

ЛОГІСТИКА

ОТРИМАНО:

04 Березня 2025

ПРИЙНЯТО:

18 Травня 2025

ВИПУСК:

20 Червня 2025

УДК 658.7:656.025.4

DOI 10.26661/2522-1566/2025-2/32-18

СИСТЕМНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СІТІЛОГІСТИКИ

Білоног О.Є.

канд. техн. наук, доцент

*Національний транспортний університет
м. Київ, Україна*

ORCID 0000-0002-5038-7771

Галак І.І.

канд. техн. наук, доцент

*Національний транспортний університет м.
м. Київ, Україна*

ORCID 0000-0002-5038-7771

Добровольська А.М.*

канд. техн. наук, доцент

*Національний транспортний університет
м. Київ, Україна*

ORCID 0000-0002-5912-0678

Янішевський С.В.

канд. техн. наук, доцент

*Національний транспортний університет м.
м. Київ, Україна*

ORCID 0000-0002-0113-5463

* Email автора для листування: anet_chechet@ukr.net

Анотація. Дослідження присвячене аналізу системних аспектів забезпечення ефективного впровадження концепції сітілогістики, яка полягає у підвищенні якості та комфортності життя міського населення. В контексті системного підходу сітілогістика розглядається як система, основними складовими якої є підсистема міської мобільності, а також підсистеми безпечності та екологічності міського середовища.

Мета дослідження полягає в формуванні системного підходу до впровадження концепції сітілогістики, як складної соціально-економічної системи, та забезпечення її ефективності. Предмет дослідження – процес формування балансу між складовими підсистемами сітілогістики, який, в підсумку, підвищує рівень комфортності та створює здорове життя в місті. У дослідженні використовується метод системного аналізу для структурування сітілогістичної системи за основними складовими, а також моделювання процесів в сітілогістичній системі, яке дозволяє визначити взаємозв'язки між її вищевказаними складовими елементами, враховуючи їхню структуру (ключові елементи), мету, функції та динаміку розвитку.

Визначено ключові напрями розвитку сітілогістичної системи, серед яких: інвестиції в розвиток сталих видів мобільності (пішохідна та велосипедна інфраструктура, громадський та екологічний транспорт); розвиток безпечної інфраструктури для всіх учасників руху; створення «зелених» зон і зменшення впливу транспорту на довкілля. Практичне значення роботи полягає у можливості використання розроблених, на основі системного аналізу, математичних виразів, які передбачають для кожного компонента системи введення кількісних показників та встановлення залежностей між ними, що є основою для кількісного оцінювання рівня ефективності сітілогістики та прогнозування її можливих змін на певну перспективу.

Ключові слова: логістика, логістичне обслуговування, сітілогістика, сталий розвиток, системний аналіз, міська мобільність, системи сталої мобільності, безпечність міського середовища, екологічність міського середовища.

JEL класифікатор: R41, Q01, Q56, O18, L91.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Необхідність організації ефективного логістичного обслуговування кінцевих споживачів, торгівельних та виробничих підприємств, комунальних, будівельних, адміністративних та інших об'єктів, які знаходяться в містах, створює додаткове навантаження на всі системи їх життєзабезпечення, а найбільше на транспортну систему. Зокрема, стає все більш очевидним, що випереджаюче прогнози зростання кількості транспорту в містах призводить до перевантаження транспортних комунікацій, які, в свою чергу, мають обмежені можливості до розвитку.

В якості ефективного підходу для вирішення вказаних проблем науковці розглядають впровадження концепції сітілогістики. Дана концепція являє собою науково-практичний напрямок, предметом якого є удосконалення транспортно-логістичних схем та маршрутів перевезень вантажів і пасажирів в умовах великих міст [1]. При цьому, формування концепції сітілогістики відбулося в умовах необхідності реалізації стратегії сталого розвитку, яка передбачає фокусування усіх зусиль в економічній, екологічній та соціальній сфері в таких напрямках як енерго- та ресурсозбереження, а також мінімізація негативного впливу на довкілля.

Одним із шляхів забезпечення ефективного впровадження концепції сітілогістики, як складної соціально-економічної системи, є застосування системного підходу, який допомагає глибше зрозуміти сутність існуючих проблем, виявляти закономірності та знаходити ефективні рішення. В даному контексті системний підхід розглядає сітілогістику як систему (сітілогістичну систему), тобто як сукупність взаємопов'язаних внутрішніх елементів, які утворюють єдине ціле. Також системний підхід допомагає аналізувати складні явища та процеси, які мають місце в сітілогістичній системі, враховуючи їхню структуру, функції, взаємозв'язки та динаміку розвитку. Вищезазначені явища та процеси пов'язуються, головним чином, з управлінням логістичними потоками в межах міста, переміщенням пасажирів, товарів, інформації, ресурсів тощо.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження сітілогістичної діяльності та аналіз основних чинників, які, з одного боку, впливають на її ефективність, а з іншого, – розглядаються в якості індикаторів рівня комфортності проживання в місті, знайшло висвітлення в роботі [1]. Зокрема, в даному дослідженні сітілогістика розглядається на перетині інтересів протидії негативному впливу на довкілля, а також забезпечення мобільності та безпечності міського середовища для мешканців міста.

В контексті вирішення задачі сумісного забезпечення безпечних міських просторів та необхідного рівня міської мобільності, яку можна розглядати як задачу забезпечення безпечної мобільності, зокрема і щодо вразливих учасників дорожнього руху, заслуговують на увагу роботи [2, 3, 4]. До прикладу, в роботі [4] проведено експертне оцінювання інженерних та планувальних рішень щодо підвищення безпеки вищезазначеної категорії учасників дорожнього руху та забезпечення інклюзії в системах мобільності міст України.

Аналіз впливу безпрецедентних викликів останніх років таких, як криза, зумовлена пандемією COVID-19, та активні воєнні дії на території України внаслідок повномасштабного вторгнення росії, на формування сітілогістичного середовища в українських містах, зокрема через зміну мобільності та безпечності, проведено в роботі [5].

Аналіз кращих практик впровадження проєктів розвитку систем сталої мобільності в містах України в контексті підвищення рівня сітілогістики, де основними напрямками розглядалися пріоритезація пішохідного та велосипедного руху, розвиток громадського транспорту та реорганізація міських вуличних просторів, представлений в роботі [6]. В даному дослідженні було виявлено основні проблеми та перешкоди, які мали місце під час впровадження вищезгаданих проєктів, та проведено оцінювання ефективності запропонованих рішень з усунення таких перешкод.

В роботі [7], яка присвячена питанням систематології на транспорті, в тому чисті і системному аналізі, розглядаються підходи і методи, які можуть знайти застосування для підвищення ефективності управління логістичними потоками в межах міста, переміщенням пасажирів, товарів, інформації, ресурсів тощо.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Мета статті полягає у застосуванні системного підходу до впровадження концепції сітілогістики, як складної соціально-економічної системи, та забезпечення її ефективності. Завданням дослідження є аналіз та вивчення складних процесів взаємодії між складовими підсистеми сітілогістики та формування балансу між ними, який, в підсумку, підвищує рівень комфортності та створює здорове життя в місті.

МЕТОДОЛОГІЯ

У дослідженні використовується метод системного аналізу для структурування сітілогістичної системи за основними складовими, в якості яких розглядається мобільність, безпечність та екологічність. Метод моделювання процесів в сітілогістичній системі дозволяє визначити взаємозв'язки між її вищезгаданими складовими елементами, враховуючи їхню структуру (ключові елементи), мету, функції та динаміку розвитку.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Виходячи зі складності, щільності та динамічності міського середовища та концентруючись на логістичному аспекті, сітілогістичну систему, в широкому сенсі, можна представити як таку, що складається з великої кількості складових, до яких можна віднести:

- дорожньо-транспортну інфраструктуру (вулично-дорожня мережа, мости, тунелі, громадський транспорт, транспорт логістичних операторів);
- склади та розподільчі центри (пункти зберігання та перерозподілу товарів);
- інформаційні системи управління (цифрові платформи для моніторингу та оптимізації руху транспорту);
- правове регулювання (правила дорожнього руху, обмеження для вантажного транспорту, екологічні норми);
- об'єкти логістичного обслуговування (торгівельні та виробничі підприємства, комунальні, будівельні, адміністративні та інші об'єкти);
- логістичних операторів (компанії, що здійснюють транспортне обслуговування замовників, кур'єрські служби).

Загалом концепція сітілогістики полягає в підвищенні якості життя населення міста, яка обумовлюється певним (необхідним) рівнем комфортності міського середовища для проживання в ньому. В свою чергу комфортність (зручність) життя соціуму в міському середовищі залежить від рівня трьох основних чинників: мобільності, безпечності та екологічності даного середовища. Такий підхід, який запропоновано в роботі [1], значно

спрощує розуміння сітілогістики як системи та зводиться до її трьох основних структурних компонентів – мобільності, безпечності та екологічності.

Під міською мобільністю, як однією із складових сітілогістичної системи, розуміють рухомість населення з різною метою пересування з урахуванням варіації логістичних ланцюгів за витратами часу на пересування. Також, варто звернути увагу на необхідність розмежовування понять інформаційної мобільності, як здатності до швидкого та точного отримання оперативної інформації щодо стану транспортних магістралей міста, та транспортної мобільності – як здатності до швидкого пересування та дій в умовах міського середовища.

Виходячи з положень, представлених в роботі [1], транспортна мобільність полягає в наступному:

- можливість використання індивідуального транспорту для швидкого та комфортного пересування до місця тяжіння;
- конкуренція в організації мобільних поїздок індивідуальним автомобілем або громадським транспортом (автобусами, тролейбусами, трамваями, метро, електрифікованою залізницею тощо);
- мобільність пересування через муніципальні логістичні ланцюги (торговельні, будівельні, комунальні, адміністративні об'єкти тощо);
- мобільність доставки-відправлення ресурсів, напівфабрикатів, готової продукції промисловим та торговельним підприємствам, які розташовані в географічних межах міста та залежать від графіків поставок;
- можливість доставки замовлень кінцевим споживачам;
- мобільність транзиту матеріальних потоків, які проходять через міські транспортні комунікації;
- транспортна мобільність у непередбачуваних природних умовах.

Варто зазначити, що при ухваленні рішень у сфері управління мобільністю основним пріоритетом є людина, а не автомобіль.

До поняття комфортної мобільності відносять:

- добову частоту поїздок;
- наповнюваність транспортних засобів;
- тривалість поїздок для різних груп користувачів транспортних послуг (учнів, студентів, пенсіонерів, активного трудового населення).

Забезпечення належного рівня мобільності міського середовища є одним із найскладніших завдань і викликів для міст, їх функціонування і ефективного розвитку. Населення міст зростає швидкими темпами та, за прогнозами фахівців Організації Об'єднаних Націй, його частка досягне 70% у 2050 р. [8]. При цьому вже зараз 64% усіх поїздок здійснюється на території міських агломерацій і, як зазначають експерти, динаміка зміни даного показника характеризується різким зростанням [9].

На теперішній час проблеми, пов'язані з функціонуванням транспортних систем міських агломерацій, розглядаються як один із головних викликів для життєзабезпечення їх жителів, а тому для їх вирішення необхідні найбільші інвестиції, рисунок 1 [8].

Проблеми мобільності міського середовища можуть бути досить специфічними у різних країнах, проте переважна більшість з них викликана обмеженими ресурсами, невдалим транспортним плануванням, недостатньо розвиненою інфраструктурою, недосконалою транспортною мережею та неефективним муніципальним управлінням.

Для оцінки рівня міської мобільності у світовій практиці використовуються різні показники і індекси, які враховують фактори, пов'язані з дорожніми умовами (тривалість поїздки, заторові явища, аварійні ситуації, дорожньо-транспортні пригоди (ДТП)), ефективністю перевезень, обсягами викидів в атмосферу відпрацьованих газів транспортними засобами, якістю різних режимів пересування і рівнем задоволення жителів міста та його гостей.



Рис. 1 Розподіл інвестицій у містах за окремими сферами

Джерело: складено авторами на основі [8]

Аналізуючи безпечність міського середовища, як ще одну складову сітілогістичної системи, її можна розглядати як сукупність умов і заходів, які забезпечують комфортне, здорове та безпечне життя мешканців та гостей міста. Вона включає в себе фізичну, соціальну та екологічну безпеку, а також захист від загроз природного, техногенного чи кримінального характеру.

Як один із аспектів безпечності міського середовища можна розглядати фізичну безпеку. На її рівень впливають такі чинники, як якісна дорожня інфраструктура; освітлення вулично-дорожньої мережі міста та всіх інших міських просторів; доступний і безпечний громадський транспорт; наявність засобів відеоспостереження у громадських місцях; наявність громадських просторів із безпечним середовищем. Варто зазначити, що однією із складових, яка формує рівень фізичної безпеки є безпека дорожнього руху, визначальним чинником якої, поряд із деякими уже вищеперерахованими, є рівень організації та управління дорожнім рухом.

Соціальну безпеку в рамках підсистеми безпечності міського середовища формує низький рівень злочинності, ефективна робота правоохоронних органів та соціальна згуртованість і підтримка громади.

В контексті забезпечення збереження здоров'я та життя мешканців і гостей міста можна розглядати аспект екологічної безпеки. Очевидно, що на її рівень впливає чистота повітря та води, мінімізація шумового та світлового забруднення, а також озеленення міських просторів та захист природних міських зон.

Як захист від загроз природного чи техногенного характеру, особливо в умовах нинішньої безпекової ситуації в нашій країні, варто розглядати аспект готовності до надзвичайних ситуацій, визначальними чинниками якого є наявність чіткого плану дій у разі виникнення потенційних загроз, пожеж, техногенних катастроф; доступність укриттів та рятувальної інфраструктури; інформування мешканців про потенційні загрози.

Актуальним для умов сьогодення також є аспект цифрової безпеки, яка полягає у формуванні стійкого захисту особистих даних у міських сервісах та забезпеченні кібербезпеки для мешканців міста та муніципальних систем управління.

Зрозуміло, що виходячи із сутності сітілогістики, ключовим аспектом забезпечення безпечності міського середовища, який заслуговує на особливу увагу в даному контексті, є

безпека дорожнього руху. За різними оцінками економічні втрати, які мають місце в результаті виникнення ДТП, складають 1–3 % світового внутрішнього валового продукту. При цьому, враховуючи те, що автомобільний парк головним чином сконцентрований у населених пунктах, то і найбільша кількість ДТП, частка якої оцінюється у 80%, також стається в населених пунктах. До прикладу, динаміка кількості ДТП, які сталися в м. Києві протягом останніх років, та тяжкість їх наслідків представлена на рисунку 2 [10]. Статистичні дані за 2022 р. відсутні.

Як зв'язуючий елемент в рамках створення комплексної системи безпеки муніципальних і промислових транспортних систем може розглядатися логістична концепція безпеки дорожнього руху, яка представлена на рисунку 3 [1].

Діяльність місцевих органів управління щодо забезпечення безпечності міського середовища в контексті безпеки дорожнього руху здійснюється за наступними основними напрямками:

- управління безпекою дорожнього руху;
- забезпечення безпечних доріг;
- використання безпечних транспортних засобів;
- організація безпечної поведінки користувачів доріг;
- реалізація відповідних післяаварійних заходів.



* статистичні дані відсутні.

Рис. 2 Динаміка кількості ДТП з постраждалими в м. Києві та тяжкість їх наслідків

Джерело: складено авторами на основі [10]

Слід зазначити, що відповідальність за забезпечення безпечності міського середовища розповсюджується на широке коло стейкхолдерів (зацікавлених сторін), до яких відносяться:

- користувачі автомобільних доріг;
- проєктувальники дорожньо-транспортної системи;
- утримувачі доріг;
- автомобільна промисловість;
- дорожньо-патрульна служба;

- політики;
- громадські діячі;
- законодавчі органи.

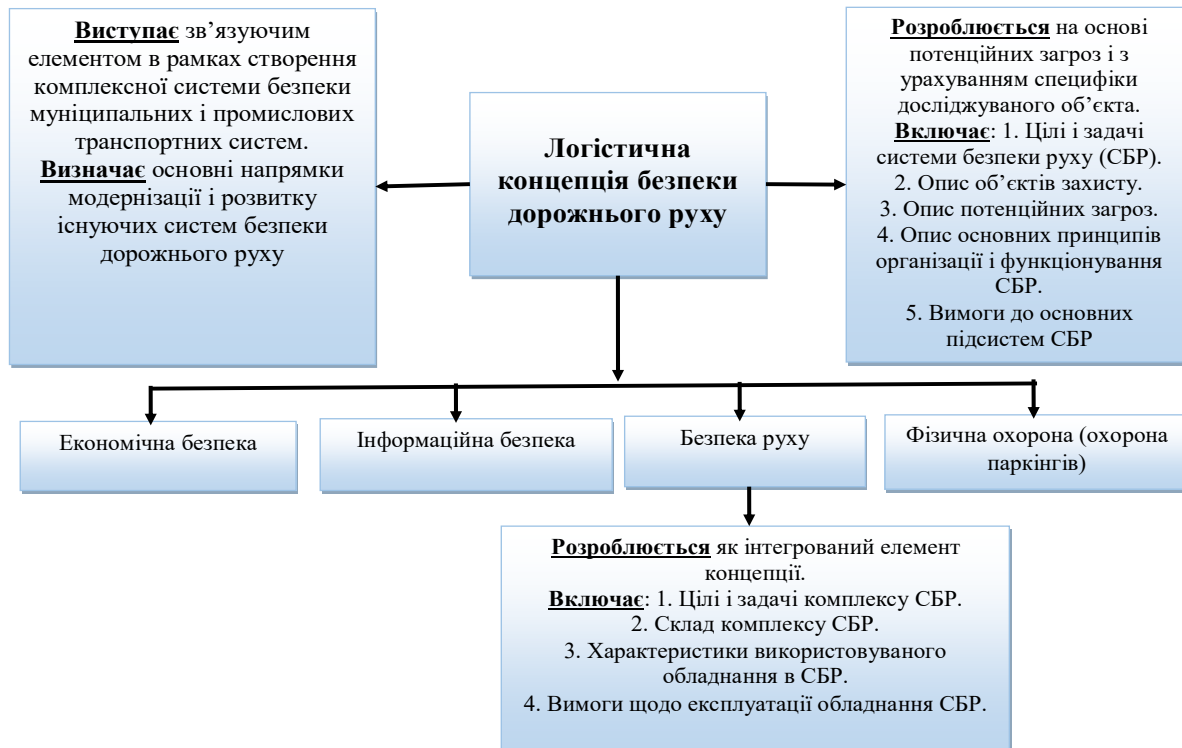


Рис. 3 Логістична концепція безпеки дорожнього руху

Джерело: складено авторами на основі [1].

Таким чином, можна стверджувати, що формування безпечного міського середовища є передумовою та основою для підвищення якості життя населення міста, залучення інвестицій та розвитку місцевих громад.

Екологічність міського середовища, як ще одна складова сітілогістичної системи, характеризується рівнем гармонійної взаємодії міста з природою, що забезпечує комфортне життя мешканців, збереження природних ресурсів і мінімальний негативний вплив на довкілля.

Як основні екологічні впливи в містах можна розглядати забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту; відходи від промислової та побутової сфери; шумове та світлове забруднення; а також створення ефекту міських теплових островів.

Як відомо, до основних забруднювачів атмосферного повітря, водоймищ та ґрунту відноситься транспорт. Значна частка транспорту і в шумовому забрудненні атмосфери. Також гостро стоїть проблема утилізації і переробки відходів, що виникають в процесі роботи (експлуатації) транспорту.

Найбільш екологічно небезпечним видом транспорту є автомобільний. Токсичність відпрацьованих газів карбюраторних двигунів обумовлюється наявністю окису вуглецю і окисів азоту, а дизельних двигунів – окислів азоту і сажі.

Як зазначалося вище, автомобільний парк сконцентрований в основному в містах. Якщо в світі в середньому на 1 км² припадає 5 автомобілів, то щільність їх в містах розвинених країн в 200-300 разів вище. За даними Центральної геофізичної обсерваторії ім.

Бориса Срезневського у м. Києві у літні місяці року показники забруднюючих речовин у повітрі перевищують встановлені норми у декілька разів. Найбільші концентрації шкідливих речовин у повітрі спостерігалися поблизу автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту. Отже, основною причиною погіршення якості повітря у столиці є викиди від автомобільного транспорту, частка яких від загальної кількості складає 87 % [11]. Найбільше викидів шкідливих речовин зумовлюється автомобілями індивідуального використання, кількість яких у містах зростає надзвичайно швидко. В Україні викиди від індивідуальних автомобілів складають 92% всього транспорту [12].

Отже, для зменшення екологічного забруднення міст необхідне формування раціональної політики в сфері транспорту з акцентом на розвиток екологічного транспорту, комплексне управління відходами, перехід на відновлювальні джерела енергії та формування соціально-відповідальної моделі поведінки мешканців міст.

Таким чином, в даному дослідженні сітілогістика розглядається як складне соціально-економічне утворення, тобто система, яка функціонує завдяки взаємодії її різних складових (підсистем). Виходячи з вищенаведеної інформації, в якості ключових підсистем сітілогістичної системи можна розглядати підсистему міської мобільності, підсистему безпечності міського середовища та підсистему екологічності міського середовища. Ці три компоненти характеризуються наявністю тісних взаємозв'язків між собою та утворюють цілісну систему, що обумовлює якість життя населення та гостей міста. На рис. 4 представлено структурну модель сітілогістичної системи.

Основною метою підсистеми мобільності міського середовища, як складового компонента сітілогістичної системи, є забезпечення швидкого, зручного та ефективного переміщення мешканців та гостей міста, а також вантажних потоків в географічних межах міста. При цьому, до ключових елементів даної підсистеми можна віднести:

- громадський транспорт (автобуси, метро, трамваї, тролейбуси, електрифікована залізниця);

- велосипедну інфраструктуру;
- пішохідну інфраструктуру;
- вулично-дорожню мережу міста;
- управління дорожнім рухом;
- паркувальну інфраструктуру;
- смарт-рішення (інтелектуальні системи управління дорожнім рухом, застосунки для учасників дорожнього руху тощо).

Розглядаючи взаємозв'язок підсистеми мобільності з підсистемою безпечності, варто вказати на те, що оптимізація параметрів дорожнього руху впливає на зменшення кількості ДТП, а розвиток велосипедної та пішохідної інфраструктури знижує ризик їх виникнення.

Своєю чергою, взаємозв'язок підсистеми мобільності з підсистемою екологічності простежується в наступних аспектах. До прикладу, перехід на електротранспорт зменшує обсяги викидів шкідливих речовин та парникових газів в атмосферу, такий же ефект має і зниження інтенсивності виникнення заторів.

Основною метою підсистеми безпечності міського середовища, як складової сітілогістичної системи, є зниження ризиків для життя та здоров'я мешканців та гостей міста. При цьому, ключовими елементами даної підсистеми є:

- безпека дорожнього руху (освітлення, пішохідні переходи, технічні засоби організації дорожнього руху);

- засоби моніторингу (відеоспостереження) та реагування на правопорушення;
- екстрені служби (швидка медична допомога, поліція, рятувальні служби);
- безпечний громадський простір (парки, зони відпочинку);
- інформаційні системи оповіщення.

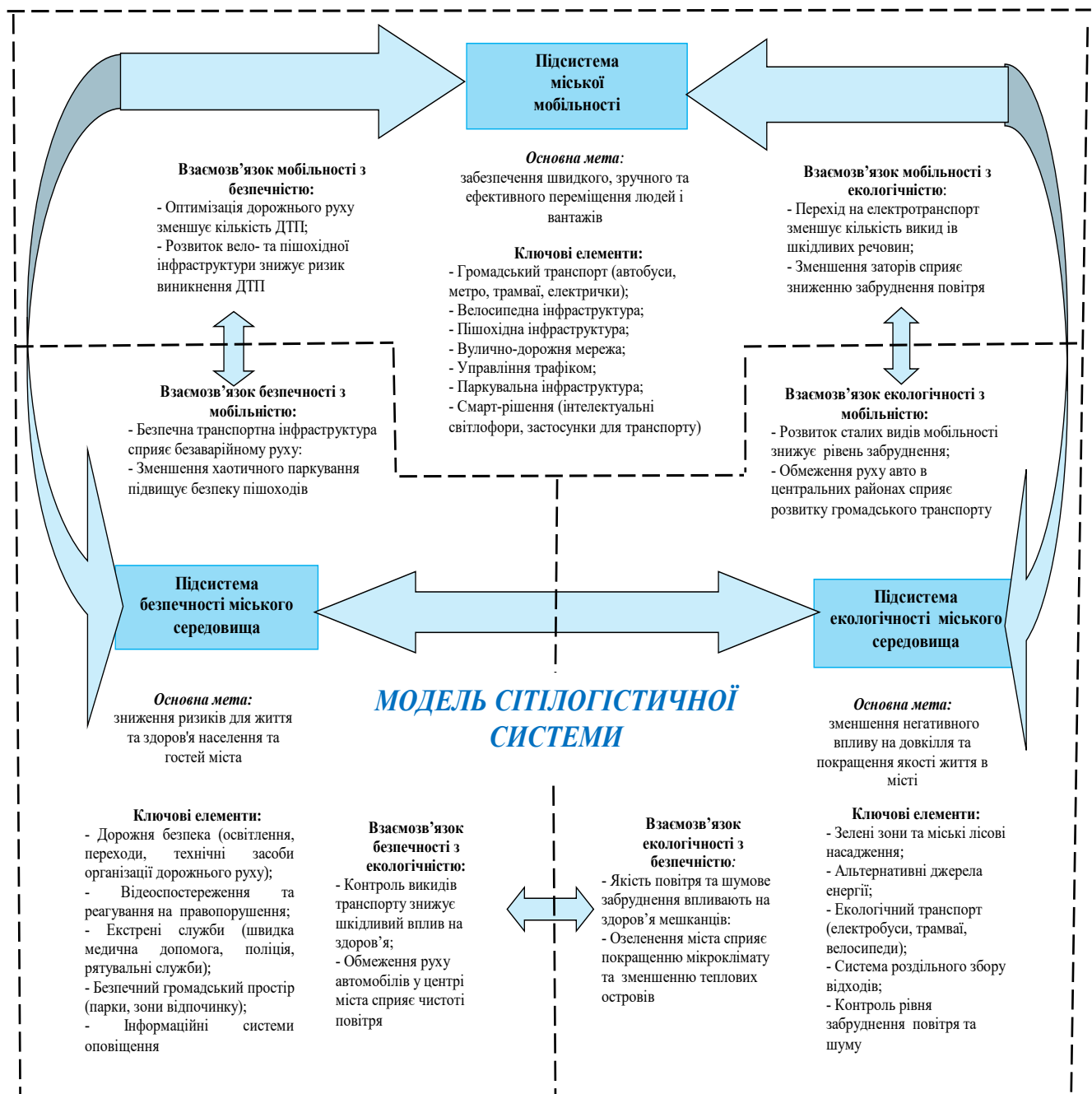


Рис. 4 Структурна модель сітологістичної системи

Джерело: складено авторами

Взаємний вплив підсистем безпеки та мобільності полягає в тому, що, до прикладу, безпечна транспортна інфраструктура сприяє безаварійному руху, а зменшення хаотичного паркування підвищує безпеку пішоходів.

Аналізуючи взаємозв'язок підсистеми безпеки з підсистемою екологічності, варто зауважити, що рішення, які направлені на посилення контролю за викидами шкідливих речовин і парникових газів від транспорту, призводять до зниження шкідливого впливу на здоров'я мешканців міста, а обмеження руху транспорту у центрі міста сприяє забезпеченню чистоти повітря.

Основною метою підсистеми екологічності міського середовища, як компоненту сітілогістичної системи, є зменшення негативного впливу на довкілля та покращення якості життя мешканців та гостей міста. При цьому, ключовими елементами даної підсистеми є:

- екологічний (сталий) транспорт (електробуси, трамваї, тролейбуси, велосипеди);
- зелені зони та міські лісові насадження;
- альтернативні джерела енергії;
- система роздільного збору відходів;
- контроль рівня забруднення повітря та шуму.

Взаємний вплив підсистем екологічності та мобільності полягає в тому, що використання екологічного транспорту знижує рівень забруднення, а обмеження руху транспорту в центральних районах міста сприяє розвитку сталих видів мобільності (пішохідні переміщення, велосипедний рух, громадський транспорт).

Своєю чергою, взаємозв'язок підсистеми екологічності з підсистемою безпечності простежується в наступних аспектах. До прикладу, підвищення якості повітря та зниження шумового забруднення впливають на покращення здоров'я мешканців, а озеленення міських просторів сприяє покращенню мікроклімату та зменшенню теплових островів.

Отже, сітілогістична система, в якості ключових підсистем якої розглядаються підсистема міської мобільності, підсистема безпечності та підсистема екологічності міського середовища є взаємопов'язаною мережею, у якій зміна одного елемента впливає на всі інші. До прикладу, оптимізація транспорту зменшує аварійність і покращує екологічний стан, підвищення рівня безпеки сприяє комфортному пересуванню мешканців, а впровадження екологічних рішень (сталих практик) покращує якість повітря та здоров'я населення.

За даних обставин головною умовою забезпечення ефективності функціонування сітілогістичної системи є створення балансу між підсистемою міської мобільності, підсистемою безпечності та підсистемою екологічності міського середовища, що, в підсумку, підвищує рівень комфортності та створює здорове життя в місті.

Ключовими напрями розвитку сітілогістичної системи є:

- інвестиції в розвиток сталих видів мобільності (пішохідна та велосипедна інфраструктура, громадський та екологічний транспорт);
- розвиток безпечної інфраструктури для всіх учасників руху;
- створення «зелених» зон і зменшення впливу транспорту на довкілля.

Враховуючи основні засади системного аналізу можна визначити основні фундаментальні принципи системного підходу, які є притаманні сітілогістичній системі. До них відносяться наступні:

- принцип цілісності – сітілогістична система розглядається як єдине ціле, а не просто набір її окремих складових;
- принцип структурованості – сітілогістична система має певну організацію та взаємозв'язки між її підсистемами (мобільністю, безпечністю, екологічністю);
- принцип ієрархічності – сітілогістична система складається з підсистем і сама може бути частиною більшої системи;
- принцип функціональності – кожен елемент сітілогістичної системи виконує певні функції, необхідні для забезпечення її функціонування;
- принцип адаптивності і розвитку – сітілогістична система може змінюватися сама і пристосовуватися до змін у зовнішньому середовищі.

Отже, застосування системного підходу дозволяє описати сітілогістичну систему за допомогою математичних виразів. Це передбачає для кожного компонента системи введення кількісних показників та встановлення залежностей між ними.

Рівень міської мобільності, який залежить від розвиненості системи громадського транспорту (доступності), кількості індивідуального транспорту та середньої швидкості руху транспорту, можна описати наступним виразом:

$$M = \alpha_1 T_g - \alpha_2 T_c + \alpha_3 R \quad (1)$$

де M – рівень міської мобільності;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – вагові коефіцієнти, що визначають вплив факторів на мобільність (залежно від міста);

T_g – розвиненість системи громадського транспорту;

T_c – кількість індивідуального автотранспорту;

R – середня швидкість руху транспорту.

При цьому, чим вищим є рівень розвитку сфери громадського транспорту, тим вищим буде рівень міської мобільності; чим більшою є кількість індивідуального транспорту, який впливає на виникнення заторових явищ, тим гіршим буде рівень міської мобільності; чим вищою є середня швидкість руху транспорту, тим кращим буде рівень міської мобільності.

Аналізуючи підсистему безпечності міського середовища, яка залежить від кількості ДТП, рівня розвитку інфраструктури та можливості проведення моніторингу і контролю за правопорушеннями, можна записати вираз, який її описує, наступним чином:

$$B = \beta_1 I + \beta_2 C - \beta_3 A \quad (2)$$

де B – рівень безпечності міського середовища;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – вагові коефіцієнти;

I – рівень розвитку інфраструктури;

C – моніторинг і контроль правопорушень;

A – кількість ДТП.

Рівень розвиненості інфраструктури, який підвищує безпечність, визначається наявністю освітлення, технічних засобів організації дорожнього руху (дорожніх знаків та розмітки), велосмуг та велодоріжок, тощо. Моніторинг і контроль правопорушень призводить до зменшення їх кількості. Своєю чергою, збільшення кількості ДТП впливає на зниження рівня безпеки.

Рівень екологічності міського середовища, який залежить від рівня забруднення повітря, кількості зелених зон та рівня шуму, можна описати наступним виразом:

$$E = \gamma_1 G - \gamma_2 P - \gamma_3 S \quad (3)$$

де E – рівень екологічності міського середовища;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – вагові коефіцієнти;

G – площа зелених зон міста;

P – рівень забруднення повітря (викиди шкідливих речовин та парникових газів);

S – рівень шумового забруднення.

Таким чином, чим значнішою є площа зелених зон у місті, тим вищим буде рівень екологічності. І навпаки, чим вищим є рівень забруднення і шуму, тим нижчим буде рівень екологічності міського середовища.

Загальну функцію, яка визначає ефективність сітілогістичної системи, враховуючи взаємний вплив підсистем мобільності, безпечності та екологічності, можна записати як:

$$L = w_1 M + w_2 B + w_3 E \quad (4)$$

де L – загальний рівень ефективності сітілогістичної системи;

w_1, w_2, w_3 – коефіцієнти вагомості кожної складової.

Виходячи з виразу (4), якщо рівень міської мобільності зростає, але за рахунок підвищення забруднення довкілля чи кількості ДТП, то ефективність сітілогістичної системи, яка в даному контексті відображається через рівень якості і комфортності життя в міському середовищі, може знижуватися.

Формули (1), (2), (3), (4) допомагають кількісно оцінити рівень ефективності сітілогістики та прогнозувати її можливі зміни. До прикладу, в практичному аспекті у вирази можна підставляти реальні дані, які отримуються з різних датчиків, статистики ДТП, показників забруднення тощо та моделювати розвиток міста. При прийнятті управлінських рішень всередині сітілогістичної системи, підтримання балансу між підсистемами мобільності, безпечності та екологічності є головною умовою до забезпечення комфортного міського середовища для жителів та гостей міста.

ВИСНОВКИ

В умовах впровадження стратегії сталого розвитку, яка передбачає фокусування усіх зусиль в економічній, екологічній та соціальній сфері в таких напрямках як енерго- та ресурсозбереження, а також мінімізація негативного впливу на довкілля, відбулося формування ряду сучасних логістичних концепцій. Однією з таких концепцій розглядається сітілогістика, яка являє собою науково-практичний напрямок, предметом якого є удосконалення транспортно-логістичних схем та маршрутів перевезень вантажів і пасажирів в умовах великих міст.

Одним із шляхів забезпечення ефективного впровадження концепції сітілогістики, як складної соціально-економічної системи, є застосування системного підходу. В даному контексті системний підхід розглядає сітілогістику як систему, основними складовими підсистемами якої є мобільність, безпечність та екологічність міського середовища. Також системний підхід допомагає аналізувати складні явища та процеси, які мають місце в сітілогістичній системі, враховуючи їхню структуру, функції, взаємозв'язки та динаміку розвитку. Вищезазначені явища та процеси пов'язуються, головним чином, з управлінням логістичними потоками в межах міста, переміщенням пасажирів, товарів, інформації, ресурсів тощо.

За даних обставин головною умовою забезпечення ефективності функціонування сітілогістичної системи є створення балансу між її складовими підсистемами, що, в підсумку, підвищує рівень комфортності та створює здорове життя в місті. Ключовими напрями розвитку сітілогістичної системи є: інвестиції в розвиток сталих видів мобільності (пішохідна та велосипедна інфраструктура, громадський та екологічний транспорт); розвиток безпечної інфраструктури для всіх учасників руху; створення «зелених» зон і зменшення впливу транспорту на довкілля. В роботі, на основі застосування системного підходу, сітілогістичну систему описано за допомогою математичних виразів. Це передбачає для кожного компонента системи введення кількісних показників та встановлення залежностей між ними, які допомагають кількісно оцінити рівень ефективності сітілогістики та прогнозувати її можливі зміни на певну перспективу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Губенко В.К., Ніколаєнко І.В. City Logistics: імплементація парадигми креативних логістичних ланцюгів: монографія. Маріуполь, 2015. 493 с.
2. Янішевський С.В., Білоног О.Є. Підвищення безпеки сталої міської мобільності для людей літнього віку та осіб з обмеженими можливостями здоров'я. *Третя Всеукраїнська науково-практична конференція «Транспортні технології та безпека дорожнього руху»*, 16–17 червня 2022 року, тези доповідей. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. С. 64–68.

3. Янішевський С.В., Білоног О.Є., Корчевська А.А. Обмеження швидкості транспортних засобів в містах для підвищення безпеки вразливих учасників дорожнього руху. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий збірник*. Київ : НТУ, 2023. Вип. 1 (55). С. 335-347. <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/55/335.pdf> (дата звернення: 12.02.2025).

4. Polishchuk V., Yanishevskiy S., Bilonoh O., Nahrebelna L., Trushevsky V., Korchevska A., Semenchenko O., Vyhovska I. (2023). Expert assessment of engineering and planning solutions to improve the safety of vulnerable road users in Ukraine. *Expert assessments in decision making: risks and safety: collective monograph*. Pp. 154-206. Tallinn: Scientific Route OÜ, 222. Scopus DOI: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-2-1> (дата звернення: 12.02.2025).

5. Білоног О.Є., Янішевський С.В., Климчук Ю.О., Черненко І.О. Міська мобільність в Україні: аналіз основних викликів. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий збірник*. Київ : НТУ, 2024. Вип. 1 (58). С. 11-22. <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/58/011.pdf> (дата звернення: 12.02.2025).

6. Білоног О.Є., Янішевський С.В., Галак І.І., Климчук Ю.О. Управління міською мобільністю: кращі практики впровадження проєктів розвитку систем сталої мобільності в містах України. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науковий журнал*. Київ : НТУ, 2025. Вип. 117.1. С. 45-58.

7. Систематологія на транспорті: Основи теорії систем і управління. Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та ін. Київ : Знання України, 2005. 344 с.

8. Вороніна Р.М. Розвиток міської мобільності у світі. *Молодий вчений*, № 2 (17), лютий, 2015 р., с. 13-16.

9. Arthur D. Little future lab, UITP. The Future of Urban Mobility 2.0. Arthur D. Little and UITP, 2014. 72 с.

10. Статистика. *Патрульна поліція України*. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення: 12.02.2025).

11. Екологічний паспорт міста Києва. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2022. 120 с. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-m.-Kyiv.pdf> (дата звернення: 12.02.2025).

12. Міська мобільність в Києві: аналітична довідка та рекомендації. *Центр екологічних ініціатив «Екодія»*. URL: <https://ecoaction.org.ua/miska-mobilnist-kyiv.html> (дата звернення: 12.02.2025).

REFERENCES

- Gubenko, V.K., & Nikolaenko I.V. (2015). City Logistics: implementation of the paradigm of creative logistics chains: monograph. Mariupol, 2015. 493 p. [in Ukrainian].
- Yanishevsky, S.V., & Bilonog, O.Y. (2022). Improving the safety of sustainable urban mobility for the elderly and people with disabilities. Third All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Transport Technologies and Road Safety», June 16–17, 2022, abstracts. – Zaporizhzhia: National University «Zaporizhzhia Polytechnic», 2022. P. 64-68. [in Ukrainian].
- Yanishevsky, S.V., Bilonog, O.Y., & Korchevska, A.A. (2023). Speed limits for vehicles in cities to improve the safety of vulnerable road users. *Bulletin of the National Transport University. Series «Technical Sciences». Scientific collection*. – Kyiv: NTU, 2023. – Issue 1 (55). P. 335-347. <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/55/335.pdf> [in Ukrainian].
- Polishchuk, V., Yanishevskiy, S., Bilonoh, O., Nahrebelna, L., Trushevsky, V., Korchevska, A., Semenchenko, O., & Vyhovska I. (2023). Expert assessment of engineering and planning solutions to improve the safety of vulnerable road users in Ukraine. *Expert assessments in*

- decision making: risks and safety: collective monograph. Pp. 154-206. Tallinn: Scientific Route OÜ, 222. Scopus DOI: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-2-1>
- Bilonog, O.Y., Yanishevsky, S.V., Klymchuk, Yu.O., & Chernenko I.O. (2024). Urban mobility in Ukraine: analysis of the main challenges Bulletin of the National Transport University. Series «Technical Sciences». Scientific collection. – Kyiv: NTU, 2024. – Issue 1 (58). P. 11-22. <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/58/011.pdf> [in Ukrainian].
- Bilonog, O.E., Yanishevsky, S.V., Galak, I.I., & Klymchuk Yu.O. (2025). Urban mobility management: best practices for implementing sustainable mobility systems development projects in Ukrainian cities. Motorways and road construction. Scientific journal. – K.: NTU, 2025. – Issue 117.1. Pp. 45-58. [in Ukrainian].
- Systematology in transport: Fundamentals of the theory of systems and management. Gavrylov, E.V., Dmytrichenko, M.F., Dolya, V.K. and others. – K.: Znannia Ukrainy, 2005 – 344 p. [in Ukrainian].
- Voronina R.M. (2015). Development of urban mobility in the world / Young Scientist, No. 2 (17), February, 2015, pp. 13-16. [in Ukrainian].
- Arthur D. (2014). Little future lab, UITP. The Future of Urban Mobility 2.0. / Arthur D. Little and UITP, 2014. 72 c.
- Statistics. Patrol Police of Ukraine. (2025). URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> [in Ukrainian].
- Ecological Passport of the City of Kyiv. (2022). Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, 2022. – 120 p. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyi-pasport-m.-Kyiv.pdf> [in Ukrainian].
- Urban mobility in Kyiv: analytical background and recommendations. Center for Environmental Initiatives «Ecodia». (2025). URL: <https://ecoaction.org.ua/miska-mobilnist-kyiv.html> [in Ukrainian].

SYSTEMIC ASPECTS OF ENSURING THE EFFICIENCY OF SITILOGISTICS

Oksana Bilonoh

*National Transport University
Kyiv, Ukraine*

Iryna Halak

*National Transport University
Kyiv, Ukraine*

Anna Dobrovolska

*National Transport University
Kyiv, Ukraine*

Serhii Yanishevskyi

*National Transport University
Kyiv, Ukraine*

The study is devoted to the analysis of systemic aspects of ensuring the effective implementation of the concept of city logistics, which consists in improving the quality and comfort of life of the urban population. In the context of a systemic approach, city logistics is considered as a system, the main components of which are the urban mobility subsystem, as well as the safety and environmental friendliness subsystems of the urban environment.

The purpose of the study is to form a systemic approach to the implementation of the concept of city logistics as a complex socio-economic system, and to ensure its effectiveness. The subject of the study is the process of forming a balance between the constituent subsystems of city logistics, which, as a result, increases the level of comfort and creates a healthy life in the city. The study uses the method of systems analysis to structure the city logistics system according to its main components, as well as modeling processes in the city logistics system, which allows determining the relationships between its above-mentioned constituent elements, taking into account their structure (key elements), purpose, functions and development dynamics.

Key areas of development of the city logistics system have been identified, including: investments in the development of sustainable types of mobility (pedestrian and bicycle infrastructure, public and ecological transport); development of safe infrastructure for all traffic

participants; creation of «green» zones and reduction of the impact of transport on the environment. The practical significance of the work lies in the possibility of using mathematical expressions developed on the basis of system analysis, which provide for the introduction of quantitative indicators for each component of the system and the establishment of dependencies between them, which is the basis for quantitative assessment of the level of efficiency of city logistics and forecasting its possible changes for a certain perspective.

Keywords: logistics, logistics services, city logistics, sustainable development, systems analysis, urban mobility, sustainable mobility systems, safety of the urban environment, environmental friendliness of the urban environment.