциту економічного ресурсу людини в будь-який період її життя і в будь-якій точці її географічної локації, що дає можливість розрахувати значення цього показника по всіх вікових групах соціуму. Основним результатом розрахунку є отриманий показник максимального дефіциту коштів на підтримку здоров'я фізичної особи в умовах існуючої архітектури екологічного фахверка, який припадає на 45-и річний вік людини і складає 9,5 тис. гривень на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лямзин А. А., Хара М. В. Механізм забезпечення екологічно-рівноважного стану транспортно-логістичного ланцюга в транзитному середовищі промислових районів. *Автобусобудування та пасажирські перевезення : тези доп. Всеукр. науково-практ. конф.* (Львів, 24–25 вересня 2015 р.) : до 50-річчя інституту Укравтобуспром/ВКЕІ Автобуспром. – Львів, 2015. – С. 69-71.
2. Бірюков Д. С. Сучасні проблеми урбанізації в контексті національної безпеки України : *аналітична записка*. 20.05.2013. – URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/suchasni-problemi-urbanizacii-v-konteksti-nacionalnoi-bezpeki>
3. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2019 року : [збірник] / *Державна служба статистики України*. – Київ : Август Трейд, 2019. – 83 с. – URL: http://database.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/ukr/publ_new1/2019/zb_chnn2019.pdf
4. Україна. Число адміністративно-територіальних одиниць. *Адміністративно-територіальний устрій областей за станом на 01.10.2020*. – URL: <https://static.rada.gov.ua/zakon/new/NEWSAIT/ADM/zmist.html>
5. ДБН 360-92. *Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень* : затв. наказом Держкоммістобудування від 17 квітня 1992 р. N 44 із змінами і доп. – Редакція від 20.09.2013. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0044481-92/page>
6. ДСП 173-96. *Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів* : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р. N 173 із змінами і доп. – Редакція від 07.03.2019. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>
7. Захарченко В. І. Трансформаційні процеси у промислових територіальних системах України. – Вінниця : *Гіпаніс*, 2004. – 248 с.

8. Русанова І. В. Формування функціонально-планувальної структури моноцентричних міських агломерацій 60-80 рр. ХХ ст. (на прикладі Львівської агломерації) : монографія / ред. Г. П. Петришин. – *Львів : Растр-7*, 2015. – 154 с.
9. Цигичко С. П. Напрями і особливості оновлення промислових територій у сучасних великих і найбільших містах. *Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті : зб. наук. праць*. – Харків, 2007. – Вип. 1, 2, 3. – С. 164-169.
10. Радеке Й., Кірхнер Р., Науменко Д. Промисловий сектор України : аналіз і останні тенденції : *технічна записка [TN/02/2014]* / Інститут економічних досліджень та політичних консультацій. – Берлін; Київ, 2014. – 15 с.
11. Гладкий О. В. Наукові основи суспільно-географічних досліджень промислових агломерацій : монографія / за ред. С. І. Іщука; Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – Київ : *Обрії*, 2008. – 360 с.
12. Петришин Г. П., Ганець С. В. Реорганізація постпромислових територій у контексті генерального плану Львова до 2025 р. *Досвід та перспективи розвитку міст України : зб. наук. пр. / Укр. держ. НДІ проектування міст «Діпромісто» ім. Ю. М. Білоконя*. – Київ, 2014. – Вип. 26 : Проблеми реконструкції в теорії та практиці містобудування. – С. 141-149. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dprmu_2014_26_16
13. Лубенченко Ю. В. Комплексна реконструкція міст як ефективне вирішення екологічної ситуації : (на прикладі міста Донецька). *Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України : зб. тез доп. науково-практ. конф.* (Київ, 22–23 травня 2008 р.). – Київ, 2008. – С. 56-57.
14. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Екологічні аспекти розвитку приморського міста. *Екологічні науки*. – 2018. – № 1 (20), т. 1. С. 96-99.
15. Владимиров В. В. Расселение и окружающая среда. – М. : *Стройиздат*, 1982. – 228 с.
16. Сохина Э. Н. Экологический каркас территории как основа системного нормирования природопользования // *Проблемы формирования стратегии природопользования*. – Владивосток; Хабаровск, 1991. – С. 194-200.

17. Обеспечение экологического равновесия – основа устойчивого развития / З. Г. Мирзеханова [и др.] // *Территория : проблемы экологической стабильности* (Амурский район в аспекте эколого-географической экспертизы). – Хабаровск : Дальнаука, 1988. – С. 144-152.
18. Мирзеханова З. Г. Экологический каркас территории – основа устойчивого развития // *Сихотэ-Алинь: сохранение и устойчивое развитие уникальной экосистемы : материалы междунар. конф.* (Владивосток, 4–8 сент. 1997 г.) / ДВГТУ. – Владивосток, 1997. – С. 33-34.
19. Рунова Т. Г. Территориальная организация природопользования. – М. : Наука, 1993. – 208 с.
20. Чибилев А. А. Концепция создания единой непрерывной сети природных резерватов в районах интенсивного сельскохозяйственного освоения // *Охраняемые природные территории // Проблемы выявления, исследования, организации систем : тез. докл. междунар. науч. конф.* (Пермь, ноябрь, 1994 г.). – Пермь, 1994. – Ч. 1. – С. 44-46.
21. Сдасюк Г. В., Тишков А. А. Охраняемые природные территории и формирование каркаса устойчивости // *Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование / Институт географии РАН.* – М., 1995. – С. 94-107.
22. Кавалаяускас П. Системное проектирование сети особо охраняемых территорий // *Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических геосистем.* – М., 1985. – С. 145-153.
23. Кавалаяускас П. Геосистемная концепция планировочного природного каркаса // *Теоретические и прикладные проблемы ландшафтоведения.: тезисы XIII всес. совещ. по ландшафтоведению.* – Л., 1988. – С. 102-104.
24. Елизаров А. В. Экологический каркас – стратегия степного природопользования XXI века // *Самарская Лука.* – 2008. – Т. 17, № 2 (24). – С. 289-317.

25. Якимов М. Р., Попов Ю. А. Транспортное планирование : практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISIM : монография. – М. : Логос, 2014. – 200 с.
26. Хара М. В., Лямзин А. А. Принципы взаимодействия надежности и экологичности промышленных вагонопотоков // *Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 76 Междунар. научно-практ. конф.* (Днепропетровск, 14–15 мая 2016 г.).– Днепропетровск, 2016. – С. 117-119.
27. Хара М. В., Лямзин А. А. Выбор стратегии обеспечения эксплуатационной готовности вагонов промпредприятий // *Логістика промислових регіонів : тез. докл. III Міжнар. науково-практ. конф.* (Донецьк; Святогорськ, 6–9 квітня 2011 р.) / Донецька академія автомобільного транспорту. – Донецьк, 2011. – С. 209-212.
28. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Контроль экологической безопасности грузопотоков вторичного сырья металлургических предприятий в условиях муниципальных районов // *Логістика промислових регіонів тез. докл.: III Міжнар. науково-практ. конф.* (Донецьк; Святогорськ, 6–9 квітня 2011 р.) / Донецька академія автомобільного транспорту. – Донецьк : Лондон-XXI, 2011. – С. 251-253.
29. Хара М. В., Лямзин А. А. Моделирование режимов и условий работы автомобилей машиностроительного предприятия // *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : матеріали VI міжнар. науково-практ. конф.* (Вінниця, 21–23 жовтня 2013 р.) / Вінницький нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2013. – С. 118-120.
30. Лямзин А. А., Хара М. В. Моделирование интеллектуальной системы управления надежностью и экологичностью вагонопотоков в промышленных зонах // *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами : матеріали VI Міжнар. науково-практ. Internet-конференції* (Київ, 22 листопада 2017 р.). – Київ, 2017. – С. 144-145.

31. Про благоустрій населених пунктів : Закон України від 06.09.2005 р. N 2807-IV із змінами і доп. – Редакція від 10.06.2017. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15>
32. Тархов С. А. Эволюционная морфология транспортных сетей. – Смоленск; М. : Универсум, 2005. – 384 с.
33. Cascetta E. Transportation Systems Analysis Optimization and Its Applications. Third edition. – New York; Dordrecht; Heidelberg; London : Springer Science + Business Media, LLC, 2009. – 752 p. – (*Springer Optimization and Its Applications book series (SOIA)*, vol. 29).
34. Rodrigue J. P., Comtois C., Slack B. The Geography of Transport Systems. – New York; London : *Routledge Taylor & Francis Group*, 2006. – 432 p.
35. Taaffe E. J., Gauthier H. L., O'Kelly M. E. Geography of transportation. – [S. l.] : *Prentice Hall*, 1996. – 422 p.
36. Степанчук О. В. Особливості функціонування вуличньодорожньої мережі міста // *Проблеми розвитку міського середовища*. – 2015. – Вип. 2 (14). – С. 37-46.
37. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Прогнозування впливу транспортних потоків на вуличньо-дорожню межу міста // *Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського*. Серія : Технічні науки. – 2018. – Т. 29 (68), N 1, ч. 3. – С. 109-114.
38. Лямзин А. А., Хара М. В., Украинский Е. А. Механизм обеспечения организационно-экологической устойчивости транспортной системы в среде промышленных зон // *Вісник Нац. техн. ун-ту України «ХПІ» : зб. наук. праць / НТУ «ХПІ»*. – Харків, 2016. – N 7 (1179). – С. 91-95. – (Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси).
39. Коваленко Л. О. Дослідження та аналіз характеристик транспортних потоків на вулицях міста // *Вестник ХНАДУ*. – 2010. – Вип. 50. – С. 80-84.
40. Дромашко М. Айтишники узнали, куда ведут украинские улицы. – 2018. – 18 июля. – URL: <https://ubr.ua/ukraine-and-world/society/amerikanskij-uchenyj-uznal-kuda-vedut-dorohi-v-horodakh-mira-3873271>

41. 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
42. 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
43. 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.
44. 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.
45. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Эффективность системы обеспечения экологической безопасности муниципальных транспортных систем. ELPIT 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.
46. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Механизм «Городская логистика» в системе обеспечения экологической безопасности муниципального транспорта. ELPIT 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.

47. Лямзин А. А., Цумаева А. С., Украинский Е. А. Механизм оценки экологической безопасности пассажирских транспортных систем в ситилогистических условиях // ELPIT-2013 : сб. тр. IV Междунар. экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» (Тольятти, 18–22 сентября 2013 г.) / Тольяттинский гос. ун-т. – Тольятти, 2013. – С. 137-141.
48. Пляцук Д. Л. Прогнозна оцінка техногенного навантаження на атмосферне повітря в промислових регіонах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01 / Пляцук Дмитро Леонідович. – Кременчук, 2015. – 24 с.
49. Movchan Ya. The way forward: How to profile the relationship between biodiversity and economy in the Environment for Europe Ministerial Process // Globalisation, Ecology and economy – *Bridging Worlds : Proceeding of the European Conf.* (Tilburg, 24–26 November, 1999 y.). – Tilburg, 1999. – P. 77-85.
50. Полищук В. П., Бакулич Е. А. Системный подход к разработке схем организации дорожного движения с минимальным уровнем экологических характеристик / Киев. автомоб.-дор. ин-т. – Київ, 1992. – 8 с. – Деп. в УкрИНТЭИ 30.12.92, № 2090-Ук92
51. Polishchuk V. P., Bakulich O. O. Ecological characteristic of road traffic organization schemes // *Mobilita : Proceedings of the 5th International Scientific Conference.* – (Bratislava, 22–23 Jan. 1992 y.). – Bratislava, 1992. – P. 22-23.
52. Поліщук В. П., Бакуліч О. О. Застосування координованого регулювання дорожнім рухом в залежності від екологічних характеристик транспортного потоку // *Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів : зб. наук. пр.* / Український транспортний університет. – Київ, 1998. – Вип. 5. – С. 214.
53. Поліщук В. П., Дзюба О. П. Теорія транспортного потоку : методи та моделі організації дорожнього руху. – Київ : *Знання України*, 2008. – 175 с.
54. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в

горнометаллургическом комплексе : *монографія / ГВУЗ «ПГТУ»*. – Мариуполь, 2012. – 202 с.

55. Організація та регулювання дорожнього руху : *підручник / О. О. Бакуліч [та ін.]; за заг. ред. В. П. Поліщука*. – Київ : *Знання України*, 2012. – 467 с.

56. Development of Vehicle Speed Forecasting Method for Intelligent Highway Transport System / G. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, M. Olishevych // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2019. – N 4/3 (100). – P. 6-14.

57. Прокудін Г. С., Олісевич М. С. Модель стабілізації вантажопотоків в лінійних ланцюгах поставок вантажів // *Тези доповідей 75 наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 15–17 травня 2019 р.) / Нац. транспортний ун-т*. – Київ, 2019. – С. 281.

58. Прокудін Г. С. Імітаційне моделювання програми руху магістрального автопоїзда в транспортному потоці // *Проблеми з транспортними потоками в напрямі їх розв'язання : тези доповідей III Всеукр. науково-теорет. конф. (Дрогобич, 28–30 березня 2019 р.)*. – Дрогобич, 2019. – С. 48-49.

59. Prokudin G. S., Chupaylenko O. A., Dudnik O. S. Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks // *Вісник Національного транспортного університету : науково-техн. зб.* – Київ, 2018. – Вип. 1 (40). – С. 262-273. – (Серія : Технічні науки).

60. Optimization of Transport Processes with the Use of Information Technologies / G. Prokudin [et al.] // *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. – 2018. – 1(1), November. – P. 15-17.

61. Determination of Optimal Characteristics of Transport Networks / O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, O. Prokudin // *The Development of Technical Sciences : Problems and Solutions : The International Research and Practical Conference Proceedings (Brno, April 27–28, 2018 y.)*. – Brno, 2018. – P. 149-152.

62. Application of Information Technologies for the Optimization of Itinerary when Delivering Cargo by Automobile Transport [Electronic resource] / O. Prokudin [et al.]

// *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2018. – N 2/3 (92). – P. 51-59.

63. Алгоритм статистичного моделювання роботи міських автобусів / Г. С. Прокудін [та ін.] // *Multidisciplinary Scientific Edition.* – 2017. – N 2 (11), March. – P. 11-13.

64. Комп'ютерна програма «Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті» / Прокудін Г. С., Омаров Д. М., Чупайленко О. А., Прокудін О. Г. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір* № 72380 від 22.06.2017. – 17 с.

65. Математична модель роботи міських автобусів на маршруті : літературний письмовий твір / Прокудін Г. С., Омаров Д. М., Чупайленко О. А., Прокудін О. Г. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір* № 72377, Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – № 72998; заявл. 04.04.2017; дата реєстр. 22.06.2017. – 11 с.

66. Хрутьба В. О. Формування критеріїв оцінки екологічних проектів забезпечення сталого розвитку транспортно-дорожнього комплексу // *Вісник Національного транспортного університету.* – 2014. – № 29 (2). – С. 113-123.

67. Екосистемний підхід : обґрунтування методології для розв'язання завдань екобезпеки (на прикладі довкільних, енергетичних та транспортних сфер діяльності) / В. М. Гавриленко, Д. В. Гулевець, О. В. Кохан, Я. І. Мовчан // *Стан природних ресурсів, перспективи їх збереження та відновлення : зб. матеріалів II міжнар. науково-практ. конф. (Дрогобич, 11–13 жовтня 2012 р.)* / Дрогобицький державний педагогічний університет ім. Івана Франка. – Дрогобич, 2012. – С. 39–40.

68. Цигичко С. П. Удосконалення еколого-естетичних властивостей архітектурного середовища великих міст (ландшафтний аспект) : *автореф. дис. ... канд. архітектури* : 18.00.01 / Цигичко Світлана Петрівна. – Харків, 2007. – 20 с.

69. Голицын О. И. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. – М. : Оникс, 2007. – 336 с.

70. Сафронов Е. А. Транспортные системы городов и регионов : учеб. пособие. – М. : Изд-во АСВ, 2007. – 288 с.
71. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посібник / Ю. Ф. Гутаревич [та ін.]. – Київ: Арістей, 2008. – 294 с.
72. Кондратьев А. Е. Роль экологически чистого транспорта в поддержке устойчивого развития городов // *Теория и практика общественного развития*. – 2012. – № 4. – С. 342–344.
73. Бойко О. В., Двудіт З. П. Сталій розвиток транспортної системи України // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2013. – N 23 (18). – С. 94–103.
74. Мозолевич Г. Я., Шопот А. В. Розробка методу оцінювання сталого розвитку транспортної системи міста // *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2017. – Вип. 30. – С. 162–171.
75. Вучик Вукан Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / пер. с англ. А. Калинина; под науч. ред. М. Блинкина. – М. : *Территория будущего*, 2011. – 574 с. – (Серия : Университетская библиотека Александра Погорельского).
76. White R. National Academy of Engineering. The Greening of Industrial Ecosystems. – Washington, DC : *The National Academies Press*, 1994. – URL: <https://doi.org/10.17226/2129>
77. A Handbook of Industrial Ecology / Robert U. Ayres, Leslie W. Ayres, eds. 2002. – Northampton : *Edward Elgar Publishing*, MA. – 680 p.
78. Ризаева Ю. Н. Теоретико-прикладные методы организации эффективного и экологически улучшенного автотранспортного грузодвижения : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Ризаева Юлия Николаевна. – Липецк, 2014. – 215 с.
79. Yuill J., Janovitch M., Patton D. Sustainable Development and International Business: Russian-Canadian SME Yuill Partnerships. – Calgary : WRI, 2001. – 169 p.
80. Національна парадигма сталого розвитку України / за заг. ред. Б. Є. Патона. – Вид. 2-ге, перероб. і доп. – Київ : *Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України*, 2016. – 72 с.

81. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М. : Россия Молодая, 1994. – 367 с.
82. World Urbanization Prospects 2018. High-lights. UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs POPULATION DIVISION. 2018. – URL: <https://population.un.org/wup/>
83. Jonts P. The evolution of urban mobility: The interplay of academic and policy perspectives // *IATSS Research*. – 2014. – Vol. 38, N 1. – P. 7-13.
84. Шевчук Я. В. Імітаційне моделювання транспортних систем // *Международный научный журнал*. – 2016. – № 1. – С. 116-121.
85. Мельниченко О. С., Сопільник Р. Л. Логістика і місто: ефект взаємодії // *Вісник Нац. ун-ту «Львів. Політехніка»*. – 2008. – N 633 : Логістика. – С. 814-822.
86. Dougherty M. A review of netural networks applied to transport // *Transp. Res. C*. – 1995. – Vol. 3, N 4. – P. 247-260.
87. Жегалин О. И., Лупачев П. Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей : монография. – М. : Транспорт, 1985. – 120 с.
88. Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология : учеб. для вузов. – М. : Высш. шк., 2001. – 273 с.
89. Голубев И. Р., Новиков Ю. В. Окружающая среда и транспорт. – М. : Транспорт, 1987. – 207 с.
90. Эффективность маршрутной сети промышленных зон в условиях городской логистики / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, М. В. Хара, Е. А. Романенко // *Transport problems `2013 : V International Scientific Conference* (Katowice, 24–28 june 2013 y.) / The Silesian University of Technology. – Katowice, 2013. – № 1. – P. 150-156.
91. Колмакова В. М. Екосистемний фактор сталого розвитку просторових утворень // *Public Institution «Institute of Environmental Economics and Sustainable Development of the National Academy of Sciences of Ukraine»*. – 2018. – 27 липня. – URL: <http://ecos.kiev.ua/news/view/656>

92. Павлова Л. И. Город : модели и реальность. – М. : *Стройиздат*, 1994. – 320 с.
93. Haghshenas H., Vaziri M. Urban sustainable transportation indicators or global comparison // *Ecological Indicators*. – 2012. – Vol. 15, N 1. – P. 115-121.
94. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений : учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : *Логос*, 2006. – 392 с.
95. Саямова Я. Г. Стратегическая логистика городских территорий : постановка проблемы // *Вестник Самарского муниципального института управления*. – 2015. – № 1. – С. 14-20.
96. Vasconcellos E. A. Transport and environment in developing countries: Comparing air pollution and traffic accidents as policy priorities // *Habitat International*. – 1997. – Vol. 21, N 1, March. – P. 79-89.
97. Sustainable Transportation and TDM. Planning That Balances Economic, Social and Ecological Objectives. TDM Encyclopedia / *Victoria Transport Policy Institute*. – 2017. – 27 February. – URL: <http://www.vtpi.org/tdm/tdm67.htm>
98. Cohen B. Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts // *World Development*. – 2004. – Vol. 32, N 1. – P. 23-51.
99. Sven M., Bart M. Cellular automata models of road traffic // *Physics Reports*. 2005. – Vol. 419, N 1. – P. 61-64.
100. Robinson D. Computer Modelling for Sustainable Urban Design : *Physical Principles, Methods and Applications*. – London : *Routledge*, 2011. – 296 p.
101. Haghshenas H., Vaziri M. Urban sustainable transportation indicators or global comparison // *Ecological Indicators*. – 2012. – Vol. 15. – P. 115-121.
102. Орлов А. И. Теория принятия решений : учебник. – М. : *Экзамен*, 2006. – 573 с.
103. Steg, L., Gifford R. Sustainable transportation and quality of life // *Journal of Transport Geography*. – 2005. – Vol. 13. – P. 59-69.

104. Scenario Analyses of Road Transport Energy Demand : A Case Study of Ethanol as a Diesel Substitute in Thailand / N. Chollacoop, P. Saisirirat, T. Fukuda, A. Fukuda // *Energies*. – 2011. – Vol. 4, N 1. – P. 108-125.
105. Bouaoun L., Haddak M. M., Amoros E. Road crash fatality rates in France : a comparison of road user types, taking account of travel practices // *Accident Analysis & Prevention*. – 2015. – Vol. 75, February. – P. 217-225.
106. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. – *Washington, D.C.*, 2000. – 1134 p.
107. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. Modeling Transport. – 3-rd edition. – John Willey & Sons Ltd, 2008. – 499 p.
108. Лямзин А. А., Хара М. В. Оценка потенциала системы «Транзит» промышленных сити-зон // *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. – Донецьк, 2013. – № 4. – С. 32-43.
109. Хара М. В., Лямзин А. А. Управление устойчивостью транспортного обслуживания металлопотоков. // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета* : сб. науч. тр. – Харьков, 2010. – Вып. 27. – С. 94-98.
110. Лямзин А. А., Хара М. В. Эффективность вагонных парков промышленных предприятий в логистической системе металлопотоков // *Зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2009. – Вып. 15. – С. 93-98.
111. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. К вопросу логистики ремонта вагонных парков предприятия // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – Луганськ, 2010. – Вып. 7 (149). – С. 222-226.
112. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Методы расчета эксплуатационной готовности вагонных парков промпредприятий // *Захист металургійних машин від поломок : зб. наук. праць / ПДТУ*. – Вип. 12. – Маріуполь, 2010. – С. 124-131.

113. Khara M., Lyamzin A. Influence of the system of material flows on the environment of industrial areas // *Technology audit and production reserves*. – 2019. – N 4/3 (48). – P. 12-19.
114. Общие модели структур циклов, функций и процессов технологических систем / А. В. Беловол [и др.] // *Сб. научных трудов ХНАДУ*. – Харьков, 2005. – Вып. 16. – С. 112-116.
115. Громов Н. Н., Персианов В. А. Управление на транспорте : учебник для вузов. – М. : Транспорт, 1990. – 336 с.
116. Автотранспортные потоки и окружающая среда : учеб. пособие для вузов / В. Н. Луканин [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 1998. – 408 с.
117. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы водитель-автомобиль-дорога-среда. – М. : Машиностроение, 1986. – 216 с.
118. Сарбаев В. И., Тарасов В. В. Техническая эксплуатация автотранспортных средств. Выбор стратегии в организации и управлении: учеб. пособие / под ред. В. В. Тарасова. – М. : МГИУ, 2004. – 192 с.
119. Дауткина А. К., Шелепова А. С. Управление транспортными потоками на улично-дорожной сети города // *Молодой ученый*. – 2018. – № 20. – С. 144-147.
120. Lighthill M. J., Whitham F. R. S. On kinetic waves II. A theory of traffic flow on crowded roads // *Proc. of the Royal Society Ser. A*. – 1995. – Vol. 229, N 1178. – P. 317-345.
121. Формирование рациональных маршрутов движения транспортных средств в условиях индустриального центра / Я. И. Нефедова, А. А. Лямзин, М. С. Мнацаканян, Е. А. Украинский // *Наукові вісті Дніпровського університету: електронне наукове фахове видання* – 2012. – №7.
122. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Влияние ситилогистических условий на надежность обслуживания подвижного состава промышленных предприятий // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – Луганськ, 2013. – № 15 (204), ч. 2. – С. 11-14.
123. Имплементация ситилогистических решений в транспортной системе на рынке сельхозпродукции / В. К. Губенко, И. Н. Майорова, М. В. Помазков, А. А.

- Лямзин // *Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту : зб. наук. праць* / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2013. – Вип. 27. – С. 275-279. – (Серія : Технічні науки).
124. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Ситилогистика муниципального электротранспорта // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – Луганськ, 2013. – № 9 (180), ч. 1. – С. 41-44.
125. Лямзин А. А., Хара М. В. Равновесное состояние транспортного сектора в транзитной среде промышленного района // *Збірник наук. праць Держ. економіко-технолог. ун-ту транспорту (ДЕТУТ)*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2015. Вип. 26/27. – С. 256-261.
126. Медовщиков Ю. В. Исследование в теории автомобиля // *Транспорт : наука, техника, управление*. – 1993. – № 4. – С. 30-40.
127. Phase transitions in two dimensional traffic-flow models / J. A. Cuesta, F. C. Martinez, J. M. Molera, A. Sanches // *Phys. Rev. Ser. E*. – 1993. – Vol. 48, N 6. – P. 175-178.
128. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М. : *Транспорт*, 1982. – 271 с.
129. Жегалин О. И., Лупачев П. Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. – М. : *Транспорт*, 1985. – 120 с.
130. Дьяков А. Б., Вздыхалкин В. Н., Рузский А. В. Экологическая безопасность автомобиля. – М. : *МАДИ*, 1983. – 218 с.
131. Единая транспортная система и автомобильные перевозки / Л. Л. Афанасьев [и др.]. – М. : *Транспорт*, 1984. – 465 с.
132. Кочерга В. Г., Зырянов В. В. Оценка и прогнозирование параметров дорожного движения в интеллектуальных транспортных системах. – Ростов н/Дону: *Рост. гос. строит. ун-т*, 2001. – 130 с.
133. Корчагин В. А., Ляпин С. А. Управление процессами перевозок в открытых социоприродоэкономических автотранспортных системах : *монография*. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – 261 с.

134. Evaluation of Portable Non-Intrusive Traffic Detection System : Final Report / prepared by: J. Kotzenmacher, E. D. Minge, Hao P. E. Bingwen. – St. Paul : *Minnesota Department of Transportation Research*, 2005. – 58 p.
135. Алиев А. С., Попков Ю. С., Швецов В. И. Моделирование транспорта в ИСА РАН // Компьютерные модели развития города. – СПб., 2003. – С. 78–89.
136. Брайловский Н. О., Грановский Б. И. Управление движением транспортных средств. – М. : *Транспорт*, 1975. – 112 с.
137. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением / пер. М. П. Печерского. – М. : *Транспорт*, 1983. – 248 с.
138. Лямзін, А. О., Хара М. В. Базові принципи впливу транспортних процесів на екосистему вулично-дорожнього середовища промислових зон = Base principles of influence of transport processes on ecosystem of street - travelling environment of industrial zones // *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*. – 2019. – N 7, pt. 2. – P. 69-74.
139. Особливості руху муніципального міського транспорту [Електронний ресурс] / О. О. Тузенко, А. О. Лямзін, А. Ю. Хижняк, Г. Г. Трифонова // *Університетська наука - 2019 : тези доп. Міжнар. науково-техн. конф.* (Маріуполь, 16–17 травня 2019 р.) / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2019. – Т. 2. – С. 184.
140. Sustainable Transportation and TDM (TDM Encyclopedia of Victoria Transport Policy Institute) - URL:<https://www.vtpi.org/tdm/tdm67.htm> - 12.02.2020
141. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Экологическая оценка логистической цепи приморской зоны «Промпредприятие-порт» // *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*. – Донецьк, 2009. – № 1. – С. 72-78.
142. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологической дименсион транспортных систем // *Transport problems `2009 : proceedings I International Scientific Conference* (Katowice, 17–19 July 2009 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2009. – P. 140-147.

143. Губенко В. К., Лямзин А. А., Украинский Е. А. «CITY LOGISTICS» – механизм экономической и экологической стратегии муниципальных транспортных систем // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – № 4 (175). – С. 95-101.
144. Лямзин А. О., Ніколаєнко І. В. Оцінка впливу транспортного кластера на екологію міста // *Екологічні науки.* – 2020. – № 1 (28). – С. 211-215.
145. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Логистика надежности и экологичности вагонопотоков промпредприятий ситирайонов : *монографія.* – Донецк : *Цифрова типографія*, 2014. – 383 с.
146. Волошин В. С., Лямзин А. А. О некоторых особенностях криптовалют и их роли в современном финансовом мире // *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності : зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ».* – Маріуполь, 2017. – Вип. 16. – С. 6-15.
147. Лямзин А. А., Хара М. В. Системный реинжиниринг транспортных процессов в транзитной среде промышленного района // *Научные труды SWorld.* – 2015. – Вип. 4 (41), т. 1 : Транспорт. – С. 8-16.
148. Губенко В. К., Лямзин А. А., Литвинов А. П. Управление экологическим риском в системе городской логистики // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета : сб. науч. тр. / ХНАДУ.* – Харьков, 2010. – Вип. 48. – С. 112-115.
149. Lyamzin A., Khara M., Marintseva K. Synergetic character of architectural elements of transportation networks of industrial areas // *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту.* – 2016. – Vol. 68, N 3. – P. 80-88.
150. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Системная модель генерации готовности подвижного состава // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2010. – Вип. 10 (152). – С. 39-44.
151. Лямзин А. О. Базові принципи механізму «City Logistics» в середовищі промислового району міські і регіональні транспортні проблеми // *Міські і регіональні транспортні проблеми : матеріали міжнар. науково-практ. конф.*

(Харків, 17–19 листопада 2015 р.) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова [та ін.]. – Харків, 2015. – С. 62.

152. Lyamzin A., Nikolaienko I. City transport system ecological state forecasting with the use of neural // *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту*. – 2017. – N 3 (72). – P. 65-70.

153. Лямзін А. О. Використання технологій «smart-planning» в умовах агресивного транспортного середовища промислових зон // *Университетская наука - 2018 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 23–24 мая 2018 г.) : в 3 т. / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2018. – Т. 2. – С. 319-320.

154. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологический менеджмент логистической системы. // *Вестник Восточноукраинского национального университета имени В. Даля : сб. науч. тр.* – Луганск, 2011. – Вып. 14 (168), ч. 1. – С. 52-58.

155. Vlahogianni E. I., Karlaftis M. G., Golias J. C. Short-term traffic forecasting: Where we are and where we're going // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. – 2014. – Vol. 43, pt. 1. – P. 3-19.

156. Лямзин А. А., Николаенко И. В. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике // *Transport problems 2013 : conference proceedings V International Scientific Conferens. II International Symposium of Young Researchers : conferens* (Katowice, 26–28 june 2013 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2013. – P. 369-375.

157. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике / Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір* № 52526 від 11.12.2013 р.

158. Лямзин А. А., Высоцкий О. А. Модель устойчивого состояния транспорта в транзитной среде промышленных зон = Model of transport stable state in the transit environment of industrial zones // *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*. – 2017. – N 2, vol. 2. – P. 97-104. – (Seria : Technical sciences).

159. Лямзин А. А., Украинский Е. А., Украинская Т. А. Механизм оценки транзитного потенциала узлов транспортной сети промышленного района //

Topical Problems of Modern Science : Proceedings of the II International Scientific and Pract. Conf. (Warsaw, November 18, 2017 y.). – Warsaw, 2017. – Vol. 1. – P. 12-17.

160. Хара М. В., Лямзин А. А. Модель управления устойчивостью периодических процессов в логистической сети металлопотоков // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – 2012. – № 9 (180), ч. 1. – С. 152-157.

161. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Прогнозирование рабочего парка вагонов металлургического предприятия в условиях роста объемов перевозок // *Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту : зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ».* – Маріуполь, 2011. – Вип. 2 (23). С. 275-279. – (Серія : Технічні науки).

162. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Методика обеспечения готовности вагонов металлургического предприятия на стадии стабильности объема перевозок // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – № 4 (175). – С. 102-106.

163. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Особенности транспортировки автосамосвалов большой грузоподъемности в ситилогистической среде // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту : зб. наук. пр. / ДААТ.* – Донецьк, 2013. – N 1. – С. 4-10.

164. Семенов В. В. Математическое моделирование транспортного потока на нерегулируемом пересечении // *Математическое моделирование.* – 2008. – Т. 20, N 10. – С. 14-22.

165. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. *Modeling Transport.* – Hoboken : John Wiley & Sons Ltd, 2001. – 594 p.

166. Vlahogianni E. I., Karlaftis M. G., Golias J. C. Short-term traffic forecasting: Where we are and where we're going // *Transportation Research. Part C : Emerging Technologies.* – 2014. – Vol. 43, pt. 1. – P. 39.

167. Мандель И. Д. Кластерный анализ. – М. : *Финансы и статистика*, 1988. – 176 с.

168. Bolshinsky E., Freidman R. Traffic Flow Forecast Survey [Electronic resource] // *Technion – Israel Institute of Technology. Technical Report.* – 2012. – June 3. – P. 1-15.
169. Faouzi N. E., Leung H., Kurian A. Data fusion in intelligent transportation systems: Progress and challenges // *A survey, Information Fusion.* – 2011. – Vol. 12, N 1. – P. 4-10.
170. Short term traffic forecasting using the local linear regression model / H. Sun, H. Liu, H. Xiao, R. He, B. Ran // *Journal of Transportation Research Board.* – 2003. – Vol. 1836. – P. 143-150.
171. Oswald R., Scherer T., Smith B. L. Traffic Flow Forecasting Using Approximate Nearest Neighbor Nonparametric Regression / *UVA Center for Transportation Studies.* – Charlottesville, 2001. – 115 p.
172. Box G. E., Jenkins G. M., Reinsel G. C. Time Series Analysis: *Forecasting and Control.* – 4th edition. – Wiley, 2008. – 784 p.
173. Stathopoulos A., Karlftis M. G. A multivariate state space approach for urban traffic flow modeling and prediction // *Transportation Research Part C : Emerging Technologies.* – 2003. – Vol. 11, N 2. – P. 121-135.
174. The application of space-time ARIMA model on traffic flow forecasting / S.-H. Lin, H.-Q. Huang, D.-Q. Zhu, T.-Z. Wang // *Machine Learning and Cybernetics*, 2009 International Conference on. – 2009. – Vol. 6. – P. 408–412.
175. Min W, Wynter L. Real-time road traffic prediction with spatiotemporal correlations // *Transportation Research. Part C : Emerging Technologies.* – 2011. – Vol. 19, N 4. – P. 606-616.
176. Zheng W., Lee D.-H., Shi Q. Short-term freeway traffic flow prediction: bayesian combined neural network approach // *Journal of Transportation Engineering.* – 2006. – Vol. 132, N 2. - P. 114-121.
177. Zhang, X., He G. Forecasting Approach for Short-term Traffic Flow based on Principal Component Analysis and Combined Neural Network // *Systems Engineering: Theory & Practice.* – 2007. – Vol. 27, N 8. – P. 167-171.

178. Guorong, G., Yanping L. Traffic Flow Forecasting based on PCA and Wavelet Neural Network // *Information Science and Management Engineering (ISME)*. – 2010. – Vol. 1. – P. 158-161.
179. Jin X., Zhang Y., Yao D. Simultaneously Prediction of Network Traffic Flow Based on PCA-SVR // *4th International Symposium on Neural Networks – ISNN 2007 (Nanjing, June 3-7, 2007 y.) : Proceedings*. – [S. l.], 2007. – Pt. II. – P. 1022-1031. – (Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, vol. 4492)).
180. Hall R. Handbook of transportation science. – Dordrecht : *Kluwer Academic Publishers*, 2003. – 737 p.
181. Hoogendoorn S. P., Bovy P. H. L. State-of-the-art of vehicular traffic flow modeling // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Pt. I : Journal of Systems and Control Engineering*. – 2001. – Vol. 215, N 4. – P. 283-303.
182. Edussuriya Pr., Chan A., Malvin A. Urban morphology and air quality in dense residential environments: correlations between morphological parameters and air pollution at street-level // *Journal of Engineering Science and Technology*. – 2014. – Vol. 9, N 1. – P. 64-80.
183. Structural analysis of network traffic flows / A. Lakhina, K. Papagiannaki, M. Crovella, C. Diot, E. D. Kolaczyk, N. Taft // *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*. – 2004. – Vol. 32, N 1. – P. 61-72.
184. Прикладні сітілогістичні рішення в умовах урбанізації транспортних мереж міського середовища / А. О. Лямзін, І. М. Майорова, М. С. Мнацаканян, Є. О. Український // *Наукоємні технології*. – 2014. – № 3 (23). – С. 330-341.
185. Губенко В. К., Лямзин А. А. Городская логистика // *Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту : зб. наук. праць / ПДТУ*. – Маріуполь, 2009. – Вип. 19. – С. 271-275. – (Серія : Технічні науки).
186. Городская логистика / Губенко В. К., Лямзин А. О. *Свідомство про реєстрацію авторського права на твір* № 31717 від 11.12.2013 р.
187. Губенко В. К., Николаенко И. В., Лямзин А. А. Концепция транспортного кластера ситилогистики // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» : зб. наук. пр.* – Львів, 2012. – Вип. 749. – С. 28-34.

188. Концепція транспортного кластера сітілогістики / Губенко В. К., Ніколаєнко І. В., Лямзін А. О. *Свідectво про реєстрацію авторського права на твір* № 52525 від 11.12.2013 р.
189. Нефедова Я. И., Лямзин А. А., Мнацаканян М. С. Управление транспортными потоками промышленных центров Донецкого региона // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту : зб. наук. пр. / ДААТ.* – Донецьк, 2012. – N 1. – С. 19–23.
190. Jolliffe I. T. *Principal Component Analysis.* – 2nd edition. – New York : Springer-Verlag New York, 2002. – 487 p.
191. Бугроменко В. Н. Транспорт в территориальных системах / отв. ред. Г. А. Гольц. – М. : Наука, 1987. – 112 с.
192. Гольц Г. А. Транспорт и территориальная структура общества // *Территориальные аспекты развития транспортной инфраструктуры.* – Владивосток, 1984. – С. 93-99.
193. Люгер Д., Джордж Ф. Искусственный интеллект : стратегии и методы решения сложных проблем : пер. с англ. – 4-е изд. – М. : Вильямс, 2003. – 864 с.
194. Жанказиев С. В. Интеллектуальные транспортные системы : учеб. пособие. – М. : МАДИ, 2016. – 120 с.
195. Гройсман В. Міські легенди України. Екологічна ситуація в Маріуполі // *Слово і діло : аналітичний портал.* – 2017. – 5 липня. – URL: <https://ru.slovoidilo.ua/2017/07/05/infografika/obshhestvo/gorodskie-legendy-ukrainy.-ekologicheskaya-situaciya-mariupole>
196. Яхно, А. А., Лямзін А. О. Дослідження можливості реалізації принципів «Green Logistics» для підвищення ефективності управління екологічною безпекою субпроцесу транспортування у системі міжнародних автоперевезень = Investigation of the possibility of realizing principles «Green logistics» for improving the efficiency of environmental security management of the subprocess of transportation in the international carriage transportation system // *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien.* – 2018. – N 5, pt. 3. – P. 35–37. – (Seria : Technical sciences).

197. Міжнародна конвенція про спрощення і гармонізацію митних процедур (Киотська конвенція) від 19 травня 1973 року у змінній редакції, редакція на 26 червня 1999 року, дата набрання чинності для України: 15.09.2011. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_643#Text
198. Лейпцизька Хартія «Міста Європи на шляху сталого розвитку» : прийнята з нагоди неформальної зустрічі міністрів з питань міського розвитку і територіальної єдності, проведеної в м. Лейпцизі 24-25 травня 2007 року. – URL: http://2.auc.org.ua/sites/default/files/leypcizka_hartiya.pdf
199. Чевганова В., Григор'єва О. Європейський досвід інтегрованого розвитку міст // *Економіка і регіон*. – 2017. – № 5. – С. 10-14.
200. Baker M. J. Maths - Multidimensional Algebra and Symmetry. – URL: <http://www.euclideanspace.com/maths/algebra/multidimensional/symmetry/index.htm>.
201. Логистика отходов в мегаполисе / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, О. В. Губенко, М. В. Помазков // Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики : *XI Міжнар. науково-практ. конф.* (Київ, 3-6 жовтня 2009 р.) : тези доп. – Київ, 2009. – С. 7-14.
202. Логистика отходов в мегаполисе / Губенко В. К., Лямзин А. О. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір* № 31716 від 21.01.2010 р.
203. Лямзин А. А. Божко В. С. «Экологическая зона» – механизм обеспечения туристической привлекательности промышленных районов // *Университетская наука – 2010 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 18–20 мая 2010 г.) / ПГТУ. – Мариуполь, 2010. – Т. 3. – С. 182-183.
204. Лямзин А. А., Помазков М. В., Романенко О. А. Контроль экологической безопасности грузопотоков вторичного сырья металлургических предприятий в условиях муниципальных районов // *Безпека дорожнього руху : правові та організаційні аспекти : матеріали VII Міжнар. науково-практ. конф.* (Донецьк, 15–16 листоп. 2012 р.). – Донецьк, 2012. – С. 219-222.
205. Губенко В. К., Лямзин А. А. Архитектоника железнодорожных сетей в условиях ситирайона // *Университетская наука - 2014 : тез. докл. Междунар.*

научно-техн. конф. (Мариуполь, 20–21 мая 2014 г.) / ГБУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2014. – Т. 2. – С. 188-189.

206. Khara M. V., Lyamzin A. O. The influence of traffic flows on the level environmental safety of life unit of society // *Wissenschaft für den modernen menschen : technik und technologie, informatik, sicherheit : monograph.* – Karlsruhe : Net AkhatAV, 2020. – Book 1, Pt. 1, Chapter 13. – P. 169-176.

ДОДАТКИ

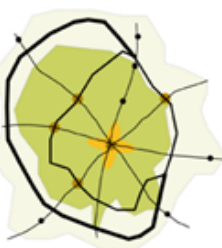
ДОДАТОК А

Таблиця А – Класифікатор прикладних логістичних рішень проблем забезпечення стійкої функціональності ЕК СВДМПЗ

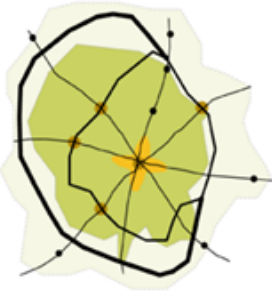
Назва та умовне позначення класу сітілогістичних рішень	Характеристика етапу урбанізації /часовий відрізок етапу/	Сітілогістичні рішення (реалізуються принципи)	Територіальна структура де прийнят комплекс сітілогістичних рішень	Переваги	Зауваження
<u>Ліцензування та правіла</u> А	Ранній етап урбанізації /1920-1945 р. р./ 	Екологічна зона (Забезпечення безпеки лінійних елементів вулично-дорожньої мережі, що формують міську архітектуру транспортного каркаса)	Міста Швеції, Нідерландів	Безпосередні результати можна очікувати від вдосконалень у сфері безпеки і умов навколишнього середовища	Соціальні побічні ефекти від зміни строків поставок у відповідь на політику, такі, як збільшення нещасних випадків із-за відсутності нічних режимів роботи транспорту. • Опозиція з боку приватного сектору у зв'язку із зростанням витрат на додаткові транспортні засоби. • Консультування які повинні бути прийняті разом з іншими схемами для досягнення найкращих результатів, таких, як надання вантажних центрів, таким чином, що приватний сектор має більш широкий вибір і менш негативну реакцію.
		Комбіноване використання смуги (Забезпечення «транзитного потенціалу» транспортних мереж муніципальних утворень у рамках існуючих концепцій екологічної безпеки та безпеки дорожнього руху)	Барселона (Іспанія)		
		Вантажні «ексклюзивні транзитні» лінії (Раціоналізація рівня потреб у вантажних транспортних послуг, які надаються систем життєзабезпечення великих муніципальних утворень)	Новий Орлеан (США)		
		«Офф-пик» доставки (Забезпечення стійкості у взаємодії складових міської логістики)	Лос-Анджелес (США)		

Продовження таблиці А

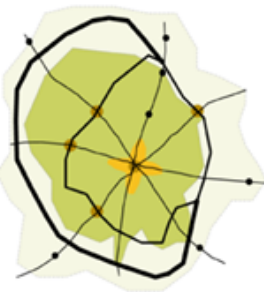
Назва та умовне позначення класу сіті логістичних рішень	Характеристика етапу урбанізації / часовий відрізок етапу /	Сіті логістичні рішення (реалізовані принципи)	Територіальна структура де прийнятий комплекс сіті логістичних рішень	Переваги	Зауваження
Вантажні центри (сіті порти) і консолідована доставка	Постіндустріальний /1990-2012/	Мультимодальні вантажні центри (Забезпечення функціонального зонування транспортної мережі муніципальних утворень)	Італія, Німеччина	• Підвищена ймовірність використання екологічно більш чистих видів транспорту: залізничного та водного транспорту. • Розширення можливостей для консолідованої доставки, яка дозволить знизити комерційні поїздки автомобілів в центр міста.	• Дуже ефективний стимул для стійкого розвитку міських вантажних систем, але впровадження на практиці утруднена. • Високі витрати на інвестиції. • Велика площа не потрібна. • Для досягнення успіху необхідна тісна співпраця з приватним сектором. • Необхідно наявність достатньої освіти - знань про переваги консолідованої доставки. • Високі витрати на інвестиції. • Велика площа не потрібна.
	 Спад темпів промислового розвитку, виникнення центру урбанізації, зростання мобільності населення завдяки появі швидкісного транспорту. Постіндустріальна фаза. Характеризується поява субцентрів (вантажних сіл) вздовж основних дорожніх артерій. Автомобіль став головною подією, що впливає на процес формування життєвих циклів суб'єктів забезпечують життєдіяльність міст.	Вантажні міські центри (Забезпечення функціонального зонування транспортної мережі муніципальних утворень)	Німеччина, Японія		
		Бізнес групи розвитку, таких як оптові ринки в Японії. (Забезпечення функціонального зонування транспортної мережі муніципальних утворень)	Японія, Україна		

Назва та умовне позначення класу сітілогістичних рішень	Характеристика етапу урбанізації /часовий відрізок етапу/	Сітілогістичні рішення (реалізуються принципи)	Територіальна структура де прийнят комплекс сітілогістичних рішень	Переваги	Зауваження
З низьким рівнем викидів транспортних засобів, екологічно чистих видів транспорту, а також альтернативні види палива	Постіндустріальний /1990-2012 р. р. / 	Збільшення використання транспортних одиниць з режимом низького рівня викидів, таких як залізничний і водний транспорт. (Забезпечення екологічної безпеки архітектури транспортних мереж)	Європа	Збільшення зон зелених насаджень і підвищення безпеки на автомобільному транспорті.	Для збільшення використання нових композиційних міських транспортних систем, державний сектор повинен забезпечити достатні кошти для підтримки гнучкого механізму мультимодальних перевезень
		Спад темпів промислового розвитку, виникнення центру урбанізації, зростання мобільності населення завдяки появі швидкісного транспорту. Постіндустріальна фаза. Характеризується поява субцентрів (вантажних сіл) вздовж основних дорожніх перехрестях. Автомобіль став головною подією, що впливає на процес формування життєвих циклів суб'єктів забезпечують життєдіяльність міст	Європа, Японія	• Технологія готова: важливі події з низьким рівнем викидів транспортних засобів (наприклад, гібридних транспортних засобів) вже досягнута.	Пропозиція реалізація спільно з "ліцензуванням і регулюванням" політики

Продовження таблиці А

Назва та умовне позначення класу сітілогістичних рішень	Характеристика етапу урбанізації /часовий відрізок етапу/	Сітілогістичні рішення (реалізуються принципи)	Територіальна структура де прийнят комплекс сітілогістичних рішень	Переваги	Зауваження
ІТ і підготовка водіїв	Постіндустріальний /1990-2012 р. р. /  Спад темпів промислового розвитку, виникнення центру урбанізації, зростання мобільності населення завдяки появі швидкісного транспорту. Постіндустріальна фаза. Характеризується поява субцентрів (вантажних сіл) вздовж основних дорожніх перехрестях. Автомобіль став головною подією, що впливає на процес формування життєвих циклів суб'єктів забезпечують життєдіяльність міст	Інтелектуальні транспортні системи (ІТС), наприклад, ETC, GPS, і система дорожньої інформації. (забезпечення стійкості у взаємодії складових міської логістики)	Європа, Японія, США	• Може використовуватися спільно з операторами пасажирських перевезень. • Усталені технології, які широко застосовуються в розвинених країнах	• Високі витрати на розробку. • Це не призводить до збільшення використання більш екологічно чистих видів транспорту
		Поліпшення обслуговування мережних технологій, таких як веб-постачання, системи маршрутизації і автоматичної доставки (забезпечення стійкості у взаємодії складових міської логістики)	Європа, Японія	• Недорога вартість реалізації. • Ймовірно, буде добре прийнятий в приватному секторі	Заохочення з боку державного сектору часто потрібно, наприклад, надання технологій з низьким рівнем витрат, які є доступними для більшості приватних секторів
		Обучение вождению	Європа, Японія	• Не дорого. • Позитивні приватного сектору у відповідь. • Екологічні та соціальні вигоди	Заохочення з боку державного сектору має важливе значення

Продовження таблиці А

Назва та умовне позначення класу сітілогістичних рішень	Характеристика етапу урбанізації /часовий відрізок етапу/	Сітілогістичні рішення (реалізуються принципи)	Територіальна структура де прийнят комплекс сітілогістичних рішень	Переваги	Зауваження
Нові вантажні транспортні системи Е	Постіндустріальний /1990-2012 р. р. /  Спад темпів промислового розвитку, виникнення центру урбанізації, зростання мобільності населення завдяки появі швидкісного транспорту. Постіндустріальна фаза. Характеризується поява субцентрів (вантажних сіл) вздовж основних дорожніх перехрестях. Автомобіль став головною подією, що впливає на процес формування житєвих циклів суб'єктів забезпечують життєдіяльність міст	Підземні вантажні перевезення (Забезпечення «транспортного потенціалу» транспортних мереж муніципальних утворень у рамках існуючих концепцій екологічної безпеки та безпеки дорожнього руху)	Нідерланди, Японія	Зміна міської структури. Рух вантажних транспортних засобів відокремлені один від одного, що призвело до скорочення негативного впливу вантажних транспортних засобів	• Величезні інвестиційні витрати. • Ще в стадії розробки

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Схема №1 ЕК СВДМПЗ (фаза вільного потоку)

Код скл. фахв ерку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива Q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	6,0	0,102	49	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,0	0,05	50	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,0	0,083	22,9	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахімова	3,1	6,0	0,10	31,0	0,694
5	пр. Нахімова – пр. адм. Луніна	4,0	10,0	0,167	23,9	0,896
6	пр. адм. Луніна – вул. Портова	3,8	9,2	0,153	24,8	0,852
7	вул. Портова – вул. Б. Морська (IV пр. порта)	0,67	2,0	0,033	20,3	0,150
Всього:		20,87	41,2	0,686	30,4	4,674

Таблиця В.2 – Схема №1 ЕК СВДМПЗ (фаза синхронного потоку)

Код скл. фахверку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (мин)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Орджоникідзовський район)	4,9	5,5	0,91	53,8	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	2,8	0,046	54,3	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	4,6	0,076	25	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахімова	3,1	5,8	0,097	31,9	0,694
5	пр. Нахімова – пр. адм. Луніна	4,0	9,8	0,163	24,5	0,896
6	пр. адм. Луніна – вул. Портова	3,8	9,0	0,51	25,2	0,852
7	вул. Портова – вул. Б. Морська (IV пр. порта)	0,67	1,8	0,031	21,6	0,150
Всього:		20,87	39,3	0,655	31,9	4,674

Таблиця В.3 – Схема №1 ЕК СВДМПЗ (фаза щільного потоку)

Код скл. фахв ерку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива Q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Лівобержний район)	4,9	6,5	0,108	45,4	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,2	0,053	47,2	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,5	0,091	20,9	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахімова	3,1	6,5	0,108	28,7	0,694
5	пр. Нахімова – пр. адм. Луніна	4,0	10,4	0,173	23,1	0,896
6	пр. адм. Луніна – вул. Портова	3,8	9,6	0,160	23,8	0,852
7	вул. Портова – вул. Б. Морська (IV пр. порта)	0,67	2,5	0,043	15,6	0,150
Всього:		20,87	44,2	0,736	28,4	4,674

Таблиця В.4 – Схема №2 ЕК СВДМПЗ (фаза вільного потоку)

Код скл. фахв ерку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива Q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська,76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	6,0	0,102	49	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,0	0,05	50	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,0	0,083	22,9	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахимова	3,1	6,0	0,10	31,0	0,694
5	пр. Нахимова – вул. Бахчиванджи	1,6	5,0	0,083	19,3	0,358
6	вул. Бахчиванджи – вул. Флотська	2,3	4,0	0,066	34,8	0,515
7	вул. Флотська – вул. Ушакова	2,9	5,0	0,083	34,9	0,649
8	вул. Ушакова – вул. Гагаріна	0,760	2,0	0,033	23,0	0,174
9	вул. Гагаріна – вул. Азовська	1,2	3,0	0,050	24,0	0,268
10	вул. Азовська – вул. Б. Морська (IV пр. порта)	1,7	4,0	0,066	25,8	0,380
Всього:		22,86	43	0,714	32,0	5,120

Таблиця В.5 – Схема № 2 ЕК СВДМПЗ (фаза синхронного потоку)

Код скл. фахверку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець- завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	5,7	0,095	51,6	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	2,6	0,043	58,1	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	4,8	0,080	23,8	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахімова	3,1	5,4	0,093	33,3	0,694
5	пр. Нахімова – вул. Бахчиванджи	1,6	4,9	0,081	19,8	0,358
6	вул. Бахчиванджи – вул. Флотська	2,3	3,7	0,061	37,7	0,515
7	вул. Флотська – вул. Ушакова	2,9	4,6	0,076	38,2	0,649
8	вул. Ушакова – вул. Гагаріна	0,760	1,7	0,028	27,1	0,174
9	вул. Гагаріна – вул. Азовська	1,2	2,8	0,046	26,1	0,268
10	вул. Азовська – вул. Б. Морська (IV пр. порта)	1,7	3,6	0,060	28,3	0,380
Всього:		22,86	39,8	0,663	34,5	5,120

Таблиця В.6 – Схема № 2 ЕК СВДМПЗ (фаза щільного потоку)

Код скл. фахверку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	6,4	0,106	46,3	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,6	0,061	40,9	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,5	0,093	20,4	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахимова	3,1	6,3	0,105	29,5	0,694
5	пр. Нахимова – вул. Бахчиванджи	1,6	5,2	0,086	18,6	0,358
6	вул. Бахчиванджи – вул. Флотська	2,3	4,4	0,073	31,5	0,515
7	вул. Флотська – вул. Ушакова	2,9	5,3	0,088	32,9	0,649
8	вул. Ушакова – вул. Гагаріна	0,760	2,3	0,038	20,0	0,174
9	вул. Гагаріна – вул. Азовська	1,2	3,4	0,056	21,4	0,268
10	вул. Азовська – вул. Б. Морська (IV пр. порта)	1,7	4,5	0,075	22,6	0,380
Всього:		22,86	46,9	0,781	29,3	5,120

Таблиця В.7 – Схема № 3 ЕК СВДМПЗ (фаза вільного потоку)

Код скл. Фах верку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	6,0	0,102	49	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,0	0,05	50	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,0	0,083	22,9	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахимова	3,1	6,0	0,10	31,0	0,694
5	пр. Нахимова – вул. Бахчиванджи	1,6	5,0	0,083	19,3	0,358
6	вул. Бахчиванджи – вул. Флотська	2,3	4,0	0,066	34,8	0,515
7	вул. Флотская – вул. Крайня	3,3	7,0	0,116	28,4	0,739
8	вул. Крайня – митний склад	0,5	1,5	0,025	20,0	0,112
Всього:		20,10	37,5	0,623	32,3	4,502

Таблиця В.8 – Схема № 3 ЕК СВДМПЗ (фаза синхронного потоку)

Код скл. Фах верку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	5,6	0,093	52,7	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	2,7	0,045	55,6	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	4,6	0,078	24,4	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахімова	3,1	5,9	0,098	31,6	0,694
5	пр. Нахімова – вул. Бахчіванджи	1,6	4,8	0,080	20,0	0,358
6	вул. Бахчіванджи – вул. Флотська	2,3	3,8	0,063	36,5	0,515
7	вул. Флотская – вул. Крайня	3,3	6,5	0,108	0,6	0,739
8	вул. Крайня – митний склад	0,5	1,3	0,021	23,8	0,112
Всього:		20,10	35,2	0,586	34,3	4,502

Таблиця В.9 – Схема № 3 ЕК СВДМПЗ (фаза щільного потоку)

Код скл. Фах верку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	6,4	0,106	46,2	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,2	0,056	44,6	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,3	0,088	21,6	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахімова	3,1	6,4	0,106	29,2	0,694
5	пр. Нахімова – вул. Бахчіванджи	1,6	5,2	0,086	18,6	0,358
6	вул. Бахчіванджи – вул. Флотська	2,3	4,3	0,071	32,4	0,515
7	вул. Флотская – вул. Крайня	3,3	7,5	0,125	26,4	0,739
8	вул. Крайня – митний склад	0,5	1,7	0,028	17,9	0,112
Всього:		20,10	40,0	0,666	30,2	4,502

Таблиця В.10 – Схема № 4 ЕК СВДМПЗ (фаза вільного потоку)

Код скл. Фах верку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	6,0	0,102	49,0	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,0	0,05	50,0	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,0	0,083	22,9	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахімова	3,1	6,0	0,10	31,0	0,694
5	пр. Нахімова – вул. Бахчиванджи	1,6	5,0	0,083	19,3	0,358
6	вул. Бахчіванджи – вул. Флотська	2,3	4,0	0,066	34,8	0,515
7	вул. Флотська – вул. Восстанія	2,7	5,0	0,083	32,5	0,604
8	вул. Восстанія – вул. Гагаріна	0,690	2,0	0,033	20,9	0,154
9	вул. Гагарина – вул. Інтернаціональна	1,4	3,0	0,050	28,0	0,313
10	вул. Інтернаціональна – мост- СМТО	0,460	3,0	0,050	9,2	0,107
Всього:		21,55	43	0,714	30,2	4,827

Таблиця В.11 – Схема № 4 ЕК СВДМПЗ (фаза синхронного потоку)

Код скл. Фах верку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська, 76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Лівобережний район)	4,9	5,8	0,096	51,1	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	2,6	0,043	58,1	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	4,8	0,080	23,8	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахимова	3,1	5,5	0,091	34,1	0,694
5	пр. Нахимова – вул. Бахчиванджи	1,6	4,8	0,082	19,5	0,358
6	вул. Бахчиванджи – вул. Краснофлотська	2,3	3,7	0,061	37,7	0,515
7	вул. Краснофлотська – вул. Восстанія	2,7	4,8	0,081	33,3	0,604
8	вул. Восстанія – вул. Гагаріна	0,690	1,9	0,031	22,3	0,154
9	вул. Гагарина – вул. Інтернаціональна	1,4	2,8	0,046	30,4	0,313
10	вул. Інтернаціональна – мост- СМТО	0,460	2,7	0,045	10,2	0,107
Всього:		21,55	39,4	0,656	32,9	4,827

Таблиця В.12 – Схема № 4 ЕК СВДМПЗ (фаза щільного потоку)

Код скл. Фах верку	Найменування магістральних елементів фахверку	Параметри траси				
		Довжина l (км)	Час t (хв)	Обсяг споживання «брудного ресурсу» м ³	Швидкість V (км/час)	Расход палива q _{топ} (л/км)
1	вул. Таганрогська,76 (продавець-завод) – вул. Набережна (Орджоникідзовськ ий район)	4,9	6,3	0,107	45,8	1,097
2	вул. Набережна – вул. Торгова	2,5	3,2	0,053	47,2	0,560
3	вул. Торгова – вул. Італійська	1,9	5,1	0,085	22,4	0,425
4	вул. Італійська – пр. Нахимова	3,1	6,4	0,108	28,7	0,694
5	пр. Нахимова – вул. Бахчиванджи	1,6	5,2	0,086	18,6	0,358
6	вул. Бахчиванджи – вул. Флотська	2,3	4,4	0,073	31,5	0,515
7	вул. Краснофлотська – вул. Восстанія	2,7	5,3	0,088	30,7	0,604
8	вул. Восстанія – вул. Гагаріна	0,690	2,2	0,036	19,2	0,154
9	вул. Гагарина – вул. Інтернаціональна	1,4	3,4	0,056	25,0	0,313
10	вул. Інтернаціональна – мост- СМТО	0,460	3,2	0,053	8,7	0,107
Всього:		21,55	44,7	0,745	28,9	4,827

ДОДАТОК С



АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Найменування пропозиції про впровадження.

Результати науково-дослідницької роботи «Імплементация парадигми сітілогістичних рішень ефективної транспортної мережі в умовах раціонального природокористування»

Ким запропоновано.

Інститут механіки та транспорту ДВУЗ «Приазовський державний технічний університет», кафедра «Технології міжнародних перевезень і логістики», автори: д-р. техн. наук, проф., Губенко В.К., к.т.н., доц. Лямзін А.О., асистент Мнацаканян М.С.

Де, коли, з якою метою впроваджено.

Розроблено практичні рекомендації щодо визначення раціональних параметрів взаємодії промислового та пасажирського транспорту в умовах функціонування сітілогістичних районів м. Маріуполь як нестационарних гіпермереж фізичного простору.

Напрямки, результати, ефективність впровадження.

Впровадження здійснено по наступним напрямкам:

- 1) Розроблено модель процесу функціонування нестационарних гіпермереж сітілогістичних районів при погодженні роботи промислового та пасажирського транспорту.
- 2) Розроблено методи формування раціонального маршруту в межах м. Маріуполь на основі інтелектуальних систем і математичного апарату в умовах нечіткого функціонування міської транспортної мережі у режимі реального часу.
- 3) Розроблено класифікатор прикладних сітілогістичних рішень в умовах урбанізації транспортних мереж міського середовища.

Використання розроблених методів та практичних рекомендацій дозволило підвищити ефективність взаємодії промислового транспорту та міських систем у сітілогістичних районах

Висновки, зауваження, пропозиції.

Впровадження і використання результатів науково-дослідницької роботи дозволяють зробити висновки, що запропоноване методичне забезпечення щодо визначення раціональних параметрів взаємодії промислового та пасажирського транспорту в умовах функціонування сітілогістичних районів м. Маріуполь як нестационарних гіпермереж фізичного простору дозволяє знизити виникнення заторних ситуацій у часи «пік», зменшити споживання енергоносіїв та значно покращити екологічний вплив на довкілля від емісії парникових газів на ділянках з великою інтенсивністю руху промислового та пасажирського транспорту.

Начальник відділу
з питань енергоменеджменту

В.Г. Мнацаканян

Директор института механики и
транспорта ГВУЗ «Приазовского
государственного технического
университета, д-р., техн., наук,
профессор



В.К. Губенко/

Начальнику троллейбусно-
трамвайного управления г.
Мариуполя



В.И.Симоненко/

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы 3(13):

«Имплементация парадигмы ситилогистических решений эффективной транспортной сети в условиях рационального природопользования»

Городской электротранспорт г. Мариуполя представляет собой систему, включающую в себя полный технологический цикл: подготовку и выпуск подвижного состава; его эксплуатацию на линии; обслуживание элементов обеспечения перевозок (рельсовый путь, контактно-кабельная сеть и т.д.); оперативное и стратегическое управление; финансовый анализ и планирование. Поэтому транспортному хозяйству городского электротранспорта г. Мариуполя присущ непрерывный процесс производства как в области управления, так и в области самого обеспечения и технического обслуживания объектов предприятия.

Для стабилизации условий работы троллейбусно-трамвайного управления (ТТУ) г. Мариуполя в условиях, характеризующихся недостаточным финансированием государственных предприятий городского пассажирского транспорта и с целью сохранения объема транспортного обслуживания на уровне, необходимом для нормальной жизнедеятельности города, рабочей группой кафедры «Технологии международных перевозок и логистика» ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»,

реализована, компьютерная модель системы управления распределением движения городского пассажирского транспорта.

Реализация модели осуществлена в рамках научно-исследовательской работы: «Имплементация парадигмы ситуационных решений эффективной транспортной сети в условиях рационального природопользования». Программным базисом модели является объектно-ориентированный язык программирования C++ в визуальной среде Embarcadero RAD Studio XE. Используемая в приложении база данных, является выборкой, характеризующей работу пассажирского транспорта в городских условиях и создана в среде InterBase 2009.

Информационными составляющими данного базиса являются:

- 1) Оценка степени износа пассажирского парка подвижного состава ТТУ;
- 2) Число сбоев перевозочного процесса;
- 3) Экономические показатели работы транспортного предприятия.

Решения рабочей группы внедрены в работу ТТУ после согласования методологии и разработанной на ее базе модели с каждым из подразделений ТТУ.

В ходе выполнения работы между членами рабочей группы выработался партнерский подход, направленный на совместное разрешение проблем городского транспорта, при котором сотрудники ТТУ и рабочей группы были активно вовлечены в постановку целей, сбор данных и их анализ, с последующей выработкой решения и реализации разработанной компьютерной моделью.

Ответственные исполнители:

к.т.н., доцент

к.т.н., доцент



Помазков М.В.

Лямзин А.А.

ДОДАТОК D

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 52526

Наукова стаття "Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике"

(вид, назва твору)

Автор(и) Лямзін Андрій Олександрович, Ніколаско Ірина Володимирівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 11.12.2013

Голова Державної служби
інтелектуальної
власності України
М.В. Ковіня



Handwritten signature

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 52525

Наукова стаття "Концепція транспортного кластера сітілогістики"
(вид, назва твору)

Автор(и) Губенко Володимир Костянтинович, Ніколасико Ірина
Володимирівна, Лямзін Андрій Олександрович
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 11.12.2013

 Голова Державної служби
інтелектуальної
власності України
М.В. Ковіня

Kotly

Копія

УКРАЇНА

Міністерство освіти і науки України
Державний департамент інтелектуальної власності

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 31717

Літературний твір наукового характеру "Городская логистика"

(вид, назва твору)

Автор(и) Губенко Володимир Костянтинович, Лямзін Андрій Олександрович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації

21.01.2010

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності



М.В.Паладій

Копія

УКРАЇНА

Міністерство освіти і науки України
Державний департамент інтелектуальної власності

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 31716

Літературний твір наукового характеру "Логистика отходов в мегаполисе"

(вид, назва твору)

Автор(и) Губенко Володимир Костянтинович, Лямзін Андрій Олександрович,
Губенко Оксана Володимирівна, Помазков Михайло Валерійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації

21.01.2010

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності



М.В.Паладій

ДОДАТОК Е

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Монографії:

1. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в горно-металлургическом комплексе: монография. ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». – Мариуполь: ПГТУ, 2012. – 222 с. – URL: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/5349>
2. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Логистика надежности и экологичности вагонопотоков промпредприятий ситирайонов: монография. – Донецк: Цифрова типографія, 2014. – 383 с. – URL: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/7888>

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних науково-метричних баз:

3. Лямзин А. А., Высоцкий О. А. Модель устойчивого состояния транспорта в транзитной среде промышленных зон = Model of transport stablestate in the transit environment of industrial zones. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2017. – N 2, vol. 2. – P. 97–104. – (Seriа: Technical sciences). – URL: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit02-02/meit02-02>
4. Яхно А. А., Лямзин А. О. Дослідження можливості реалізації принципів «Green Logistics» для підвищення ефективності управління екологічною безпекою субпроцесу транспортування у системі міжнародних автоперевезень = Investigation of the possibility of realizing principles «Green logistics» for improving the efficiency of environmental security management of the subprocess of transportation in the international carriage transportation system. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*,

Karlsruhe, Germany – 2018. – N 5, pt. 3. – P. 35–37. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit05-03/meit05-03>

5. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Методы образовательной логістики в транспортних технологиях = Methods of educational logistics in transport technologies. *Modern engineering and innovative technologies = Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*, Karlsruhe, Germany – 2018. – N 3, vol. 1. – P. 117–124. – (Seria: Technical sciences). – URL: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue03-01-2018.pdf>

6. Лямзін А. О., Постоечко К. Е. Впровадження механізму «діджіталізації інформаційного простору», як інструменту забезпечення безпеки транспортного обслуговування пасажиропотоків = Implementation the mechanism “digitalization of the informationspace” as a tool to ensure the safety of transport services for passenger flows. *SWorld Journal – D.A. Tsenov Academy of Economics – Svishtov, Bulgaria.* – 2019. – N 2, pt. 1, October. – P.16–19. – URL: <https://www.sworld.com.ua/swj/swj02-01.pdf>

7. Lyamzin A., Khara M. Base principles of influence of transport processes on a cosystem of street – travelling environment of industrial zones. *«Modern engineering and innovative technologies»*, Issue N7, Part 2., March, 2019 y., Karlsruhe, Germany – P. 69-74 – URL: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue 07-02.pdf>

Статті у фахових виданнях:

8. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Экологическая оценка логистической цепи приморской зоны «Промпредприятие-порт». *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2009. – № 1. – С. 72-78.

9. Лямзин А. А., Хара М. В. Эффективность вагонных парков промышленных предприятий в логистической системе металлопотоков. *Зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія : Транспортні системи і технології.* – Київ, 2009. – Вип. 15. – С. 93-98.

10. Губенко В. К., Лямзин А. А., Литвинов А. П. Управление экологическим риском в системе городской логистики. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр.* – Харьков, 2010. – Вип. 48. – С. 112-115.
11. Хара М. В., Лямзин А. А. Управление устойчивостью транспортного обслуживания металлопотоков. *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* – Харьков, 2010. – Вип. 27. – С. 94-98.
12. Губенко В. К., Лямзин А. А. Городская логистика. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць ПДТУ.* – Маріуполь, 2009. – Вип. 19. – С. 271-275. – (Серія: Технічні науки).
13. Губенко В.К., Хара М.В., Лямзин А.А. К вопросу логистики ремонта вагонных парков предприятия. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал.* – Луганськ – 2010. – Вип.7.(149). – С. 222-226.
14. Губенко В.К., Хара М.В., Лямзин А.А. Методы расчета эксплуатационной готовности вагонных парков промпредприятий. *Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. праць.* – Вип. 12. – Маріуполь, 2010. – С. 124-131.
15. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Системная модель генерации готовности подвижного состава. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2010. – Вип. 10 (152). – С. 39-44.
16. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Прогнозирование рабочего парка вагонов металлургического предприятия в условиях роста объемов перевозок. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць ДВНЗ «ПДТУ».* – Маріуполь, 2011. – Вип. 2 (23). С. 275-280. – (Серія : Технічні науки).
17. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологический менеджмент логистической системы. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2011. – Вип. 14 (168), ч. 1. – С. 52-57.
18. Нефедова Я. И., Лямзин А. А., Мнацаканян М. С. Управление транспортными потоками промышленных центров Донецкого региона. *Вісник*

Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк, 2012. – Вип. 1. – С. 19-23.

19. Губенко В. К., Николаенко І. В., Лямзін А. О. Концепція транспортного кластера ситілогістики. *Вісник Національного університета «Львівська політехніка»*: зб. наук. пр. – Львів, 2012. – Вип. 749. – С. 28-33.
20. Губенко В. К., Лямзин А. А., Украинский Е. А. “CITY LOGISTICS” – механизм экономической и экологической стратегии муниципальных транспортных систем. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – № 4 (175) – С. 95-102.
21. Хара М. В., Лямзин А. А. Модель управления устойчивостью периодических процессов в логистической сети металлопотоков. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2012. – Вип. 9. (180), ч. 1. – С. 152-157.
22. Губенко В. К., Лямзин А. А., Помазков М. В. Особенности транспортировки автосамосвалов большой грузоподъемности в ситілогістической среде. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2013. – № 1. – С. 4-10.
23. Лямзин А. А., Хара М. В. Оценка потенциала системы «Транзит» промышленных сити-районов. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* – Донецьк, 2013. – № 4. – С. 32-43.
24. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Влияние ситілогістических условий на надежность обслуживания подвижного состава промышленных предприятий. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* – Луганськ, 2013. – № 15 (204), ч. 2 – С. 11-14.
25. Имплементация ситілогістических решений в транспортной системе на рынке сельхозпродукции/ В. К. Губенко, И. Н. Майорова, М. В. Помазков, А. А. Лямзин // *Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту*: зб. наук. праць ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2013. – Вип. 27. – С. 275–279. – (Серія : Технічні науки).

26. Губенко В. К., Лямзин А. А., Хара М. В. Ситилогистика муниципального электротранспорта. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – Луганськ, 2013. – № 9 (1) (198), ч. 1. – С. 41-44.
27. Прикладні сітілогістичні рішення в умовах урбанізації транспортних мереж міського середовища / А. О. Лямзін, І. М. Майорова, М. С. Мнацаканян, Є. О. Український // *Наукоємні технології*. – 2014. – № 3 (23). – С. 330-341.
28. Лямзин А. А., Хара М. В. Равновесное состояние транспортного сектора в транзитной бресте промышленного района. *Збірник наук. праць Держ. економіко-технолог. ун-ту транспорту (ДЕТУТ)*. Серія : Транспортні системи і технології. – Київ, 2015. Вип. 26/27. – С. 256-261.
29. Лямзин А. А., Хара М. В., Украинский Е. А. Механизм обеспечения организационно-экологической устойчивости транспортной системы в среде промышленных зон. *Вісник Нац. техн. ун-ту України «ХПІ» : зб. наук. праць / НТУ «ХПІ»*. – Харків, 2016. – N 7 (1179). – С. 91-95. – (Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси).
30. Lyamzin A., Khara M., Marintseva K. Synergetic character of architectural of transportation networks of industrial areas. *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту*. – 2016. – Vol. 68, N 3. – P. 80-88.
31. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Прогнозування впливу транспортних потоків на вулично-дорожню мережу промислового міста. *Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського*. – 2018. – Т. 29 (68), N 1, ч. 3. – С. 109-114. – (Серія: Технічні науки).
32. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Екологічні аспекти розвитку приморського міста. *Екологічні науки*. – 2018. – № 1 (20), т. 1. С. 96-99.
33. Lyamzin A., Nikolaienko I. City transport system ecological state forecasting with the use of neural. *Proceedings of the National Aviation University = Вісник Нац. Авіаційного Ун-ту*. – 2017. – N 3 (72). – P. 65-70.
34. Khara M., Lyamzin A. Influence of the system of material flows on the environment of industrial areas. *Technology audit and production reserves*. – 2019. – N 4/3 (48). – P. 12-19.

35. Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Оцінка впливу транспортного кластера на екологію міста. *Екологічні науки*. – 2020. – № 1 (28). – С. 211-215.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

36. Губенко В. К., Лямзин А. А. Экологической дименсион транспортных систем. *Transport problems 2009 : proceedings I International Scientific Conference* (Katowice, 17–19 July 2009 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2009. – Р. 140-147.

37. Губенко В. К., Лямзин А. А., Губенко О. В. Эффективность системы обеспечения экологической безопасности муниципальных транспортных систем. *ELPIT 2009: 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.

38. Логистика отходов в мегаполисе / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, О. В. Губенко, М. В. Помазков // *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики: XI Міжнар. науково-практ. конф.* (Київ, 3-6 жовтня 2009 р.) : тези доп. – Київ, 2009. – С. 7-14.

39. Лямзин А. А., Божко В. С. «Экологическая зона» – механизм обеспечения туристической привлекательности промышленных районов. *Университетская наука – 2010 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 18–20 мая 2010 г.) / ПГТУ. – Мариуполь, 2010. – Т. 3. – С. 182-183.

40. Лямзин А. А., Помазков М. В., Романенко О. А. Механизм оценки безопасности транспортных каркасов промышленных районов. *Безпека дорожнього руху : правові та організаційні аспекти : матеріали VII Міжнар. науково-практ. конф.* (Донецьк, 15–16 листоп. 2012 р.) . – Донецьк, 2012. – С. 219-222.

41. Хара М. В., Лямзин А. А. Моделирование режимов и условий работы автомобилей машиностроительного предприятия. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : матеріали VI міжнар.*

- науково-практ. конф. (Вінниця, 21–23 жовтня 2013 р.) / Вінницький нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2013. – С. 118-120.
42. Лямзин А. А., Николаенко И. В. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике. *Transport problems 2013: conference proceedings V International Scientific Conferens. II International Symposium of Young Researchers: conferens* (Katowice, 26–28 june 2013 y.) / Silesian University of Technology. – Katowice, 2013. – P. 369-375.
43. Лямзин А. А., Цумаева А. С., Украинский Е. А. Механизм оценки экологической безопасности пассажирских транспортных систем в ситилогистических условиях. *ELPIT-2013: сб. тр. IV Междунар. экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов»* (Тольятти, 18–22 сентября 2013 г.) / Тольяттинский гос. ун-т. – Тольятти, 2013. – С. 137-141.
44. Губенко В. К., Лямзин А. А. Архитектоника железнодорожных сетей в условиях ситирайона. *Университетская наука - 2014 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф.* (Мариуполь, 20–21 мая 2014 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2014. – Т. 2. – С. 188-189.
45. Лямзин А. А., Хара М. В. Механізм забезпечення екологічно-рівноважного стану транспортно-логістичного ланцюга в транзитному середовищі промислових районів. *Автобусобудування та пасажирські перевезення : тези доп. Всеукр. науково-практ. конф.* (Львів, 24–25 вересня 2015 р.) : до 50-річчя інституту Укравтобуспром/ВКЕІ Автобуспром. – Львів, 2015. – С. 69-71.
46. Лямзин А. О. Базові принципи механізму «City Logistics» в середовищі промислового району. *Міські і регіональні транспортні проблеми : матеріали міжнар. науково-практ. конф.* (Харків, 17–19 листопада 2015 р.) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова [та ін.]. – Харків, 2015. – С. 62.
47. Хара М. В., Лямзин А. А. Принципы взаимодействия надежности и экологичности промышленных вагонопотоков. *Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 76 Междунар. научно-*

практ. конф. (Днепропетровск, 14–15 мая 2016 г.). – Днепропетровск, 2016. – С. 117-119.

48. Лямзин А. А., Хара М. В. Моделирование интеллектуальной системы управления надежностью и экологичностью вагонопотоков в промышленных зонах. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами : матеріали VI Міжнар. науково-практ. Internet-конференції* (Київ, 22 листопада 2017 р.). – Київ, 2017. – С. 144-145.

49. Лямзин А. А., Украинский Е.А., Украинская Т.А. Механизм оценки транзитного потенциала узлов транспортной сети промышленного района. *Topical Problems of Modern Science: Proceedings of the II International Scientific and Pract. Conf.* (Warsaw, November 18, 2017 y.). – Warsaw, 2017. – Vol. 1. – P. 12-17.

50. Особливості руху муніципального міського транспорту [Електронний ресурс] / О. О. Тузенко, А. О. Лямзін, А. Ю. Хижняк, Г. Г. Трифонова // *Університетська наука - 2019: тези доп. Міжнар. науково-техн. конф.* (Маріуполь, 16–17 травня 2019 р.) / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2019. – Т. 2. – С. 184.

Свідоцтва та патенти:

51. Логистика отходов в мегаполисе / Губенко В. К., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 31716 від 21.01.2010 р.

52. Городская логистика / Губенко В. К., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 31717 від 11.12.2013 р.

53. Концепція транспортного кластера сітілогістики / Губенко В. К., Ніколаєнко І. В., Лямзін А. О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 52525 від 11.12.2013 р.

54. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике / Лямзін А. О., Ніколаєнко І. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 52526 від 11.12.2013 р.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

55. Волошин В. С., Лямзин А. А. О некоторых особенностях криптовалют и их роли в современном финансовом мире. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності: зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ»*. – Маріуполь, 2017. – Вип. 16. – С. 6-15.