

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЛЯМЗІН АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 656.11:502.42

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

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному вищому навчальному закладі «Приазовський державний технічний університет» Міністерства освіти і науки України, м. Маріуполь.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор

Губенко Володимир Костянтинович,

Державний вищий навчальний заклад
«Приазовський державний технічний університет»
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри «Технології міжнародних перевезень
і логістика», м. Маріуполь, Україна

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Прокудін Георгій Семенович,

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри «Міжнародні перевезення
та митний контроль», м. Київ, Україна

доктор технічних наук, професор

Чернецька-Білецька Наталія Борисівна,

Східноукраїнський Національний Університет
ім. Володимира Даля
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри «Логістичне управління та безпека
руху на транспорті»,
м. Сєвєродонецьк, Україна

доктор технічних наук, професор

Лобашов Олексій Олегович

Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри «Транспортні системи і логістика»,
м. Харків, Україна

Захист відбудеться «9» квітня 2021 р. о 10-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, зал засідань (ауд. 333).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розісланий «05» березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.Ю. Усиченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Забезпечення екологічної безпеки транспорту в умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон (СВДМПЗ) є складним завданням, яке вимагає свого вирішення. СВДМПЗ має унікальний у своєму роді мікроклімат. Він поширюється далеко за її межі, його можна порівняти з природними екстремальними місцями проживання: 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 раніш 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 середовищі, яке досліджується, виділяються 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 є просторовим базисом СВДМПЗ, розташовані у прибережних зонах – територіях активного відпочинку – рекреаційних зонах (наприклад м. Маріуполь).

Процес розвитку проблеми безпосередньо пов'язаний з транспортними технологіями (Т), транспортними потоками (Т), транспортно-логістичними ланцюгами (Т), який можна представити у вигляді діаграми Ішікави – системи: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі– стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків». Першими літерами складових визначеної автором проблеми, запропоновано присвоїти умовну назву системи, що аналізується – «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 не збалансованість 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 з 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, темами, планами. Дисертаційна робота виконувалася 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;

– «Імплементация парадигми сіті логістичних рішень ефективної транспортної мережі в умовах раціонального природокористування» 2013 р. № 0113U001330.

Окрім цього результати дисертаційної роботи автор, де він є відповідальним виконавцем, реалізує в 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 і задачі досліджень. Мета роботи полягає у 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.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначені такі основні завдання дослідження:

– розкрити сутність процесу забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків із позиції урбанізації середовища вулично-дорожньої мережі досліджуваних промислових зон (СВДМПЗ), та розробити базові основи методології їх управління, а саме: сформулювати основні терміни і поняття; визначити фазові і функціональні складові екологічної стійкості потоків, запропонувати критерії (індикатори) оцінки екологічної стабільності; розробити концепцію «Green lean logistic» логістики як механізму управління "екологічними" інвестиціями спрямованими на безпеку природних об'єктів системи ЗТ;

– для визначення факторної завантаженості та оцінки ступеня екологічної безпеки складових системи ЗТ сформулювати діаграму Ішікави. На базових принципах екологічного дімєнсіону, спрямованих на визначення коефіцієнта конкордації Кендела, а також на умовах статичного потенціалу «архітектури» вулично-дорожньої мережі промислових зон на прикладі м. Маріуполя розробити 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;

– провести дослідження особливостей експлуатації рухомого складу в умовах СВДМПЗ, що дозволило б 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, а саме окклюзивності, розробити механізм оцінки параметрів транспортних потоків;
- за результатами синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж розробити модель оцінки рівня екологічного стану транспортної системи в умовах СВДМПЗ та надати графічне представлення цієї моделі. Запропонувати модель, яка б дозволила сформулювати чіткі екологічні орієнтири для формування класифікатору прикладних логістичних рішень в умовах урбанізації промислових зон;
- розробити метод оцінки потенціалу екологічного каркасу в умовах існуючих особливостей «архітектури» вулично-дорожньої мережі середовища промислових зон з подальшою розробкою механізму визначення величини дефіциту витрат на забезпечення безпеки одиниці соціуму в умовах установлених 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 розташування відносно до техногенної складової середовища. Саме тому необхідно розробити модель ЕБП, яка 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 тощо.

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 досягнення основного 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 кластеру «брудного ресурсу». Даний механізм необхідно формувати з урахуванням системних позицій та наявності надлишкової інформаційності в середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон. Критерієм ефективності реалізації даного механізму є оцінка дефіциту потенціалу одиниці соціуму в умовах екологічного каркаса даного середовища, оскільки дозволяє визначати дефіцит коштів, необхідних на підтримку здоров'я не тільки в результаті надзвичайного стану, але і може бути використані

для оцінки наслідків «штатного» впливу архітектури екологічного каркаса середовища на життя і діяльність фізичної особи.

Об'єкт дослідження – 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.

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

Методи дослідження – методи теорії транспортних процесів і систем, окремі методики та положення системного аналізу та моделювання складних систем, 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 СВДМПЗ, механізм SWOT аналізу для отримання експертної оцінки функціональності складових системи 3Т.

Наукова новизна отриманих результатів. Основний науковий результат дисертаційного дослідження полягає в розробленні науково-методологічних основ управління екологічною безпекою транспортних потоків у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Елементами наукової новизни є:

уперше:

- розроблена концепція «*Green Learn Logistic*», яка заснована на формуванні «*Soft Skills*» кортежу управління транспортними потоками за системними принципами: адаптивності, гнучкості, самонавчання. На відміну від розробленої, існуюча концепція «*Green Logistic*» має функціональні обмеження її складових, що обумовлено невизначеністю природи кризи та ризиків розвитку СВДМПЗ, а саме: відсутністю механізму синтезу екологічної та соціально-економічної сторони на всіх стадіях планування, проектування та регулювання транспортними потоками в означеному середовищі; відсутністю можливості «самонавчання» складових існуючих транспортно-логістичних 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 СВДМПЗ;

- розроблено механізм прогнозування оцінки екологічної безпеки транспортних потоків, що формуються кластерами з характерною для них природою окклюзивності. Відмінністю від існуючих механізмів є той факт, що його базис 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, що дорівнює одиниці;

- розроблено метод визначення потенціалу екологічного каркаса (ЕК)

СВДМПЗ заснований на припущенні того, що мобільність складових транспортних кластерів в умовах СВДМПЗ 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. В теперішній час 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 цілому 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 в сфері надання транспортних послуг з урахуванням інтересів підприємств, транспорту і населення міста, з подальшим перерозподілом транспортних потоків в 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 з позиції того факту, що транспортний процес є об'єктом власності в сфері господарської діяльності та має свій економічний вплив на СВДМПЗ;

– модель екологічної безпеки транспортних процесів СВДМПЗ у вигляді двошарового персептрону, що може бути застосовано 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.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій підтверджено: використанням концепції «*Green Learn Logistic*», яка заснована на формуванні «*Soft Skills*» кортежу управління транспортними потоками за системними принципами адаптивності, гнучкості, самонавчання; логічністю вибору методів та методик дослідження, коректним використанням сучасних програмних комплексів; відповідним обсягом експериментальних досліджень і повторних вимірювань у дослідах, які задовольняють заданій точності та надійності; задовільним рівнем збіжності результатів теоретичних і експериментальних досліджень; результатами натурного моделювання інтенсивності транспортних потоків у СВДМПЗ; результатами натурного

спостереження стану ЕК СВДМПЗ у м. Маріуполь.

Практичне значення отриманих результатів. 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 підписав заступник міського голови м. Маріуполя.

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 роботі наукові результати, отримані автором особисто, в тому числі розроблено, досліджено та практично апробовано метод оцінки потенціалу статичної архітектури транспортних маршрутів в середовищі промислових зон. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів, викладених у даній дисертаційній роботі, полягає в тому, що: проведено аналіз оцінки рівня сталого розвитку середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон (на прикладі м. Маріуполь) з використанням еколого-функціонального зонування середовища та застосування графоаналітичного методу [17, 35, 46]; розроблено механізм адаптивного управління ресурсом рухомого складу як фізичного об'єкту з заданим рівнем технічної надійності, який є складовою транспортного кластера в просторо-часовому просторі, та характеризується своєю «окклюзивністю» і не тільки забруднює досліджуване середовище, але й є споживачем його природного ресурсу [2, 7, 12, 18-22, 28, 30, 41, 42, 48-50]; 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 [9, 26, 44, 47, 53]; розроблено метод визначення потенціалу екологічного каркасу 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 каркасу, 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 [4, 13, 15, 27, 38, 43, 51]; розроблено модель впливу урбанізації на функціональність екологічного каркасу на базі механізму «екологічний діменсион», який дозволив сформулювати 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 [1, 5, 6, 8, 11, 14, 16, 23-25, 31-34, 37, 55]; на основі синтезу загальних принципів теорії нечітких множин та нейронних мереж розроблено модель оцінки рівня екологічного стану транспортної системи в умовах досліджуваного середовища. 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, що характеризується окклюдівністю. 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 в сфері перевезень з урахуванням інтересів підприємств, транспорту і населення міста, з подальшим перерозподілом транспортних потоків у тимчасовому і географічному просторі промислових зон [10, 29, 36, 54]. Вдосконалена модель визначення кількісної характеристики оцінки дефіциту потенціалу одиниці соціуму в умовах екологічного каркасу є універсальною, оскільки дозволяє визначати дефіцит коштів необхідних на підтримку здоров'я не тільки в результаті надзвичайної ситуації, але і може використовуватися для оцінки наслідків «штатного» впливу архітектури екологічного каркасу середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон на життя і діяльність фізичної особи [3, 39, 40, 45, 52].

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення та практичні результати дисертаційних досліджень доповідались, обговорювались й отримали позитивну оцінку на науково-практичних та науково-технічних міжнародних, республіканських і вузівських конференціях та семінарах, серед яких: Conference proceedings. I International Scientific Conferens: Transport problems, June 2009 roku, Katowice, Польща; Университетская наука: Международная научно-техническая конференция, Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, , травень 2010 – 2014 года; ELPIT-2013: IV Международный экологический конгресс, 18-22 сентября 2013, Тольятти, Россия; Conference proceedings. V International Scientific Conferens. II International Symposium of Young Researchers: «Conferens transport problems 2013», 26–28 June 2013 roku, Katowice, Польща; Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: Всеукраїнська науково-практична конференція, Національний університет «Львівська політехніка», 24-25 вересня 2015 року, Львів; Proceedings of the II International Scientific and Practical conference topical Problems of Science, 18 November 2017 roku, Warszawa, Польща.

Публікації. У процесі виконання дисертаційної роботи теоретичні та практичні положення опубліковано в 55 наукових працях, із них: 2 монографії; 5 статей у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних науко-метричних баз; 28 статей опубліковано у фахових виданнях

України; 15 праць апробаційного характеру та 4 свідоцтва на науковий твір та 1 праця, яка опублікована додатково та відображає наукові результати дисертації.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів і загальних висновків. Робота містить 372 сторінки основного тексту, на яких 85 рисунка, 29 таблиць і 171 формула, список використаних джерел із 206 найменувань (57 – іноземними мовами), а також 5 додатків на 34 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, її зв'язок з науковими програмами, запропонована наукова ідея та гіпотези, сформульовані мета та задачі дослідження, наукова новизна та практичне значення результатів. Також у вступі розкритий особистий внесок автора, апробація результатів, публікації, структура та загальний обсяг дисертаційної роботи.

У першому розділі на основі літературного огляду здійснено аналіз закономірностей взаємного впливу транспортних потоків і зовнішнього СВДМПЗ, який дозволяє охарактеризувати потоки як систему з наявністю трьох взаємопов'язаних базових елементів. В якості цих елементів виступають складні, ієрархічно організовані підсистеми: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі (1Т) – стабільність транспортних потоків (2Т) – екологічна безпека транспортних потоків (3Т)», кожна з них вносить особистий вклад у рівень функціональності всієї системи в цілому, має міцні внутрішні зв'язки та володіє, характерною тільки для неї структурою і організацією.

Розглянуто та проаналізовано роботи з вивчення промислових зон та особливостей формування їхньої економічної ефективності. Значний внесок у розв'язання проблеми забезпечення екологічної безпеки транспорту в умовах СВДМПЗ, внесли такі вчені: В.І. Захарченко, І.В. Русанова, С.П. Цигичко, Й. Радеке, Р. Кірхнер, Д.А. Науменко, О.В. Гладкий, Г.П. Петришин, С.В. Ганець, Ю.В. Лубенченко, І.В. Ніколаєнко, В.В. Владимиров, Е.Н. Сохина, З.Г. Мирзеханова, Т.Г. Рунова, А.А. Чибилов, Г.В. Сдасюк, А.А. Тишков, П. Кавалаяускас, А.В. Елизаров, М.В. Хара, В.К. Губенко, М.В. Помазков, С.А. Тархов, Е. Cascetta, J.P. Rodrigue, С. Comtois, В. Slack, J.P. Rodrigue, В. Slack, E.J. Taaffe, H.L. Gauthier, M.E. O'Kelly, О.В. Степанчук, Л.О. Коваленко, М.А. Дромашко, В.Д. Данчук, О.О. Бакуліч, Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, Д.Л. Пляцук та інші дослідники.

Питанням, які пов'язані з теоретичними дослідженнями механізмів впливу транспортних потоків на екологічну безпеку, присвячено роботи таких науковців як В.Ф. Бабков, О.І. Жегалін, П.Д. Лупачев, Л.Л. Афанасьєв, І.Л. Варшавський, А.Б. Дяков, В.А. Звонов, В.Н. Луканін, Ю.В. Трофименко, Я.Е. Богайчук, Д. Сімпсон, В.В. Зирянов, В.Г. Кочерга, Д.Е. Джонсон, А. Обермайер, Р. Фридрих, Ю.В. Медовщиков, О.О. Крузе, С.П., С. Райс, Н. Айсфельдт, Х. Шварц та інші.

Слід також зазначити роботи В.К. Долі, В.П. Поліщука, Г.С. Прокудіна, В.О. Хрутьби, Д.В. Гулевець, В.М. Гавриленко, О.В. Кохан, Я.І. Мовчан та О.І. Голіцина в питаннях розробки системного рішення, щодо забезпечення ефективності організації дорожнього руху та необхідності урахування мінімізації рівня його впливу на екологічне середовище.

Аналізу антропогенного навантаження на складові екосистеми присвячені праці східноєвропейських вчених О.Н. Голіцина, Е.А. Сафронова, А.Г. Говоруна,

Ю.Ф. Гутаревича, Д.В. Зеркалова, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвської, О.В. Бойко, А.Е. Кондратьєва, Г.Я. Мозолевич та праці західноєвропейських вчених Р. Вукан, А. Вукіча, В. Allenby, D. Richards, R. Ayres, L. Ayres, Ю.Н. Ризаєва та інших.

Аналіз робіт, присвяченим експериментальним дослідженням свідчить, що до теперішнього часу залишається відкритим питання необхідності розробки механізму забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків з 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.

Таким чином, проведений літературний огляд свідчить про існування науково практичної проблеми, вирішення якої потребує створення науково-методологічних основ управління екологічною безпекою транспортних потоків у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон.

У другому розділі наведено логістичну концепцію і механізм забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ в сучасних економічних умовах середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, а саме: *сформульовано* теоретичні основи забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ; *описано* концепцію «Green lean logistic» як механізму забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ; *проведено* моделювання управління екологічною безпекою складових системи ЗТ в умовах сталої динаміки урбанізації СВДМПЗ; *розроблено* моделі і механізм управління екологічною безпекою СВДМПЗ, а також метод «SMART LOCUS CONTROL» екологічної безпеки складових системи ЗТ у СВДМПЗ; *проведено* практичну оцінку ефективності логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ.

Оцінка стану складових системи ЗТ передбачає облік не просторової, а функціональної розбивки секторів системи. Систематизація результатів аналізу досліджень вітчизняних і зарубіжних науковців і практиків дала можливість здійснити загальну умовну оцінку функціональних складових системи ЗТ, які представлені на рис. 1. Базисом виявлення ступеня функціональності складових системи ЗТ є механізм SWOT-аналізу або експертна оцінка (е.о.).

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'єкту із середньою експертною оцінкою, а саме: – група загрози: високе стратегічне планування діяльності і його розвиток (12,8 е.о.); істотна залежність фінансового стану від об'ємів замовлень декількох видатних споживачів (9,6 е.о.); слабка правова база, що регламентує екологічну безпеку діяльності об'єкту (6,6 е.о.); впровадження зарубіжних інноваційних рішень в діяльність об'єкту (11,8 е.о.); інтенсивне оновлення існуючих механізмів екологічного захисту (2,8 е.о.); 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 сіті логістики (5,6 е.о.); вдосконалення якості транспортних послуг (10 е.о.); створення спеціалізованого центру управління процесом забезпечення екологічної стійкості об'єкту (10 е.о.).

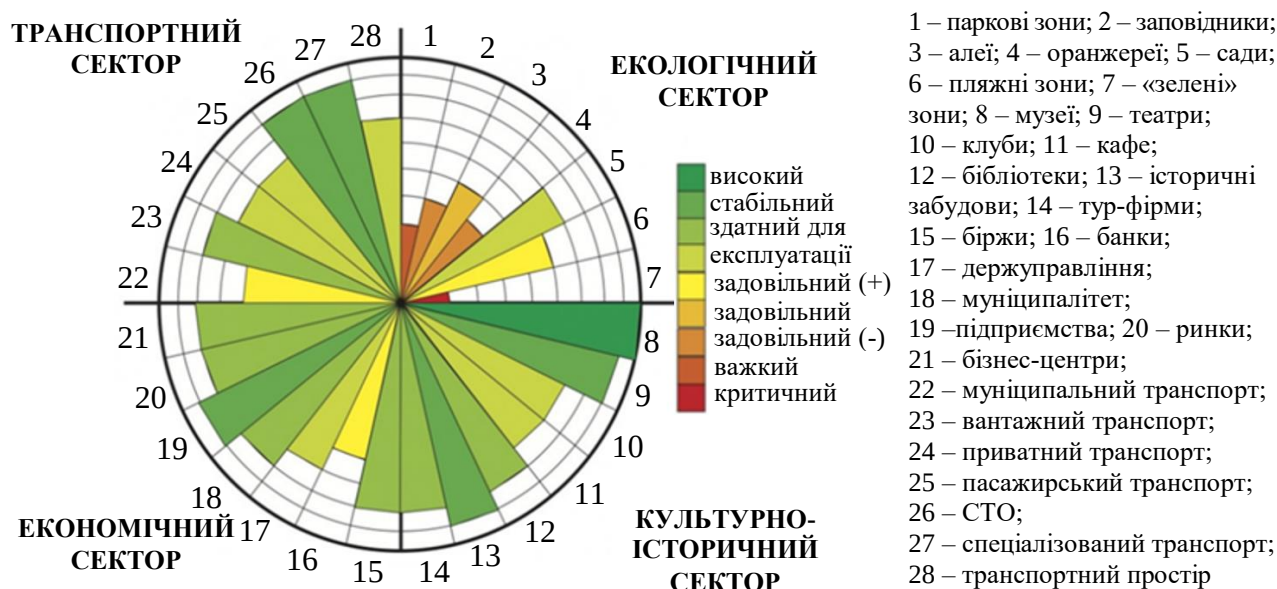


Рисунок 1 – Функціональні складові системи ЗТ

Функціональність цих складових забезпечує архітектура вулично-дорожньої мережі. Схема багатофункціональності системи ЗТ наведена на рис. 2.

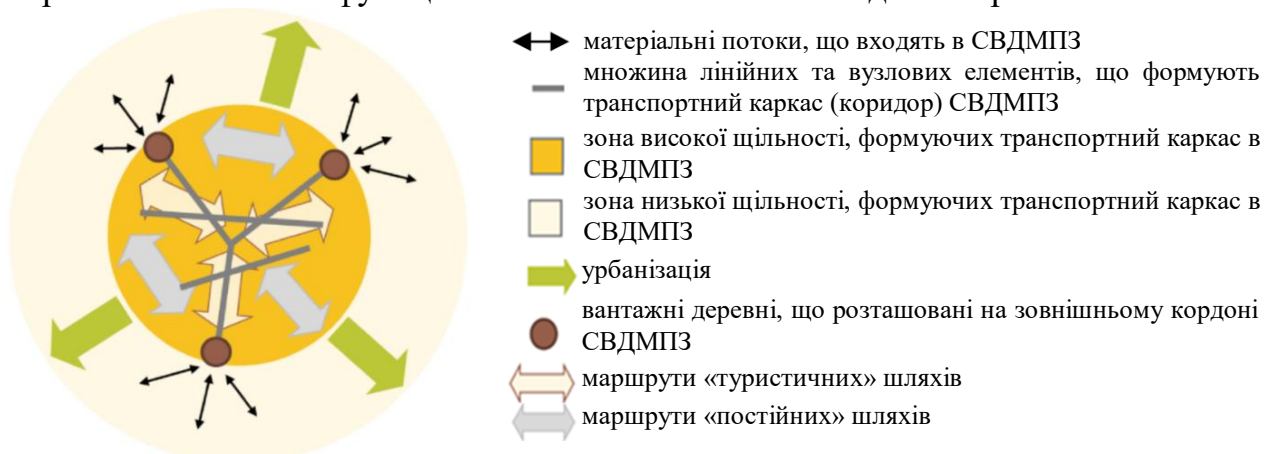


Рисунок 2 – Схема багатофункціональності системи ЗТ СВДМПЗ

Система ЗТ відноситься до багатофункціональних систем, складові якої в залежності від умов можуть виконувати різні функції, або кілька функцій одночасно. Система ЗТ представлена у вигляді діаграми побудованої за базовими принципами Ішікави: «потенціал архітектури вулично-дорожньої мережі – стабільність транспортних потоків – екологічна безпека транспортних потоків», її стійкість зумовлена рівнем взаємодії її складових з 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 1. 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.

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

1. *Стабільна стійкість* є станом, що характеризується наявністю умов для відновлення його попереднього стану, що змінений зовнішніми факторами, які вплинули на стан транспортного каркасу та маршрути транспортних потоків, наприклад, природними катаклізмами.

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

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.

Для оцінки стійкості як показника, що визначає ступінь безпеки складових системи ЗТ в цілому, пропонується використовувати механізм оцінки індикаторів безпекової стійкості системи *STI (sustainable transportation indicators)*, що включає 9 показників, які складають 3 індикаторні групи – екологічні, економічні й соціальні показники. Для кожної групи розглядають масу вагових коефіцієнтів окремо, яка дорівнює одиниці, але СВДМПЗ є складною системою, в котрій необхідно щоб всі ці вагові коефіцієнти в групах у своїй сукупності давали суму, що дорівнює одиниці. Тому пропонується: вага коефіцієнтів по кожній групі повинна відповідати умові: менша або дорівнює одиниці.

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

а) *індикатор впливу транспортних потоків на довкілля I_{TE}* показує ступінь використання і споживання транспортом земельних площ міста, які використовують для транспортних комунікацій і зон захисту («зелені зони», смуги захисту).

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

$$I_{TE} = (-\alpha_1 Z_{11} - \alpha_2 Z_{12} - \alpha_3 Z_{13}) / (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3), \quad (2)$$

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 забруднюють повітря на душу населення.

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

б) індикатор економічної ефективності архітектури ЕК вулично-дорожньої мережі I_{TEC} показує ступень використання економічних показників, якими є бюджет органів місцевого самоврядування для транспортного сектору, вартість транспортних послуг на душу населення.

$$\text{Econometrical composite index and } \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 \leq 1. \quad (3)$$

$$I_{TEC} = (-\alpha_4 Z_{21} - \alpha_5 Z_{22} - \alpha_6 Z_{23}) / (\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6), \quad (4)$$

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.

Соціальна індикаторна група (I_{TS}) є механізмом, який направлено 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.

в) Індикатор соціальної ефективності ЕК I_{TS} показує ступень забезпечення соціальних показників, до яких відносяться смертність від транспортних подій у відношенні до 1 млн чоловік та доступність і різноманітність транспортних послуг в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ.

$$\text{Social composite index and } \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9 \leq 1. \quad (5)$$

$$I_{TS} = (-\alpha_7 Z_{31} - \alpha_8 Z_{32} - \alpha_9 Z_{33}) / (\alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9), \quad (6)$$

де $\alpha_7, \alpha_8, \alpha_9$ – вагові коефіцієнти; Z_{31} – коефіцієнт жертв у ДТП в абсолютному вираженні; Z_{32} – коефіцієнт відношення протяжності транспортних шляхів до площі промислової зони; Z_{33} – коефіцієнт отриманого прибутку від наданих транспортних послуг в межах промислової зони, грн.

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

$$Z_I = (1 - \text{Avg}(I)) / \text{Stdev}(I). \quad (7)$$

Це один з підходів теорії багатокритеріальної оптимізації та прийняття рішень, вагомість об'єктів вважаємо однаковою. Кількісна оцінка індикаторів безпекової стійкості складових системи STI у СВДМПЗ для окремих міст наведена у табл. 1.

Таблиця 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)	13 / – 14	-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} не можливо через відсутності інформації про обсяг енергетичних ресурсів (кисень), спожитого 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 перебуває 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 перебуває 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, представлену безліччю частин, взаємопов'язаних відносинами в процесі діяльності на основі правил, норм, що визначають послідовність їх операцій в СВДМПЗ.

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. Структурні і функціональні властивості системи 3Т взагалі тісно пов'язані між собою і екосистемою. Тому в основі екологічної парадигми логістики лежить концепція системності.

Отже, науковим базисом екологічного функціоналу СВДМПЗ є "*Green logistics*". 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.

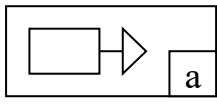
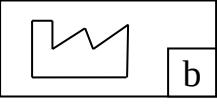
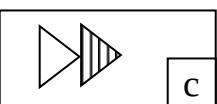
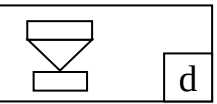
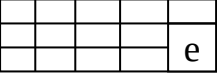
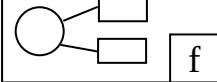
У цьому випадку управління екологічною безпекою складових системи 3Т з позиції основ макрологістики (*Macro Green logistic, MGL*) можна представити у вигляді:

$$MGL: = EMAS \in (PEN \cup TN \cup MF \cup TCTC), \quad (8)$$

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*).

Якісна і кількісна оцінка характеру впливу матеріального потоку і об'єктів, що є складовими системи 3Т СВДМПЗ, на її екологічну безпеку в цілому, дозволяє виділити модулі впливу на екологічну безпеку її складових (табл. 2).

Таблиця 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 зон 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'єднання 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

Аналіз модулів (табл. 3) дозволяє пропонувати як превентивні, так і корпоративні заходи зниження або виключення шкідливих впливів модулів, приводячи рішення в зону "зеленого" системного управління безпековим станом системи 3Т.

Таблиця 3 – 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))
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 в «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 єдиному правовому полю	$\langle b, a, c_i, c_j, a, k \rangle$

Таким чином, концепція «*Green lean logistic*» як механізм управління екологічної стійкості складових системи 3Т передбачає забезпечення безпеки руху матеріальних потоків від первинного джерела до кінцевого споживача за умови забезпечення екологічної безпеки складових діаграми «Ішікави» системи 3Т в умовах СВДМПЗ.

Для формалізації управління безпекою складових системи 3Т будемо описувати функцією $Y = f(x)$ в діапазоні $X_n - X_k$ (початковий і критичний стан), характер якої залежить від топології СВДМПЗ. Y є вихідним сигналом (аксоном) оцінки стійкості складової системи 3Т (наприклад: транспортного потоку) в досліджуваному середовищі, $X_1 \dots X_n$ – вхідний сигнал (синапс) / лінгвістична змінна, який надходить у складову цієї системи (наприклад, архітектура екологічного каркасу), реакція якої оцінюється показниками функціональності нейронів у синапси.

З огляду на наявність у системи 3Т нейроно-біонічних ознак, модель її екологічної безпеки доцільно відображати двошаровим персептроном (рис. 3).

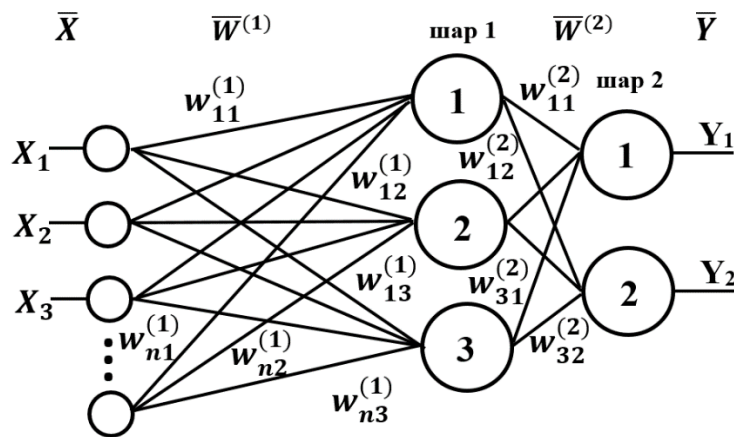


Рисунок 3 – Графічна модель екологічної безпеки системи 3Т у вигляді двошарового персептрону

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

Розроблена модель дозволяє якісно описати екологічну безпеку системи 3Т у СВДМПЗ. Змінними цієї системи є: x – обсяги вантажно- і пасажиро-перевезень в умовах СВДМПЗ; y – сумарні втрати часу на забезпечення реалізації циклів життєдіяльності складових системи 3Т; 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 3Т СВДМПЗ обумовлено високою динамікою обсягу перевезень і їх реверсом. Цей фактор будемо вважати пропорційним величині z (коефіцієнт k_1), 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 транспортної роботи через

бажання перевізників їх оптимізувати. Припустимо, що даний фактор враховується постійним від'ємним коефіцієнтом k_3 . Останнім фактором, який впливає на величину x , будемо рахувати скорочення транспортної роботи в результаті росту затримок часу y (коефіцієнт k_2). Тоді рівняння для x буде мати вигляд:

$$\frac{dx}{dt} = \tilde{k}_1 z - \tilde{k}_2 y - \tilde{k}_3, \quad (9)$$

В кінцевому підсумку отримаємо систему рівнянь, яка враховує взаємозв'язок всіх трьох змінних x , y і z :

$$\begin{cases} \dot{x} = k_1 z - k_2 y - k_3, \\ \dot{y} = k_4 x - k_5 z, \\ \dot{z} = k_6 x - k_7 y + k_8 y^2 + k_9 xy + k_{10} z^2 - k_{11} xz \end{cases}, \quad (10)$$

де $k_1 - k_{11}$ коефіцієнти пропорційності коливанням змінних x , y і z .

Проведемо дослідження залежності змінних моделі у часовому просторі, пов'язаному з економічним станом середовища. На графіку (рис. 4) можна виділити три економічні області – «криза», «зростання», «депресія».

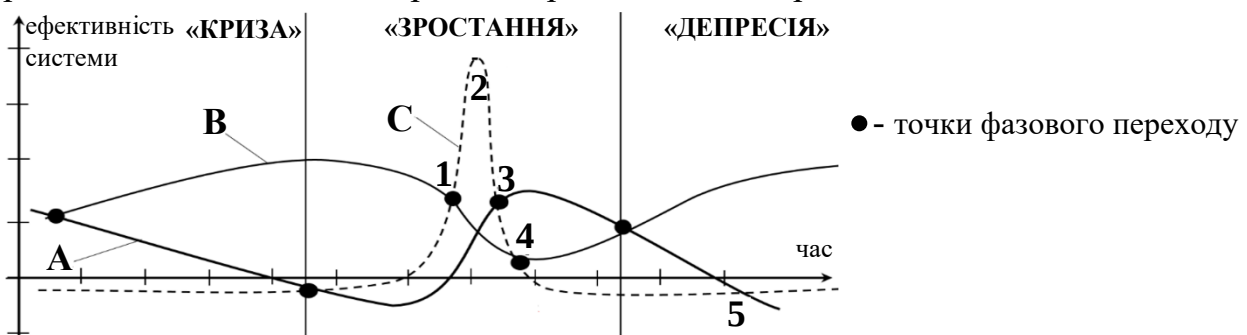


Рисунок 4 – Поведінкова характеристика змінних системи рівнянь (10) у часовому просторі

В кожній області наявні криві індикаторних процесів, А – динаміка транспортних процесів; В – сумарні втрати часу в транспортних процесах; С – інвестиції на забезпечення екологічної безпеки. Точки фазового переходу в економічних циклах визначають межі урбанізаційних процесів архітектурної складової екологічного каркаса, як єдине обмеження, обумовлене фізичними і тимчасовими розмірами життєвого простору соціуму, що населяє промислові зони, та особливостями структури транспортних потоків (транспортних кластерів) і їх динамікою.

Найбільш цікавою для дослідження є економічна область «зростання». В цій області виділяємо етапи розвитку системи: «1-2» – екологічна безпека; «2-3» – розвиток колапсу; «3-4» – етап стагнації; «4-5» – етап гармонізації.

Для контролю за точкою переходу екологічного навантаження за межу регенераційних можливостей природної системи рекомендується метод *SMART LOCUS CONTROL (SLC)*. Його базовою складовою є ефективна технологія постановки і формулювання цілей SMART (розумний). Поняття локус-контролю (Locus Control) (лат. Locus – місце, місце розташування і франц. Controle – перевірка) означає якість, яка характеризує схильність людини вважати, що відповідальність за результати своєї діяльності несуть або зовнішні сили (екстернальність, зовнішній локус-контроль), або власні здібності і зусилля

(інтернальність, внутрішній локус-контроль).

Особливості методу *SLC* дозволяють органічно застосовувати його в системі забезпечення екологічної безпеки модулів системи 3Т. Метод дає змогу забезпечити управління екологічною безпекою системи. Для вирішення завдання запропонована так звана цільова функція «3Т» та вказані її обмеження:

$$F(G/R) = \alpha_U \sum_{j=1}^l x_j \lambda\{Z_j^v\} + \alpha_C \sum_{j=1}^K y_j \lambda / \sum_{j=1}^M \lambda\{L_i \in T_j\} \sum_{i=1}^n d^{j_{il}} \cdot \lambda\{Z_{il}^T\} \rightarrow \max \quad (11)$$

при $G/R \in \Omega(P, S, L, A)$

де G/R – рівень екологічної безпеки складових системи 3Т; α_U, α_C – вагові коефіцієнти пріоритетності цілей певного блоку модулів у системі 3Т; x_j, y_j – пріоритетність вимог (обмежень), висунутих модулям системи 3Т 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 котрих 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 в логістичному ланцюгу; Ω – область обмежень; P, S, L, A – потенціал модулів, рівень екологічної безпеки та потенціал лінійних та вузлових елементів, як складових екологічного каркасу СВДМПЗ.

Визначення 2. Здатність відновлення екологічного стану СВДМПЗ називається *асиміляційним потенціалом (АП) територіальних утворень*, які включають у себе земельні ділянки, що є природним ресурсом і вилучається 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 3Т, до рівня, при якому ці впливи не здійснюють шкідливий вплив на рівень життя суб'єктів у досліджуваному середовищі. 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. 5).

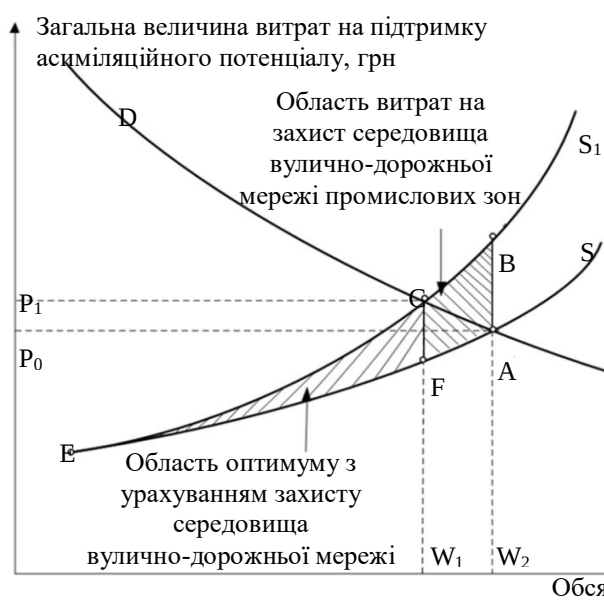


Рисунок 5 – Залежність витрат на підтримку асиміляційного потенціалу довкілля ($P_{АП}$) від кількості викидів забруднюючих речовин (W)

По мірі збільшення шкідливих викидів від діяльності транспортної системи (крива 2) АП зменшується, а соціальний збиток у СВДМПЗ (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. У точці встановлюється рівновага між граничними природоохоронними витратами і граничним соціальним збитком від забруднення. Чітко виділяється область 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 ($W_{оп}$), 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 можливість знешкодження викидів шкідливих речовин.

На відрізку $0 - W_0$ шкода для довкілля не спостерігається, так як величина впливу не перевищує АП СВДМПЗ (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).

Збиток від забруднення досліджуваного середовища – це грошова оцінка негативних змін основних властивостей середовища під впливом забруднень транспортними системами, від погіршення здоров'я людини до зниження ефективності систем, обслуговуючих 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 в досліджуваному середовищі, приведено на рис. 6.



Пояснення: Введення залежності S_1 (граничні екологічно-соціальні витрати) співвідношення між D (попит) і S (пропозиція) з області 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.

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

Рисунок 6 – Економічний оптимум ефективності системи ЗТ з урахуванням витрат на захист довкілля СВДМПЗ

Для оцінки ефективності логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ необхідне групування показників, що визначають екологічну безпеку складових системи ЗТ і визначають розвиток їх ранжування (ранг показника вказано в круглих дужках):

економічна група: r_1 – обсяг продукції, яку 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); r_{14} – питома вага прибуткових організацій, що забезпечують життєдіяльність СВДМПЗ (22); r_{15} – сума укладених договорів лізингу для транспортних підприємств (9); r_{16} – сума екологічних штрафів від діяльності промислових підприємств (7); r_{17} – сума екологічних штрафів від діяльності муніципальних підприємств (8);

соціальна група: r_{18} – заробітна плата працівників підприємств муніципального транспорту (25); r_{19} – заробітна плата працівників підприємств промислового транспорту (23); r_{20} – відсоток ДТП промислового транспорту від загального обсягу ДТП в умовах СВДМПЗ (24); r_{21} – обсяг фінансових затрат на усунення результатів ДТП в умовах СВДМПЗ (21); r_{22} – відсоток площ, що займають рекреаційні території від загальної площі СВДМПЗ (18);

екологічна група: r_{23} – відсоток площ, що займають транспортні території від загальної площі СВДМПЗ (19); r_{24} – відсоток площ, що займають промислові підприємства від загальної площі СВДМПЗ (20); r_{25} – відсоток транспорту строк експлуатації якого вище від паспортних установлених норм (10); r_{26} – витрати на екологічні заходи, що спрямовані на забезпечення екологічної безпеки СВДМПЗ (26).

Базовим етапом роботи з експертами, що визначають ефективність логістичної концепції забезпечення екологічної безпеки системи ЗТ, є характеристика консистентності їх оцінок. Ця консистентність визначається за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла (W):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}n^2(m^3 - m) - n \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (12)$$

$$S = \sum_{g=1}^m \left(\sum_{i=1}^n C_{gi} - \frac{\sum_{g=1}^m \sum_{i=1}^n C_{gi}}{m} \right)^2, \quad (13)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{d=1}^D (R_d^3 - R_d), \quad (14)$$

де n – кількість факторів; m – кількість експертів; C_{gi} – 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:

$$\chi^2 = Wn(m-1), \quad (15)$$

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: $W = 0,53$; $\rightarrow \chi^2_{разр} = 198,7 > \chi^2_{табл} = 37,7$.

Таким чином, 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 даної 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 згідно з нормативом 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 (рис. 7).

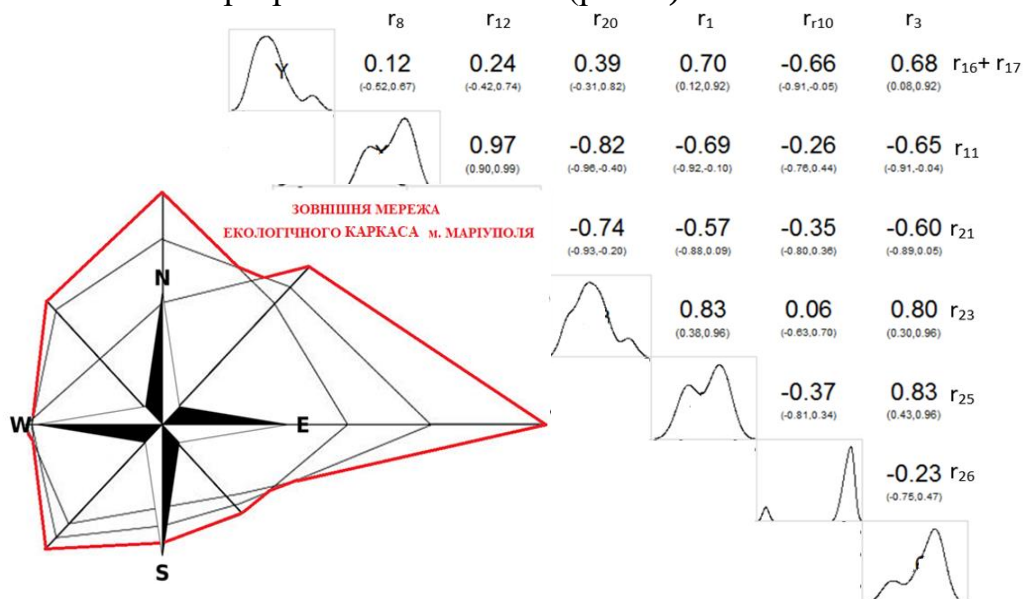


Рисунок 7 – Матрично-еволюційний підхід визначення показників, що характеризує стан системи ЗТ в рамках концепції забезпечення екологічної безпеки складових системи ЗТ (на прикладі міста Маріуполь)

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 Маріуполя.

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. 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:

$$y = -199,74 + 0,381 \cdot r_8 + 0,12 \cdot r_9 + 0,597 \cdot r_{10} + 0,801 \cdot r_{11} + 0,712 \cdot r_{12} - 0,567 \cdot r_{13} - 0,356 \cdot r_{14} \\ (R^2 = 0,97).$$

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

$$y = 318,82 - 0,52 \cdot r_{26} \quad (R^2 = -0,23).$$

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

У третьому розділі розроблені механізми визначення впливу екологічної складової транспортного потоку та прогнозування впливу окклюзивності транспортних кластерів на СВДМПЗ.

Для спрощення досліджень транспортного потоку у СВДМПЗ пропонується розбити його на кластерні складові. Базовою складовою кластера є транспортний засіб, який можливе представити фізичною часткою – фридмоном, який характеризується безкінечно малою вагою відносно потоку, але може мати безкінечно великий вплив на досліджуване середовище.

Визначення 3. Під транспортним кластером визначено "унікальне" структурне утворення, що сформоване групою транспортних одиниць, яке має свої просторові контури та обмежено архітектурними конструкціями ЕК СВДМПЗ.

Транспортний кластер є базовою структурою транспортного потоку в межах екологічного каркасу СВДМПЗ. Транспортні потоки промислових зон складаються з великої кількості транспортних кластерів з 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 та 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 свою ступінь впливу на довкілля (рис. 8).

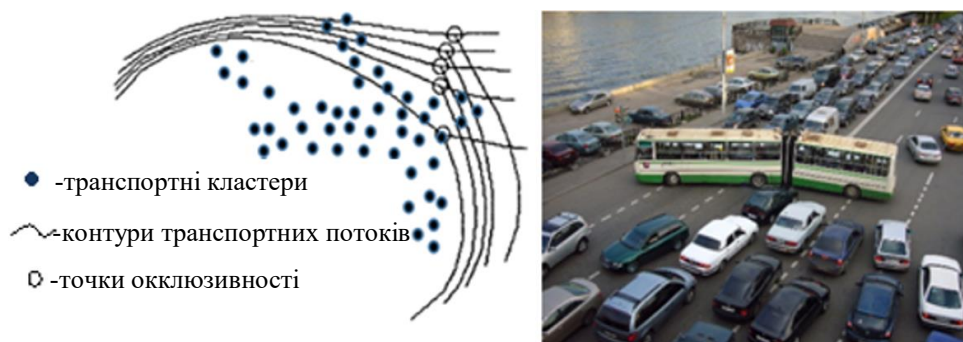


Рисунок 8 – Географічні контури транспортних кластерів

При проведенні натурних досліджень транспортних потоків в СВДМПЗ, окрім визначення обсягу руху на лінійних і вузлових елементах, враховані структурні особливості досліджуваного транспортного потоку, що характеризується шістьма категоріями (табл. 4).

Таблиця 4 – 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

Рекреаційний транспорт має в 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. 4). Кластерний склад транспортних потоків для ранкового і вечірнього часу мають несуттєві відмінності, але слід зазначити, що у вечірній час кількість вантажного і великовантажного транспорту у кластерах у межах екологічного каркаса СВДМПЗ, стає більше на 50% відсотків від середньодобового показника.

Для отримання оцінки екологічної безпеки уніфікованого транспортного засобу як споживача «брудного ресурсу» СВДМПЗ перетворимо базову формулу розрахунку споживання умовного ресурсу для уніфікованого транспортного засобу:

$$V_{\text{спож.рес.}} = V \cdot \frac{K_{\text{євро 5}}}{\sqrt{K_{\text{еколог.небезпеч.}}}} \cdot \frac{S_{\text{т.с.}}}{S_{\text{с.г.}}} \cdot \frac{m}{M} \cdot \frac{n_{\text{фактич}}}{n_{\text{норм}}}, \quad (16)$$

де V – обсяг двигуна уніфікованого транспортного засобу, см^3); $K_{\text{євро 5}}$ – 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.; $S_{\text{т.с.}}$ – площа перетину, яку займає рухомий склад, м^2 ; $S_{\text{с.г.}}$ – габарити наближення будівель для рухомого 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 графіку рис. 9, що визначають умови експлуатації рухомого складу в СВДМПЗ, показало наступне: 80% рухомого складу (табл. 5) працює в режимі холостого ходу по за межами штатного режиму роботи двигуна, а саме обертаючий момент дорівнює 850 хв/об., що обумовлює зростання шкідливих викидів в атмосферу, та в ґрунт.

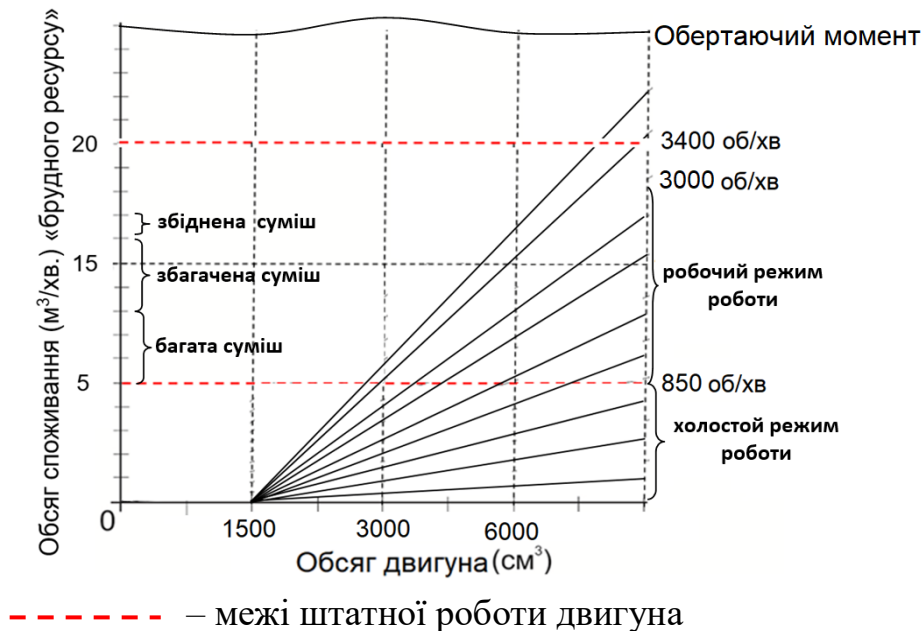


Рисунок 9 – Залежність обсягу споживання «брудного ресурсу» від характеристик експлуатації двигуна рухомого складу в умовах СВДМПЗ

Таблиця 5 – 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 може бути визначена з наступної формули:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \cdot x_i) \cdot H \cdot B}{N \cdot V} \cdot \Phi[\theta(A_j)] \quad (17)$$

де w_i – коефіцієнт ізоефективності, згідно з існуючим класом безпеки речовини до якого вона належить; x_i – загальна довжина кластера, що є «носієм» i -ої речовини, м; згідно з ISO 612-1978: B – ширина рухомого складу дорівнює 2,6 м, а H – висота рухомого 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 критерію A – фактичної середньодобової концентрації i -ої речовини, мг/м³.

Для кількісної оцінки впливу на екологічну стійкість транспортних потоків в умовах СВДМПЗ скористаємося поняттям дименсіону екологічної логістики (англ. Dimension of environmental logistics (DEL)).

Визначення 4. Дименсіон складових системи ЗТ (DEL) є інструментом визначення їх екологічного потенціалу в умовах СВДМПЗ, який дозволяє класифікувати логістичні показники за ознаками витрат матеріалу, ресурсів та енергії в часі під впливом забруднювачів транспортного потоку екологічного каркасу СВДМПЗ.

Визначення 5. Розмір екологічного дименсіону – масштаб прояву забруднення транспортним потоком у ланках, ланцюгах і мережах екологічного каркаса СВДМПЗ.

Визначення 6. Вимірювання екологічного дименсіону – визначення забруднювачів навколишнього середовища під час спостереження за складовими системи ЗТ і екологічного каркаса СВДМПЗ з використанням відповідного інструментарію.

Основними характеристиками логістичного дименсіону є:

- *показник втрат* (розсіювання транспортних кластерів) в матеріальному потоці для дрібно-кускових, насипних, пилоподібних, рідких, газоподібних вантажів:

$$\beta_m = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (18)$$

де Q_i , Ψ_i – кількість вантажу і коефіцієнт його втрат в n ланках транспортного потоку вулично-дорожнього середовища, т.

- *показник використання матеріально-енергетичних ресурсів* транспортного потоку в екологічному каркасі СВДМПЗ:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot m_i + \tau'_i \cdot m'_i)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (19)$$

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 каркасу 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_3) залежить від шляху (S), часу (T) та інтенсивності забруднення (λ):

$$V_z = \frac{S}{T} \cdot \lambda. \quad (20)$$

Забруднення від транспортного потоку Q з природною швидкістю (дифузіїєю в середовищі) поширення викинутих речовин (I) при русі у СВДМПЗ:

$$Q_z = Q \cdot I \cdot \lambda. \quad (21)$$

Щільність забруднення елемента транспортного каркаса СВДМПЗ на довжину викиду (L):

$$Q_n = \frac{Q}{L} \cdot \lambda. \quad (22)$$

Вивчення якісних та кількісних показників транспортних кластерів у СВДМПЗ дозволило висунути гіпотезу про окклюзивність їх природи, як у часовій, так і географічній площині.

Визначення 7. Окклюзивність транспортного кластера визначається ступенем відповідності завдань і цілей, що поставлені перед водіями транспортних засобів, як в часовому, так і географічному просторі.

Окклюзивність можна охарактеризувати показником щільності, а точка окклюзивності визначає максимальний рівень концентрації одиниць рухомого складу в досліджуваному транспортному кластері.

Найбільш прийнятним математичним апаратом для короткострокового прогнозу транспортних кластерів, які формують транспортний потік промислової зони, є алгоритм параметричного представлення положення транспортних кластерів в 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 застосовується класичний метод шляхом мінімізації суми квадратів відхилень, що задаються співвідношеннями:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 \rightarrow \min, \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^f [y(t_j) - y_j]^2 \rightarrow \min, \quad (24)$$

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:

$$\sum_{j=1}^f [y(t_j) - y_j]^2 + p \sum_{j=1}^f \left[\left. \frac{dy(t)}{dt} \right|_{t=t_j} \right]^2 \rightarrow \min, \quad (25)$$

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 + p \sum_{j=1}^f \left[\left. \frac{dx(t)}{dt} \right|_{t=t_j} \right]^2 \rightarrow \min, \quad (26)$$

де p – коефіцієнт потенціалу екологічного каркаса СВДМПЗ.

Другий підхід заснований на реалізації методу найменших квадратів в класі апроксимаційних поліномів заданого ступеня.

Третій варіант – це методика, що заснована на:

- мінімізації суми квадратів відхилення координат апроксимаційного полінома від табличних даних;
- сумі квадратів значень кривизни траєкторії руху "окклюзивних" точок з урахуванням її параметричного значення:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 + \sum_{j=1}^f [y(t_j) - y_j]^2 + p \sum_{j=1}^f [K(t_j)]^2 \rightarrow \min, \quad (27)$$

де $K(t_j)$ – кривизна контуру транспортного кластеру в СВДМПЗ, яка визначається такою формулою:

$$K(t_j) = \frac{\left[\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \cdot \frac{d^2y(t)}{dt^2} \Big|_{t=t_j} - \frac{dy(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2} \Big|_{t=t_j} \right]}{\left[\left(\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right)^2 + \left(\frac{dy(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right)^2 \right]^{3/2}}. \quad (28)$$

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 фахверку в режимі реального часу на принципах оптимальної стратегії «SMART LOCUS CONTROL».

У четвертому розділі представлено модель впливу урбанізації на функціональність ЕК. Сформовано класифікатор прикладних логістичних рішень проблем забезпечення його екологічної безпеки в умовах вулично-дорожнього середовища промислових зон.

Математичну модель урбанізації ЕК СВДМПЗ будемо представляти у вигляді графу в часовому просторі. Вибираємо спосіб розбиття графа на складові підграфи, що формуються з лінійних (дуг) і вузлових елементів (вершин).

Визначення 8. Підграф мережі – це найменший елемент ЕК СВДМПЗ, який формується найближчими сусідніми вузловими елементами, відстань між якими визначає його довжину.

Передумовами побудови моделі є:

- підграфи повинні мати зворотній зв'язок і мати приблизно однакову «площу» (за кількістю лінійних та вузлових елементів);
- набір складових СВДМПЗ, що входять в 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.

Враховуючи наведені умови, розроблено механізм побудови моделі графа ЕК СВДМПЗ з використанням підграфів, а саме: спочатку визначається кількість графів z_0 та z_1 , що є лінійними складовими маршрутів, які надають архітектурі ЕК

притаманні тільки для на 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 підграфу $\dot{\Lambda}_Z$ відносяться ті лінійні елементи множини $\dot{\Lambda}$, координати вузлів (вершин) якого потрапили у відповідний прямокутник площиною $\Pi_{z_0 z_1}$:

$$\dot{\Lambda}_{z_0 z_1 + z_0} \equiv \{ \dot{a} \in \dot{\Lambda} : \bar{x}^{\dot{a}}(0) \in \Pi_{z_0 z_1} \vee \bar{x}^{\dot{a}}(1) \in \Pi_{z_0 z_1} \}, \quad (29)$$

$$\Pi_{z_0 z_1} \equiv \left[x_{min}^0 + \frac{z_0}{Z_0} (x_{max}^0 - x_{min}^0) \cdot x_{min}^0 + \frac{z_0 + 1}{Z_0} (x_{max}^0 - x_{min}^0) \right] \times \quad (30)$$

$$\times \left[x_{min}^1 + \frac{z_1}{Z_1} (x_{max}^1 - x_{min}^1), x_{min}^1 + \frac{z_1 + 1}{Z_1} (x_{max}^1 - x_{min}^1) \right].$$

$$x_{min}^s = \min_{\substack{\zeta=0.1; \\ a \in \dot{\Lambda}}} x_s^{\dot{a}}(\zeta), \quad x_{max}^s = \max_{\substack{\zeta=0.1; \\ a \in \dot{\Lambda}}} x_s^{\dot{a}}(\zeta),$$

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 необхідної стійкості транспортних процесів в умовах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ.

Кожний побудований маршрут Z_z екологічного каркаса СВДМПЗ відображається згідно зі своїми характеристиками – у вигляді вектору ознак, що характеризують транспортні потоки графа на обмеженому часовому просторі. Формування вказаного вектору ознак виконується так.

Нехай $\{\dot{\Lambda}_s^z\}_{s=0}^{S^z-1}$ 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 підграфу, прийме вид:

$$\bar{v}_M^z(t) = (v(z_0, t), \dots, v(z_0, t - M\Delta), \dots, v(z_{S^k-1}, t - M\Delta))^\tau \quad (31)$$

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 використовуються 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.

У п'ятому розділі наведено модель екологічно-безпечного простору діяльності одиниці соціуму в умовах екологічного каркасу СВДМПЗ.

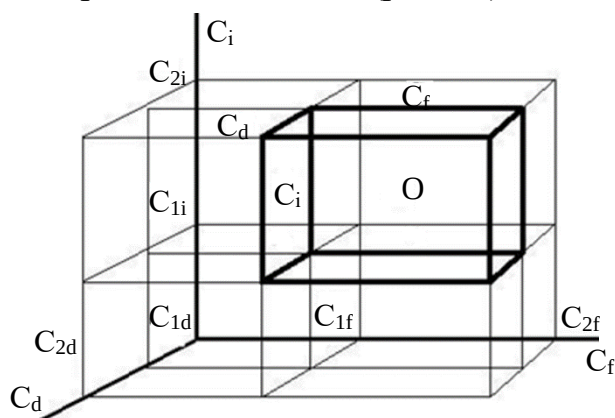
Екологічно-безпечний простір (ЕБП) для одиниці соціуму в межах ЕК СВДМПЗ може буди представлено не тільки координатами його розташуванням в географічному просторі, але і його розташування відносно до техногенної складової середовища.

Техногенна складова ЕБП у досліджуваному середовищі розглядається не тільки як географічна площа СВДМПЗ, яку займає людини але і як

функціональний сектор в соціумі, який визначається екологічним потенціалом людини, та залежить від концепції, що реалізується в сучасних умовах розвитку світу, а саме концепції «Здорового міста» (англ. – *Healthy city*).

Розробка моделі ЕБП допоможе дати відповідь на різні питання, а саме: які 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.

ЕБП людини з системою регулювання її чинників можна уявити в трикоординатній системі (рис. 10).



Пояснення: Обсяг паралелепіпедів 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».

Рисунок 10 – Просторова модель ЕБП з системою регулювання її екологічних факторів C_d , C_i , C_f в тривимірній системі координат

Обсяг паралелепіпедів, побудованого на векторах, дорівнює:

$$O = C_i \cdot C_d \cdot C_f = (C_{2f} - C_{1f}) \cdot (C_{2i} - C_{1i}) \cdot (C_{2d} - C_{1d}). \quad (32)$$

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 в початок координат і визначивши координати векторів:

$$\begin{aligned} C_d &= \{0, 0, C_{2d}\}, \\ C_i &= \{0, C_{2i}, 0\}, \\ C_f &= \{C_{2f}, 0, 0\}. \end{aligned} \quad (33)$$

Визначник (Δ) третього порядку знаходиться з виразу:

$$\Delta = x_1 y_2 z_3 - x_1 y_3 z_2 + y_1 z_2 x_3 - y_1 z_3 x_2 + z_1 x_2 y_3 - z_1 x_3 y_2. \quad (34)$$

Підставивши відповідні значення векторів з вираження (33) у вираз (34), отримаємо такий вираз:

$$\Delta = -C_{2i} \cdot C_{2d} \cdot C_{2f}. \quad (35)$$

Просторову область паралелепіпедів можна визначити за допомогою потрійного інтеграла:

$$O = \int_{C_{1i}}^{C_{2i}} dC_i \cdot \int_{C_{1d}}^{C_{2d}} dC_d \cdot \int_{C_{1f}}^{C_{2f}} f(C_i, C_d, C_f) \cdot dT. \quad (36)$$

Мінімізація процесу регулювання буде визначатися мінімізацією дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму (тобто мінімізації ΔZ) 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 треба б ввести C_J – випромінювання, відходи, шумове забруднення; C_s – людський потенціал тощо. Введення цих факторів вимагає переходу до чотиривимірної і п'ятивимірної системи координат.

Мінімізація екологічної небезпеки при застосуванні систем регулювання факторів ЕБП в умовах ЕК СВДМПЗ будемо визначати такою залежністю:

$$f(O) \rightarrow -O_0 \text{ при } O \rightarrow -O_{\min}. \quad (37)$$

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:

$$\begin{aligned} & |f(O) - O_0| < \varepsilon, \\ \text{як тільки: } & |O - O_{\min}| < \delta. \end{aligned} \quad (38)$$

Це можливо записати наступним виразом:

$$\lim f(O) = O_0. \quad (39)$$

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 ЕБП ЕК СВДМПЗ.

При дослідженні як основні точки, що визначають відхилення ε , δ і χ можуть бути обрані усереднені показники, які визначаються за такими виразами:

$$\text{для } C_i : C_{0i} = \frac{C_{2i} - C_{1i}}{2}, \quad (40)$$

$$\text{для } C_d : C_{0d} = \frac{C_{2d} - C_{1d}}{2}, \quad (41)$$

$$\text{для } C_f : C_{0f} = \frac{C_{2f} - C_{1f}}{2}. \quad (42)$$

Таким чином, можна записати:

$$C_{1i} + \varepsilon < C_{0i} < C_{2i} - \varepsilon, \quad (43)$$

$$C_{1d} + \delta < C_{0d} < C_{2d} - \delta, \quad (44)$$

$$C_{1f} + \chi < C_{0f} < C_{2f} - \chi, \quad (45)$$

при ε, δ і $\chi \rightarrow 0$.

Основні параметри просторової моделі ЕБП в умовах ЕК СВДМПЗ визначаються існуючим регламентом, який відображається у формі 3D прямокутника. Застосовувавши 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. Дане 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 стані.

У додатках наведено: класифікатор прикладних логістичних рішень проблем забезпечення стійкої функціональності ЕК СВДМПЗ; схеми ЕК СВДМПЗ в різних фазах транспортного потоку; акти впровадження результатів дисертаційної роботи; свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір; список опублікованих праць.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нові вирішення наукових та практичних проблем, створені науково-методологічні основи управління екологічною безпекою транспортних потоків у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон. У дослідженнях враховано комплексний вплив параметрів, що визначають екологічну безпеку транспортних потоків середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон.

Результати дисертаційних досліджень дозволили сформулювати теоретичні та науково-практичні висновки, основними з яких є:

1. Розроблена концепція «Green lean logistic» (концепція «зеленої логістики»), яка спрямована на створення умов ефективного управління екологічною безпекою складових системи ЗТ («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 в сучасних економічних умовах розвитку СВДМПЗ. Управління «екологічними» інвестиціями спрямованими на безпеку природних об'єктів системи ЗТ, 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 ЗТ в умовах СВДМПЗ.

2. Розроблений метод «SMART LOCUS CONTROL» (SLC) контролю екологічної безпеки системи ЗТ СВДМПЗ дозволяє здійснити 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 ЗТ 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 всіх 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 виступатиме обсяг виконаних транспортних робіт транспортною одиницею як споживача «брудного ресурсу» в умовах СВДМПЗ з урахуванням існуючих екологічних обмежень згідно з нормативом ISO:1004, а факторними ознаками – показники факторів, що характеризують процес життєзабезпечення складових СВДМПЗ. Кореляційна матриця показників відображає на прямий тісний зв'язок (коефіцієнт кореляції вище 0,7) між обсягом транспортних робіт і наступними показниками: сума 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 з 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 дозволило відвинути гіпотезу про його фізичну природу, а саме про його тотожність із елементарною фізичною частиною. Опираючись на існуючу фізичну теорію поведінки елементарних частиць Г.В. Домогацького та І.М. Железних розроблено механізм оцінки екологічної безпеки рухомого складу як споживача «брудного ресурсу» в умовах СВДМПЗ. Отримані експериментальні результати дозволили підкреслити той факт, що 80% рухомого складу працює в режимі холостого ходу по за межами штатного режиму роботи двигуна, а саме обертаючий момент карданного вала дорівнює 850 об/хв., що обумовлює зростання шкідливих викидів в атмосферу та в ґрунт. 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 визначило той факт, що понад 50% із загальної кількості рухомого складу є вантажний транспорт. Сформовано поняття «транспортний кластер», як складової транспортних потоків. Виконано аналіз просторово-часової структури транспортних потоків СВДМПЗ та запропонована характеристика «окклюзивність транспортного кластеру» 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.

5. 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 в тимчасовому і географічному просторі промислових районів міста. Отримані результати моделювання дозволяють підкреслити той факт, що більшість рухомого складу експлуатується в умовах «високого навантаження» на двигун, а саме він працює на так званій «бідній суміші», що негативно впливає на навколишнє СВДМПЗ. Достовірність отриманих результатів підтверджується низьким рівнем похибки моделі – 2%.

6. 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». Даний 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.

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, юридичні особи, державні органи, але і їх ефективність, що виражається через показник встановлених оздоровчих норм. Дана 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. 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-і річний вік людини і відповідає 9,5 тис. гривень на рік.

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 the environment 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., ХараМ.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 сітілогістики. *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 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 ситілогістичні 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 бреде 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. – 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.

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.

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» Міністерства освіти і науки України, Київ, 2021.

У дисертаційній роботі наведені науково-методологічні основи вирішення важливої соціально-виробничої проблеми стосовно забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків з урахуванням базисних основ їх функціональності та потенціалу екологічного каркаса СВДМПЗ для вирішення практичних завдань розвитку просторово організованої інфраструктури досліджуваного середовища на новій концептуальній основі.

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 СВДМПЗ, 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». Критерієм ефективності реалізації цього механізму є оцінка дефіциту потенціалу одиниці соціуму в умовах екологічного каркасу означеного середовища.

Розроблено практичні методи з підвищення екологічної безпеки транспортних потоків у СВДМПЗ, які впроваджені в практику промислових та комунальних підприємствах м. Маріуполь.

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

АННОТАЦИЯ

Лямзин А.А. Научно-методологические основы управления экологической безопасностью транспортных потоков в среде улично-дорожной сети промышленных зон. Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.01 «Транспортные системы» (275 – Транспортные технологии). – ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» Министерства образования и науки Украины, Киев, 2021.

В диссертационной работе приведены научно-методологические основы решения важной социально-хозяйственной проблемы по обеспечению экологической безопасности транспортных потоков с учетом базисных основ их функциональности и потенциала экологического каркаса среды улично-дорожной сети промышленных зон (СУДСПЗ) для решения практических задач развития пространственной организованной инфраструктуры среды, которая исследуется, на новой концептуальной основе. безопасности транспортных потоков в условиях СУДСПЗ установлено, что: слабо изучена природа воздействия транспортных кластеров на архитектуру экологического каркаса в условиях СУДСПЗ.

Для получения прикладного научного результата в рамках установленной научной идеи выдвинута рабочая гипотеза: высокая степень сопряженности процессов урбанизации и рурализации в целом сформировало условия, в которых

экологический каркас СВДМПЗ, становится все более «зависимым» от характеристик составляющих транспортных процессов. Именно поэтому необходима разработка механизма определения функциональности (потенциала) экологического каркаса с определением степени его взаимовлияния с характеристиками составляющих системы «потенциал архитектуры улично-дорожной сети - стабильность транспортных потоков - экологическая безопасность транспортных потоков». Критерием эффективности реализации этого механизма является оценка дефицита потенциала единицы социума в условиях экологического каркаса указанного среды.

Разработаны практические методы по повышению экологической безопасности транспортных потоков в СВДМПЗ, которые внедрены в практику промышленных и коммунальных предприятиях г. Мариуполь.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, экологический каркас, транспортный кластер, промышленная зона, ассимилирующий потенциал, транспортные потоки, нейронная сеть, урбанизация, транспортный кластер.

SUMMARY

Lyamzin A.O. Scientific and methodological bases of ecological safety management of transport flows in the environment of 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 «Pryazovskyi State Technical University» of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation presents scientific and methodological bases for solving an important economic problem of ensuring the environmental safety traffic flows, taking into account the basic principles their functionality and the potential ecological framework of the road network of industrial zones to solve practical problems developing spatially organized infrastructure.

Based on a critical analysis of the results existing theoretical, practical and experimental studies to study the factors that form a low level of environmental safety traffic flows in the road environment industrial areas, it is established that: poorly studied nature of the impact transport clusters on the environment street-road network industrial zones; there are no methods for determining the assimilation potential of the environment of the road network industrial zones from the influence transport clusters, taking into account the nature of their occlusivity; the mechanism evaluation management efficiency system components is insufficiently studied: "potential of the street-road network architecture - stability transport flows - ecological safety transport flows" in time space of economic bifurcation under conditions of constant dynamics of urbanization of the street-road network environment; there are no mechanisms for determining the economic equivalent of the deficit costs aimed at ensuring the life safety of a unit of society in the environment of the road network of industrial zones.

The concept of «Green Learn Logistic» is proposed, which is based on the formation of «Soft Skills» tuple of traffic flow management according to system principles: adaptability; flexibility; self-learning and the environmental safety assessment forecasting

mechanism of transport flows, which are formed by clusters with their characteristic nature of occlusivity.

Based on the synthesis general principles of fuzzy set theory and neural networks, a model for managing the level of ecological condition of the transport system in the environment of the road network of industrial zones is developed, which allows to formulate clear environmental guidelines for the city population, with the subsequent redistribution of traffic flows in the temporal and geographical space of industrial areas of the city.

Practical methods for improving the environmental safety of traffic flows in the environment of the street and road network of industrial zones, which are implemented in the practice of industrial and municipal enterprises of Mariupol.

The use of the developed methods and practical recommendations allowed to reduce the downtime of vehicles in urban networks when serving passenger flows by 540 passenger-hours, and increase their energy efficiency by 3% of existing standards and reduce greenhouse gas emissions by 5% of existing indicators.

Based on the obtained research results and the developed model of the public passenger transport traffic distribution control system in large municipalities, a block of practical recommendations was implemented to determine the rational parameters of public passenger transport interaction in Mariupol.

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