

# Технології «зеленої» транспортної логістики

Олександр Процик

*Національний транспортний університет  
м. Київ, Україна*

Екологічний підхід до суспільно-економічного розвитку держави передбачає врахування впливу господарської діяльності на навколишнє середовище та природні ресурси, з метою забезпечення сталого розвитку. Основні положення такого підходу включають в себе аналіз, дослідження та впровадження принципів відповідальності, мінімізації викидів та забруднень, збереження біорізноманіття, зелених технологій та інновацій, залучення громадськості до прийняття рішень та контролю за реалізацією екологічних стратегій та проектів, збалансованості інтересів між потребами сьогодення та майбутніх поколінь, також питання сталості ресурсів.

Розвиток, що не враховує обмеженості природних ресурсів, не може бути сталим. Екологічний підхід передбачає раціональне використання ресурсів з урахуванням їх відновлювальної природи. Підприємства та інші суб'єкти господарювання повинні зменшувати негативний вплив на довкілля шляхом впровадження чистих технологій та ефективного управління відходами. Необхідне сприяння забезпеченню збереження різноманітності живих організмів та екосистем, оскільки втрата біорізноманіття може призвести до серйозних наслідків для екологічної стійкості. Також розвиток та застосування технологій, які сприяють зменшенню екологічного сліду та підвищують ступінь використання відновлюваних джерел енергії є актуальними на даний час.

Цей підхід передбачає врахування екологічних аспектів у всіх сферах суспільно-економічного життя, від промисловості та транспорту до аграрного сектору та міського планування.

## I. ІСТОРИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИНИКНЕННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЗЕЛЕНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ. ПОНЯТІЙНИЙ АПАРАТ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ. ВИЗНАЧЕННЯ ТА ТЕРМІНИ

*Історична передумова розвитку технологій зеленої транспортної логістики* може бути відстежено через декілька ключових етапів у розвитку транспортної та логістичної індустрій.

На початку промислової революції у XIX столітті транспорт базувався на паровій та локомотивній технологіях. Ці технології, хоч і були передовими для свого часу, призводили до значного забруднення повітря та екологічних проблем. З появою електричних транспортних засобів та технологій внутрішнього згоряння у другій половині XIX - початку XX століття почалася поступова зміна технологій в транспорті. Ці нові види технологій дозволили значно зменшити викиди шкідливих речовин порівняно зі старими паровими системами. У другій половині XX століття зростання транспортних мереж та розвиток транспортної логістики спричинили підвищення споживання палива та збільшення викидів. Однак, з тим же розвитком з'явилися і ідеї екологічно чистих рішень у транспортній логістиці. Починаючи з кінця XX століття та на початку XXI століття, наукові дослідження та інновації в області транспортної логістики та автомобільної промисловості посилились. Це призвело до розвитку нових екологічно чистих технологій, таких як електричні автомобілі, гібридні транспортні засоби, використання водню як пального та інші.

Зростання усвідомленості щодо проблем забруднення довкілля та зміни клімату призвело до збільшення інтересу до зелених технологій в транспорті. Це стимулювало урядові та приватні організації інвестувати у розвиток зелених технологій і впровадження екологічно чистих підходів у транспортній логістиці.

Таким чином, історична передумова розвитку технологій зеленої транспортної логістики полягає в поступовому переході від застарілих та забруднюючих технологій до новітніх, екологічно чистих та сталих рішень у транспорті та логістиці.

Термін "зелена транспортна логістика" виник у контексті розвитку сталого розвитку та боротьби з екологічними проблемами, пов'язаними з транспортом і логістикою. Ця концепція поступово виникла внаслідок зростаючого усвідомлення суспільства та бізнесу щодо потреби в обмеженні викидів шкідливих газів, зменшенні споживання ресурсів та збереженні природних екосистем.

Ретроспектива терміну "зелена транспортна логістика" можна розглядати наступним чином.

Початок ХХ століття характеризується першими проявами інтересу до екологічних аспектів у транспорті виникли на початку ХХ століття, коли почалися обговорення щодо впливу автомобільного транспорту на забруднення повітря. У 80-90-ті роки активізувалися дослідження в галузі транспортної логістики, що включали аналіз екологічних аспектів. З'явилися перші роботи, присвячені темі зменшення викидів у логістичних процесах. На початку 2000-х років поняття "зелена транспортна логістика" стало більш поширеним, оскільки зросло усвідомлення екологічних проблем та потреба в їх вирішенні. Були розроблені перші концепції та стратегії для покращення екологічної сталості у транспортній логістиці. У сучасний період зелена транспортна логістика стала не лише популярним поняттям, але і стратегічно важливим напрямом розвитку транспортної та логістичної діяльності. Багато компаній та урядових організацій активно впроваджують зелені ініціативи та технології для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

У цілому, ретроспектива терміну "зелена транспортна логістика" відображає зростаюче усвідомлення екологічних проблем та розвиток стратегій та технологій для їх вирішення у галузі транспорту та логістики.

Історичні передумови виникнення технологій зеленої логістики тісно пов'язані з розвитком транспортних та промислових процесів, а також з ростом усвідомлення екологічних проблем і потреби в їх вирішенні. Початок промислової революції у ХІХ столітті призвів до значного зростання виробництва та транспортування товарів, що супроводжувалося значними викидами забруднюючих речовин.

Розвиток транспортних технологій та промисловості відбувався на фоні відсутності серйозної уваги до екологічних наслідків. Протягом ХХ століття стало очевидним, що необхідно звернути увагу на екологічні аспекти промислового виробництва та транспортування. Екологічні катастрофи, забруднення довкілля та зменшення природних ресурсів спричинили зростання інтересу до сталого розвитку. Розвиток наукових досліджень у сфері екології та технологій сприяв появі нових підходів до логістики, спрямованих на зменшення викидів та оптимізацію використання ресурсів. Підвищення уваги до екологічних питань з боку споживачів вимагає від компаній усунення негативного впливу їх діяльності на довкілля. Це стимулює впровадження зелених практик у сфері логістики.

*Понятійний апарат* - це система понять, термінів та визначень, які використовуються для розуміння, опису та аналізу конкретної галузі знань або предмета дослідження. Він включає терміни та поняття, які характеризують основні аспекти та аспекти об'єкта дослідження. У випадку технологій зеленої транспортної логістики понятійний апарат може включати такі терміни і визначення:

- *зелена транспортна логістика* - система управління транспортними потоками, що спрямована на зменшення негативного впливу транспорту на довкілля шляхом використання екологічно чистих технологій, оптимізації маршрутів, ефективного використання ресурсів і зменшення екологічного відбитку транспортних операцій;
- *технології зеленої транспортної логістики* - технології спрямовані на створення більш ефективної, економічно прийнятної та екологічно чистої системи транспортної логістики, що відповідає вимогам сталого розвитку та забезпечує збереження довкілля для майбутніх поколінь;
- *енергоефективність* - характеристика, що вказує на ефективне використання енергії у транспортних процесах, що може бути досягнуто за рахунок використання економічних та екологічно чистих технологій;
- *викиди шкідливих речовин* - кількість вуглекислого газу (або інших речовин), який викидається у повітря під час експлуатації

транспортних засобів, який вимірюється у вагових одиницях (наприклад, тони або кілограми);

- *екологічна сталість* - стратегії та підходи, спрямовані на забезпечення балансу між економічною продуктивністю та збереженням навколишнього середовища, що застосовуються у транспортній логістиці;
- *альтернативні джерела енергії* - джерела енергії, такі як сонячна енергія, вітроенергія, біопалива тощо, які не базуються на традиційних вуглеводневих паливах;
- *споживча екологія* - вивчення впливу виробництва та споживання товарів на довкілля та розробка стратегій зменшення цього впливу;
- *стале логістичне управління* - застосування принципів сталого розвитку у всіх аспектах логістичного управління, включаючи складання маршрутів, упаковку, складське управління тощо;
- *екологічна логістика* - використання ефективних транспортних та складських рішень з метою зменшення негативного впливу на довкілля;
- *екологічна ефективність* - міра, у якій логістичні процеси сприяють зменшенню впливу на довкілля, включаючи зниження викидів CO<sub>2</sub> та інших забруднюючих речовин;
- *екологічний відбиток транспортування* - кількість забруднюючих речовин, викинутих в атмосферу під час транспортування товарів від початку до кінця логістичного ланцюжка;
- *зелений флот* - флот транспортних засобів, що використовується в рамках зеленої транспортної логістики, який може включати електричні, гібридні або транспортні засоби, що використовують альтернативні джерела палива;
- *відповідальна поставка* - підходи до управління логістичними процесами, що враховують соціальні, економічні та екологічні аспекти у всьому ланцюжку постачання;
- *екологічно-дружні матеріали і упаковка* - використання матеріалів упаковки, які мають менший вплив на довкілля та їх легше переробити або вторинно використовувати;

- *колаборативна логістика* - співпраця між різними сторонами в логістичному ланцюжку з метою спільного використання ресурсів, зменшення кількості пустих пробігів та зниження екологічного відбитку;
- *карбоновий слід* - вимірювання та оцінка викидів парникових газів, що пов'язані з логістичними операціями, з метою їх подальшого зменшення;
- *мультимодальні транспортні системи (Multimodal Transportation Systems)* - це системи, які поєднують різні види транспорту (автомобілі, залізниця, морські та повітряні перевезення) для оптимізації транспортних потоків та зменшення викидів.
- *інші терміни, що притаманні даній галузі дослідження.*

Цей понятійний апарат допомагає учасникам дискусій чітко розуміти та комунікувати основні концепції та ідеї, пов'язані з технологіями зеленої транспортної логістики та спілкуватися на зазначені теми, сприяє впровадженню екологічно чистих та сталих підходів у цій галузі. Ці та інші загальноприйняті терміни і визначення допомагають стандартизувати та розуміти основні принципи та концепції зеленої транспортної логістики. В подальшому у роботі буде розглянуто більш детально основні визначення і терміни, також проаналізована існуюча термінологія, методи визначення та виміру негативного впливу транспортних засобів на довкілля та інші дослідження, що можуть використовуватися при вивченні дисциплін пов'язаних з технологіями зелено транспортної логістики та проведення досліджень у даному напрямку.

*Галузь дослідження, об'єкт та предмет дослідження, мета та місія наукового дослідження* є обов'язковою складовою для характеристики наукового напрямку дослідження.

*Галузь дослідження* - це конкретна область знань або тема, що вивчається у наукових або науково-дослідницьких дослідженнях. В контексті технологій зеленої транспортної логістики, галузь дослідження охоплює всі аспекти, пов'язані з впровадженням екологічно чистих технологій у транспортні та логістичні системи з метою зменшення негативного впливу на довкілля та покращення

сталості цих систем. Такі аспекти можуть включати в себе дослідження нових технологій енергоефективних транспортних засобів, розвиток інфраструктури для альтернативних джерел енергії, аналіз впливу транспортних систем на довкілля, а також дослідження ефективності різних стратегій логістичного управління для зменшення викидів та оптимізації ресурсів. Галузь дослідження є ключовою для розробки нових ідей, методів та практик, які сприятимуть побудові більш сталої та екологічно чистої транспортно-логістичної системи.

Зелена транспортна логістика - це галузь логістики, яка спрямована на зменшення впливу транспортної діяльності на навколишнє середовище та мінімізацію викидів парникових газів, споживання енергії та інших ресурсів. Вона включає в себе використання екологічно чистих видів транспорту, оптимізацію маршрутів доставки, використання енергоефективних технологій та розробку стратегій управління для зменшення викидів таких як CO<sub>2</sub> та інших. Виконання екологічних принципів сприяє забезпеченню сталого розвитку, підвищенню якості життя та збереженню природного середовища для майбутніх поколінь

Цей напрямок дослідження вивчає різноманітні аспекти створення ефективних, екологічно чистих і стійких транспортних систем. Він включає в себе такі теми, як екологічно чисті види транспорту, оптимізація маршрутів, використання альтернативних видів палив, стратегії управління транспортними потоками, управління вантажними потоками, законодавство та стандарти (табл. 1).

Таблиця 1 – Теми напрямку дослідження зеленої транспортної логістики

№ п/п	Теми	Зміст
1	Екологічно чисті види транспорту	Дослідження та застосування електромобілів, гібридних автомобілів, водневих транспортних засобів, велосипедів та інших видів транспорту, які мають менший вплив на довкілля

Кінець таблиці 1

2	Оптимізація маршрутів	Використання алгоритмів для знаходження найбільш ефективних маршрутів з мінімальним використанням пального та мінімізацією викидів
3	Використання альтернативних видів палив	Розробка та впровадження стратегій з використання біопалива, електроенергії, водню та інших джерел енергії, що мають менший негативний вплив на довкілля
4	Стратегії управління транспортними потоками	Розробка методів оптимізації транспортних потоків для зменшення заторів, часу перебування та витрат пального
5	Управління вантажними потоками	Розробка та впровадження стратегій, що спрямовані на зменшення використання ресурсів та викидів в процесі перевезення товарів
6	Законодавство та стандарти	Вивчення та впровадження законодавства та стандартів, спрямованих на зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище

Зелена транспортна логістика стає все більш важливою у сучасному світі, де зростає увага до екологічних проблем і потреба у сталому розвитку.

*Об'єктом дослідження* є конкретний об'єкт, який вивчається або аналізується у наукових або науково-дослідницьких дослідженнях. В контексті технологій зеленої транспортної логістики об'єктом дослідження можуть бути різні аспекти транспортних та логістичних систем, які піддаються аналізу для розробки ефективних та сталих рішень. Наприклад, це можуть бути транспортні системи, транспортні засоби, логістичні системи, екологічні аспекти:

- транспортні системи - об'єктом дослідження можуть бути транспортні системи в цілому, включаючи дороги, залізниці, водні та повітряні шляхи сполучення, які використовуються для переміщення товарів та людей;
- транспортні засоби - дослідження можуть стосуватися конкретних транспортних засобів, таких як автомобілі, поїзди, судна

або літаки, зокрема їхня ефективність, енергоефективність та вплив на довкілля;

- логістичні системи - об'єктом дослідження також можуть бути логістичні системи, включаючи складське господарство, управління запасами, оптимізацію маршрутів та інші аспекти логістики, які впливають на транспортні процеси;

- екологічні аспекти - дослідження також можуть спрямовуватися на аналіз екологічних аспектів транспортних та логістичних систем, таких як викиди CO<sub>2</sub>, забруднення повітря та води, а також вплив на біорізноманіття.

Об'єкт дослідження визначається метою та обсягом дослідження і може бути різним у кожному конкретному дослідженні питань зеленої транспортної логістики.

*Об'єктом дослідження технологій зеленої транспортної логістики* можуть бути різні аспекти транспортної системи, які підлягають оптимізації та вдосконаленню для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Деякі з можливих об'єктів дослідження можуть включати транспортні засоби, інфраструктуру, системи управління та моніторингу, методи логістики та управління ланцюгом постачань, енергоефективність та використання альтернативних джерел енергії або їх поєднання (табл. 2).

Таблиця 2 – Об'єкти дослідження технологій зеленої транспортної логістики

№ п/п	Об'єкти дослідження	Зміст
1	Транспортні засоби	Дослідження та розробка нових екологічно чистих видів транспорту, таких як електромобілі, гібридні автомобілі, водневі транспортні засоби, а також вдосконалення експлуатаційних характеристик і енергоефективності традиційних засобів перевезення

Кінець таблиці 2

2	Інфраструктура	Вивчення та розробка інфраструктури для підтримки зелених транспортних технологій, таких як зарядні станції для електромобілів, інфраструктура для водневого транспорту, велосипедні та пішохідні доріжки тощо
3	Системи управління та моніторингу	Розробка та застосування інтелектуальних систем управління та моніторингу, які дозволяють оптимізувати маршрути, ефективніше використовувати ресурси, а також відстежувати викиди та інші параметри екологічної ефективності
4	Методи логістики та управління ланцюгом постачань	Дослідження та розробка методів логістики, які спрямовані на зменшення викидів шляхом оптимізації запасів, маршрутів та транспортних процесів
5	Енергоефективність та використання альтернативних джерел енергії	Вивчення та розробка технологій для зменшення енергоспоживання та використання альтернативних джерел енергії для транспортних потреб

Ці об'єкти дослідження сприяють розвитку зелених транспортних технологій та сприяють створенню більш сталої та екологічно чистої транспортної системи.

*Об'єктом дослідження технологій зеленої транспортної логістики* можуть бути різноманітні аспекти технологічних інновацій, що впливають на транспортну логістику та мають потенціал для зменшення впливу на навколишнє середовище. Деякі з цих об'єктів дослідження включають дослідження ефективності та екологічних переваг електричних автомобілів, гібридних транспортних засобів та інших альтернативних видів транспорту (електромобілі та гібридні транспортні засоби); дослідження використання водню як альтернативного пального для транспортних засобів, включаючи водневі паливні елементи та системи зберігання (водневі технології); дослідження та вдосконалення паливних систем для транспортних

засобів, зокрема розробка біопалива та інших альтернативних джерел енергії (ефективність паливних систем); дослідження та розробка алгоритмів оптимізації маршрутів, включаючи технології штучного інтелекту та інтелектуальні системи управління транспортними потоками (системи управління транспортними потоками); дослідження ефективних технологій для зменшення енергоспоживання та викидів шкідливих речовин від вантажних транспортних засобів, таких як системи енергоефективності та аеродинамічні вдосконалення (технології вантажного транспорту); дослідження та розробка інформаційних систем для відстеження, моніторингу та управління транспортними потоками з метою зменшення затрат на паливо та оптимізації використання ресурсів (інформаційні технології). Дослідження цих технологій допомагає вдосконалити ефективність та екологічну сталість транспортної логістики, сприяючи зниженню викидів парникових газів та споживанню енергії.

*Предмет дослідження технологій зеленої транспортної логістики* охоплює широкий спектр аспектів, пов'язаних з розробкою, впровадженням і використанням екологічно чистих і ефективних технологій у сфері транспорту та логістики. Деякі з основних предметів дослідження включають вивчення різних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідроенергетика та біопаливо, та їх потенціал застосування в транспорті для зменшення викидів CO<sub>2</sub> та інших забруднюючих речовин (альтернативні джерела енергії); дослідження технологій електричних транспортних засобів, включаючи розвиток батарейних систем, швидкозарядних станцій та інфраструктури для підтримки електромобілів (електрифікація транспорту); дослідження технологій, які використовують дані та аналітику для оптимізації руху транспортних потоків, мінімізації заторів і зниження споживання пального (інтелектуальні транспортні системи (ITS)); вивчення систем відстеження та моніторингу транспортних засобів для ефективного використання ресурсів, планування маршрутів та оптимізації доставки (технології управління парком транспортних засобів); дослідження розвитку технологій водневих паливних елементів для електромобілів та інших транспортних засобів (використання водневої енергії);

дослідження інтеграції різних видів транспорту (поїздів, літаків, автобусів, вантажівок тощо) для максимізації ефективності та зменшення впливу на навколишнє середовище (мультимодальні транспортні системи).

Ці напрямки досліджень спрямовані на розробку та впровадження інноваційних рішень, спрямованих на зменшення викидів, покращення енергоефективності та забезпечення сталого розвитку у сфері транспортної логістики.

Мета та місія наукового дослідження включають в себе конкретні цілі або завдання, які передбачаються для досягнення в рамках даного напрямку досліджень. Мета може визначати зазначений внесок у розвиток науки, технологій чи суспільства в цілому. Місія може включати прагнення до забезпечення сталого розвитку, здоров'я та благополуччя людей, збереження природних ресурсів тощо

*Мета технологій зеленої транспортної логістики* полягає в досягненні більш сталого та екологічно чистого розвитку у сфері транспорту та логістики. *Основні цілі* включають: зменшення викидів парникових газів та інших шкідливих речовин, що сприяє зменшенню негативного впливу на здоров'я людей та навколишнє середовище (*зменшення викидів*); технології зеленої транспортної логістики спрямовані на ефективне використання енергії, пального та інших ресурсів, що дозволяє зменшити витрати та підвищити продуктивність (*ефективне використання ресурсів*); шляхом використання електромобілів, водневих транспортних засобів та інших чистих технологій можна значно покращити якість повітря в міських та промислових районах (*покращення якості повітря*); впровадження інтелектуальних транспортних систем, оптимізація маршрутів та використання мультимодальних підходів допомагають зменшити транспортні затори та збільшити ефективність руху (*зменшення транспортних заторів*); зелена транспортна логістика може сприяти зниженню витрат на енергію та ресурси, що дозволяє підприємствам збільшити свою конкурентоспроможність на ринку (*підвищення конкурентоспроможності*); зелена транспортна логістика сприяє досягненню цілей сталого розвитку, зокрема щодо зменшення впливу

на клімат, збереження ресурсів та забезпечення екологічної стійкості (*сприяння сталому розвитку*).

Отже, *мета технологій зеленої транспортної логістики* полягає в створенні ефективних та сталих транспортних систем, які сприяють забезпеченню екологічно чистого та ефективного руху товарів та людей.

*Місія технологій зеленої транспортної логістики* полягає у забезпеченні функціонування ефективної та екологічно чистої транспортної системи, яка сприяє сталому розвитку та збереженню навколишнього середовища. Основні аспекти місії зеленої транспортної логістики включають: зменшення викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин шляхом використання електричних, водневих та інших екологічно чистих видів транспорту (*зменшення викидів*); раціональне використання енергії, пального та інших ресурсів для максимізації ефективності та мінімізації втрат (*збереження ресурсів*); підвищення ефективності транспортної системи шляхом використання інтелектуальних технологій, оптимізації маршрутів та використання мультимодальних підходів (*підвищення ефективності*); забезпечення доступності транспортних послуг для всіх груп населення та збереження високого рівня безпеки на дорогах (*забезпечення доступності та безпеки*); стимулювання інновацій у сфері транспортної логістики для розробки нових технологій, які дозволять досягти більшого рівня екологічної сталості та ефективності (*сприяння інноваціям*); залучення громадськості та зацікавлених сторін до підтримки та впровадження зелених транспортних ініціатив для досягнення спільних цілей збереження довкілля та сталого розвитку (*залучення громадськості*).

Отже, *місія технологій зеленої транспортної логістики* полягає в створенні більш сталої, ефективної та екологічно чистої транспортної системи, що сприяє забезпеченню збалансованого розвитку суспільства та збереженню навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

Впровадження технологій зеленої транспортної логістики передбачає вирішення ряду завдань, спрямованих на досягнення

сталого розвитку та зменшення впливу транспортної діяльності на навколишнє середовище. *Основні завдання впровадження* таких технологій включають: ретельне дослідження потреб та можливостей у сфері зеленої транспортної логістики, аналіз існуючих проблем та перешкод, виявлення ключових областей для впровадження нових технологій (*дослідження та аналіз*); створення нових технологічних рішень, які сприяють зменшенню викидів, покращенню енергоефективності та оптимізації транспортних процесів (*розробка інноваційних рішень*); етап впровадження нових технологій, що включає в себе їх практичне застосування на пілотних проектах або в реальних умовах, тестування ефективності та адаптацію до потреб користувачів (*впровадження та тестування*); розвиток необхідної інфраструктури для підтримки зелених технологій, таких як будівництво зарядних станцій для електромобілів, розвиток інформаційно-комунікаційної інфраструктури для управління транспортними потоками (*інфраструктурні зміни*); інформування та навчання учасників транспортної ланцюга про переваги та можливості використання зелених технологій, залучення громадськості та бізнес-середовища до підтримки таких ініціатив (навчання та усвідомлення); розробка та впровадження відповідного законодавства, стимулюючого використання зелених технологій та сприяючого їхньому розвитку через фінансові, податкові та інші заходи підтримки (законодавча підтримка); постійний моніторинг ефективності впроваджених технологій, аналіз результатів та вносити корективи для покращення процесів (моніторинг та оцінка).

Ці завдання є ключовими для успішного впровадження зелених технологій у сфері транспортної логістики та досягнення сталого розвитку у цій галузі.

Зазначені аспекти є обов'язковими для характеристики наукового напрямку або галузі дослідження. Вони допомагають зрозуміти, що саме досліджується, чому це важливо та яким чином дослідження може вплинути на наше розуміння світу або на практичний рівень.

## II. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ПОНЯТТЯМИ «ЗЕЛЕНА» ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА ТА ТРАНСПОРТНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Поняття *«зелена» транспортна логістика* і *транспортні технології* пов'язані між собою. Транспортні технології - це сукупність методів, процесів та інструментів, що використовуються для ефективного та безпечного перевезення вантажів та пасажирів з одного пункту в інший. Ці технології можуть включати в себе різні види транспорту, такі як автомобільний, залізничний, водний, повітряний транспорт, а також технології управління транспортними потоками, відслідковування вантажів та оптимізації маршрутів. Зелена транспортна логістика включає в себе використання транспортних технологій, які дозволяють забезпечити використання більш екологічно чистого транспорту та знизити негативний вплив на довкілля та ресурси.

Транспортні технології, такі як електромобілі, гібридні автомобілі, водневі автомобілі, електричні вантажівки, сонячні панелі на кришах транспортних засобів тощо (створених з метою покращення транспортних процесів та зменшення шкідливого впливу на довкілля), дозволяють зменшити викиди шкідливих речовин у повітря і забруднення довкілля.

Крім того, транспортні технології дозволяють зменшити витрати на паливо, забезпечити більш ефективне використання транспорту та покращити управління транспортними процесами. Застосування транспортних технологій може допомогти забезпечити більш ефективне та стійке використання ресурсів, що в свою чергу сприятиме збереженню довкілля і підвищенню якості життя людей.

Також розглянемо взаємозв'язок між *«зеленою» транспортною логістикою* та *автомобільно-транспортною технологією*. *«Зелена» транспортна логістика та автомобільно-транспортна технологія* є двома взаємопов'язаними поняттями в галузі транспортної логістики. Автомобільно-транспортна технологія включає в себе технології та методи, які використовуються для перевезення вантажів на дорогах, зокрема технічні можливості транспортних засобів, оптимізацію

маршрутів та руху транспортних засобів, а також контроль над вантажопотоками. Зелена транспортна логістика, з іншого боку, зосереджується на зменшенні впливу транспорту на довкілля та збільшенні екологічної стійкості вантажоперевезень. Це може включати в себе використання екологічно чистих палив, оптимізацію маршрутів для зменшення витрат палива та викидів газів, а також використання транспортних засобів з меншим впливом на довкілля, таких як електричні та гібридні автомобілі.

Таким чином, автомобільно-транспортна технологія може бути використана для покращення ефективності вантажоперевезень, а зелена транспортна логістика може допомогти зменшити вплив транспорту на довкілля та забезпечити стійкість вантажоперевезень в довгостроковій перспективі.

Автомобільно-транспортна технологія (АТТ) - це комплекс технічних та організаційних рішень, що стосуються руху транспорту, маршрутів руху, організації пасажирських та вантажних перевезень, забезпечення безпеки та ефективності транспортних перевезень.

Теорія АТТ включає в себе дослідження технічних та організаційних аспектів функціонування транспортної системи, також включаючи:

- вивчення технічних характеристик автотранспортних засобів, їх конструкції та технічного обслуговування;
- дослідження експлуатаційних властивостей дорожньої мережі, умов її експлуатації та технічного стану;
- розробка алгоритмів та методів планування транспортних маршрутів, їх оптимізація з урахуванням різноманітних обмежень та умов;
- організація пасажирських та вантажних перевезень, розробка та впровадження тарифів та стандартів перевезень;
- розробка та впровадження систем контролю та управління рухом транспорту з метою забезпечення безпеки та ефективності транспортних перевезень;
- вивчення впливу транспортної системи на довкілля та розробка методів мінімізації негативних наслідків;

– впровадження інноваційних технологій та підходів до функціонування транспортної системи з метою підвищення ефективності та конкурентоспроможності.

Також доцільно навести більш поглиблене тлумачення АТТ наданої вченим Хабутдіновим Р.А., де під автомобільно транспортною технологією (АТТ) розуміється сукупність науково-практичних знань про продукто-сфокусовані, матеріально-креативні та процедурно-деталізовані способи адаптивно-енерговитратного транспортування предметів та модернізаційного відтворення концептуально-якісних АП у технологічних процесах автомобільних перевезень (ТПАП) з урахуванням ресурсно-технічних властивостей АТЗ, а також фізичного і інформаційно-ергатичного впливу траєкторних елементів інфраструктури АВТС.

Для більш повного розуміння сутності дисципліни «Технології «зеленої» транспортної логістики» необхідно визначити основні поняття та задачі дисципліни. Також розглянемо основні напрямки розвитку та удосконалення транспортної системи України з урахуванням вимог щодо зменшення негативного впливу транспорту на довкілля і здоров'я населення.

Технології «зеленої» транспортної логістики - це сукупність різноманітних методів та прийомів, які використовуються для забезпечення ефективності транспортної логістики при мінімальному впливі на навколишнє середовище. Ця дисципліна поєднує в собі знання транспортної логістики, технологій перевезень, екології, енергетики, а також ряду інших наукових дисциплін.

Основна мета технологій «зеленої» транспортної логістики полягає в забезпеченні збалансованого розвитку транспортної інфраструктури та зменшенні негативного впливу на довкілля. Для досягнення цієї мети використовуються різні технології, зокрема, електричні транспортні засоби, гібридні транспортні засоби, водневі транспортні засоби, велосипеди, автономні транспортні засоби та інші. Додатково, технології зеленої транспортної логістики також охоплюють використання ефективних маршрутів, оптимізацію планування доставок, управління енергоефективністю, використання

відновлювальних джерел енергії та інші інноваційні рішення для зменшення витрат на паливо та енергію.

Для розуміння задач, що вирішуються та напрямів інтеграції базових напрямів транспортних технологій «зеленої» логістики в транспорту систему почнемо розгляд наукового напрямку з парадигми.

Парадигма - це загальна теоретична рамка, яка визначає, як сприймається і розуміється світ дослідником чи групою дослідників. Парадигма включає в себе концептуальні та методологічні засади, які допомагають розуміти явища в певній галузі знань.

Парадигма може включати у себе наступні елементи:

- базові поняття та визначення явищ, що досліджуються;
- підходи до збору та аналізу даних, а також методи дослідження;
- структура та організація знань у галузі дослідження;
- встановлені правила та норми наукового спілкування, що регулюють процес побудови теорій та спільного розуміння явищ.

Парадигма визначає, які питання є важливими для дослідження в галузі та які підходи можуть бути використані для їх вивчення. При цьому, парадигма може бути змінена або замінена новою, якщо виявляється, що попередня не в змозі розв'язати деякі нові проблеми.

Парадигма зеленої транспортної логістики передбачає комплексний підхід до організації транспортних процесів з урахуванням екологічних та економічних аспектів. Вона передбачає зменшення впливу транспортних процесів на довкілля шляхом впровадження технологій та практик, що зменшують використання ресурсів, енергетичну ефективність транспортних засобів та вплив на атмосферне повітря.

Основні елементи парадигми зеленої транспортної логістики включають:

- використання екологічно чистих видів палива та енергії.
- зменшення використання джерел енергії та ресурсів в транспортних процесах.
- екологічне проектування транспортних засобів та інфраструктури.

– використання оптимальних маршрутів та управління транспортними процесами з мінімізацією шкідливих викидів.

– використання технологій зеленої логістики, таких як екологічно чисті упаковки та перевезення, переробка та повторне використання матеріалів.

Ця парадигма дозволяє визначити шляхи щоб зменшити негативний вплив транспорту на довкілля та розвивати екологічно стійкі транспортні системи, що забезпечують максимальну ефективність використання ресурсів та мінімізують вплив на навколишнє середовище.

Але розглядаючи позитивний вплив «зеленої» транспортної логістики довкілля, необхідно зазначити і парадокси, які виникають при реалізації цього напрямку дослідження і впровадження.

Академічний тлумачний словник української мови дає наступне визначення парадоксу: парадокс - думка, судження, що різко розходиться із звичайним, загальноприйнятим і протирічить (іноді тільки на перший погляд) тверезому глуздові та/або несподіване явище, яке не відповідає звичайним науковим уявленням. Також: парадокс - це явище, що суперечить здоровому глузду, інтуїції або логіці, протирічить очікуванням і зазвичай призводить до неочікуваних або протилежних результатів. В інших випадках парадокс може бути підставою для розвитку нових ідей, теорій або концепцій. Багато парадоксів зустрічається в науці, філософії та логіці.

Парадокс транспортної зеленої логістики полягає в тому, що, не зважаючи на зусилля зменшення викидів вуглецю та інших забруднюючих речовин, пов'язаних з транспортуванням товарів, в самому процесі зеленої логістики можуть виникати додаткові проблеми, які спричиняють навіть більші витрати енергії та забруднення навколишнього середовища. Наприклад, застосування новітніх технологій зеленої логістики, таких як електромобілі, сонячні батареї та інші відновлювальні джерела енергії, може зменшити викиди вуглецю та інших забруднюючих речовин. Однак, водночас, створення та використання цих новітніх технологій вимагає значних витрат енергії та забруднення довкілля під час їх виробництва та утилізації.

Крім того, зменшення вартості транспортування товарів зазвичай залежить від того, наскільки добре організована логістика та транспортування товарів. Однак, це може призвести до зростання обсягів транспортування та збільшення кількості використання транспортних засобів, що в свою чергу може призвести до збільшення викидів вуглецю та інших забруднюючих речовин. Отже, хоча зелена логістика може зменшити вплив транспорту на довкілля, вона також може створювати нові виклики та проблеми, які необхідно враховувати при плануванні та виконанні логістичних операцій.

Мета впровадження технологій зеленої транспортної логістики полягає в досягненні більш ефективної та екологічно стійкої транспортної логістики. В основі такої мети лежить зниження впливу транспортної логістики на навколишнє середовище шляхом зменшення викидів шкідливих речовин, енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії, зменшення використання палива та ресурсів, а також зменшення витрат на логістичні процеси. В результаті впровадження технологій зеленої транспортної логістики може бути досягнуто зниження вартості логістичних процесів, покращення якості обслуговування клієнтів та збільшення конкурентної переваги на ринку. Також метою впровадження технологій зеленої транспортної логістики є зменшення впливу транспортної діяльності на навколишнє середовище та покращення економічної ефективності транспортної логістики. Зелена транспортна логістика дозволяє знизити витрати на паливо, зменшити викиди шкідливих речовин, зменшити кількість аварій та загиблих під час транспортування товарів, покращити якість та безпеку перевезень. Крім того, впровадження зелених технологій дозволяє збільшити конкурентоспроможність підприємств, що займаються транспортною логістикою, та задовольнити вимоги споживачів до зменшення впливу на навколишнє середовище.

До вищезазначеного необхідно навести характеристики існуючих різних технологій, таких як електричні транспортні засоби, гібридні транспортні засоби, водневі транспортні засоби, велосипеди, автономні транспортні засоби.

*Електричні транспортні засоби* мають деякі характеристики, які відрізняють їх від звичайних автомобілів з ДВС. Деякі з цих характеристик включають:

– електричний двигун (електричні транспортні засоби працюють на електричному двигуні, що дає значну відмінність від автомобілів з ДВС. Електричний двигун зазвичай працює значно тихше, має високу ефективність і не викидає шкідливі викиди);

– батареї (батареї є головним джерелом енергії для електричних транспортних засобів. Вони зазвичай забезпечують значно менший запас ходу, ніж автомобілі з ДВС, але технологія батарей постійно вдосконалюється і запас ходу збільшується);

– режими роботи (електричні транспортні засоби зазвичай мають різні режими роботи, такі як економічний режим, спортивний режим, режим рекуперації енергії під час гальмування, тощо);

– зарядка (електричні транспортні засоби потребують регулярної зарядки. Час зарядки може бути значно більшим, ніж заправка автомобіля з ДВС, але швидкість зарядки також постійно збільшується);

– електронна система управління (електричні транспортні засоби зазвичай мають складну електронну систему управління, що дозволяє збільшити ефективність роботи електричного двигуна, оптимізувати роботу батарей, контролювати розходи енергії тощо);

– електронна система управління (електричні транспортні засоби зазвичай мають складну електронну систему управління, що дозволяє збільшити ефективність).

Деякі з прикладів електричних транспортних засобів:

- електричні автомобілі, такі як Tesla Model S, Nissan Leaf, Chevrolet Bolt, BMW i3, Volkswagen ID.4, і т.д.;
- електричні мопеди, скутери та мотоцикли, такі як Vespa Elettrica, BMW C Evolution, Zero SR, і т.д.;
- електричні автобуси, такі як Proterra Catalyst, BYD K9, Irizar i2e, і т.д.;
- електричні велосипеди та електричні вантажні велосипеди, такі як Pedego City Commuter, Riese & Müller Load, Yuba Spicy Curry, і т.д.;

- електричні ролики та самокати, такі як Segway Ninebot ES2, Xiaomi Mi Electric Scooter, Razor E300 Electric Scooter, і т.д.

Це лише декілька прикладів електричних транспортних засобів, які стають все популярнішими у світі завдяки своїм екологічним і економічним перевагам.

Також декілька прикладів вантажних та пасажирських електричних транспортних засобів:

- електричні вантажні мікроавтобуси, такі як Renault Master ZE, Mercedes-Benz eSprinter, Nissan e-NV200, Ford Transit Custom Plug-In Hybrid, і т.д.;
- електричні пасажирські автобуси, такі як Yutong E12, BYD K9, Proterra Catalyst, Irizar i2e, і т.д.;
- електричні рейкові транспортні засоби, такі як трамваї та метрополітени, такі як Bombardier Flexity, Alstom Citadis, Siemens Inspiro, і т.д.;
- електричні карети та кабіни для перевезення пасажирів, такі як Arcimoto FUV, Solo EV, Canoo MPDV, і т.д.

Ці електричні транспортні засоби можуть бути використані для перевезення пасажирів та вантажів у містах та на прилеглих територіях, зменшуючи шкідливий вплив транспорту на довкілля та забезпечуючи більш економічний та стійкий транспортний сектор.

*Гібридні транспортні засоби* поєднують в собі два джерела енергії - ДВС (двигун внутрішнього згорання) і електричний двигун. Основні характеристики гібридних транспортних засобів включаютьв себе двигун, батареї, режим роботи, рекуперація енергії, зарядка та екологічність (табл. 3).

Гібридне авто (HEV) — високоекономічне авто, котре рухається завдяки системі «електродвигун — двигун внутрішнього згорання» (надалі двигун), споживаючи як пальне, так і заряд електроаккумулятора. Головна перевага гібридного автомобіля — зменшення споживання пального та шкідливих викидів. Ефект досягається повним автоматичним режимом роботи двигуна з допомогою бортового комп'ютера [4]

Також важливо зазначити, що гібридні транспортні засоби можуть допомогти скоротити залежність від нафтових палив, що є стратегічно важливим для країн, які імпортують нафту. Загалом, гібридні транспортні засоби є кроком до більш стійкого та екологічного транспортного сектору.

Таблиця 3 - Основні характеристики гібридних транспортних засобів

Показник	Характеристика
Двигун	Гібридні транспортні засоби мають як ДВС, так і електричний двигун. ДВС зазвичай працює на бензині або дизельному паливі, а електричний двигун працює на заряді батареї. Двигуни можуть працювати окремо або разом, в залежності від ситуації на дорозі
Батареї	Гібридні транспортні засоби також мають батареї, але їх розмір і ємність зазвичай менші, ніж у повністю електричних автомобілів. Батареї забезпечують енергію для електричного двигуна
Режими роботи	Гібридні транспортні засоби зазвичай мають різні режими роботи, такі як режим електричного приводу, режим гібридного приводу, режим економії палива, тощо
Рекуперація енергії	Гібридні транспортні засоби можуть використовувати рекуперацію енергії під час гальмування, щоб заряджати батареї електричного двигуна
Зарядка	Гібридні транспортні засоби не потребують регулярної зарядки, як електричні автомобілі, оскільки їх батареї заряджаються під час руху
Екологічність	Гібридні транспортні засоби є більш екологічними, ніж автомобілі з ДВС, оскільки вони використовують менше палива і викидають менше вихлопних газів. Завдяки електричному двигуну, гібридні транспортні засоби можуть їздити на електричній енергії, що зменшує використання бензину або дизельного палива. Це зменшує викид шкідливих речовин, таких як вуглекислий газ, оксиди азоту і інші забруднюючі речовини, що шкідливо впливають на довкілля та здоров'я людей

Деякі з прикладів гібридних транспортних засобів (рис. 1):

✓ Toyota Prius - це популярний гібридний автомобіль, який використовує бензиновий двигун та електричну батарею, щоб зменшити споживання палива.

✓ Ford Fusion Hybrid - це інший гібридний автомобіль, який використовує бензиновий двигун та електричну батарею, щоб зменшити споживання палива.

✓ Honda Accord Hybrid - це гібридний седан, який також використовує комбінацію бензинового двигуна та електричної батареї.

✓ Volvo XC90 T8 Plug-In Hybrid - це гібридний позашляховик, який може працювати на бензиновому двигуні, електричній батареї або комбінації обох.

✓ BMW i8 - це гібридний спортивний автомобіль, який використовує бензиновий двигун та електричну батарею для підвищення продуктивності та зменшення споживання палива.

а) Toyota Prius



б) Ford Fusion Hybrid



в) BMW i8



г) Volvo XC90 T8 Plug



д) Honda Accord Hybrid



Рисунок 1 - Гібридні транспортні засоби: а) Toyota Prius; б) Ford Fusion Hybrid; в) Honda Accord Hybrid; г) Volvo XC90 T8 Plug-In Hybrid; д) BMW i8

Гібридні транспортні засоби є популярним вибором серед тих, хто шукає більш економічний та екологічний спосіб переміщення. Вони також є перехідним кроком до повністю електричних транспортних засобів, які стають все популярнішими.

Також декілька прикладів гібридних транспортних засобів, які можуть використовуватись як вантажні або пасажирські:

Ford Transit Custom Plug-In Hybrid - це гібридний фургон, який може перевозити вантажі або пасажирів. Він має електричний привід, який може забезпечити до 56 км пробігу на одній зарядці.

Toyota Proace Verso Electric - це електричний фургон, який може перевозити до 9 пасажирів або вантаж. Він має досягати до 330 км на одній зарядці.

Volvo XC90 T8 Twin Engine - це гібридний позашляховик, який може перевозити до 7 пасажирів або вантаж. Він має досягати до 45 км на електричному приводі та до 1,000 км на бензиновому двигуні.

Nissan e-NV200 Combi - це електричний фургон, який може перевозити до 7 пасажирів або вантаж. Він має досягати до 301 км на одній зарядці.

Гібридні вантажні та пасажирські транспортні засоби стають все більш популярними, оскільки вони можуть забезпечити економічні та екологічні переваги. Вони також можуть допомогти підприємствам та організаціям зменшити свій вуглецевий слід та знизити витрати на паливо.

*Водневі транспортні засоби* використовують водень як джерело енергії замість традиційного палива, такого як бензин або дизель. Наведемо деякі з характеристик водневих транспортних засобів:

- екологічність (водневі транспортні засоби є екологічними, оскільки вони не викидають в атмосферу вуглекислий газ та інші шкідливі речовини. Їх вихлопні гази - це тільки вода та пар);
- ефективність (водневі транспортні засоби можуть бути більш ефективними, ніж транспортні засоби з ДВС, оскільки вони можуть конвертувати до 60% енергії водню в електричну енергію, яка потім використовується для руху автомобіля);

- швидкість зарядки (зарядка водневого транспортного засобу може займати всього кілька хвилин, що значно швидше, ніж зарядка електромобіля);
- дальність ходу (водневі транспортні засоби можуть мати дальність ходу до 500 км на одному баку з воднем);
- вартість (наразі вартість водневих транспортних засобів є досить високою порівняно з традиційними автомобілями, але з часом вона може знизитись зі збільшенням попиту та зростанням виробництва).

Деякі приклади водневих транспортних засобів включають Toyota Mirai, Honda Clarity Fuel Cell та Hyundai Nexo. Водневі транспортні засоби ще не так поширені, як традиційні автомобілі з ДВС та електромобілі, але вони представляють потенційний екологічно чистий варіант транспорту в майбутньому.

Також декілька прикладів водневих транспортних засобів, які можуть використовуватись як вантажні або пасажирські. Такі, як:

- Hyundai N2 Xcient: це вантажівка, яка працює на водневих паливах і має дальність ходу понад 400 км на одному баку з воднем. Вона має вантажопідйомність до 36 тонн.
- Toyota Sora: це автобус, який працює на водні. Він може розмістити до 79 пасажирів та має дальність ходу понад 300 км на одному баку з воднем.
- Nikola Tre: це вантажівка, яка працює на водні. Вона має вантажопідйомність до 30 тонн та дальність ходу до 800 км на одному баку з воднем.
- Van Hool A330 FC: це автобус, який працює на водні. Він може розмістити до 105 пасажирів та має дальність ходу понад 300 км на одному баку з воднем.
- Toyota Mirai: хоча це не вантажівка чи автобус, це відомий приклад водневого транспорту. Це легковий автомобіль, який працює на водневих паливах і має дальність ходу понад 500 км на одному баку з воднем.

Ці водневі транспортні засоби ще не є настільки поширеними, як традиційні автомобілі з ДВС та електричні транспортні засоби, але їх можна використовувати в різних вантажних та пасажирських сферах,

де вони можуть бути більш екологічними та ефективними, ніж традиційні транспортні засоби.

*Автономні транспортні засоби*, такі як роботизовані автомобілі, що можуть їздити без водія, мають наступні характеристики:

- системи сприйняття інформації: автономні транспортні засоби оснащені різноманітними сенсорами, такими як радары, лазерні дальномери, камери та інші системи сприйняття інформації, які допомагають автомобілю розпізнавати дорожні знаки, інші автомобілі та перешкоди на дорозі;
- системи обробки даних: після того, як сенсори автомобіля зібрали інформацію про дорогу та оточуюче середовище, ці дані оброблюються спеціальними алгоритмами, щоб автомобіль міг приймати рішення про свій рух;
- системи управління: автономні транспортні засоби мають спеціальні системи управління, які дозволяють їм контролювати швидкість, рух та інші параметри, щоб безпечно переміщатися по дорозі;
- комунікаційні системи: автономні транспортні засоби можуть бути з'єднані з іншими транспортними засобами та інфраструктурою дорожнього руху за допомогою спеціальних комунікаційних систем, які допомагають автомобілю розуміти, що відбувається на дорозі, і взаємодіяти з іншими транспортними засобами;
- автономні транспортні засоби також можуть мати спеціальні системи навігації та GPS, щоб вони могли знайти оптимальний маршрут до своєї мети;
- важливою характеристикою автономних транспортних засобів є безпека, тому вони повинні бути оснащені різноманітними сенсорами та системами, що забезпечують взаємодію з дорожнім середовищем та реагують на небезпеку.

Основні характеристики автономних транспортних засобів включають:

- Рівень автономності - відображає ступінь залежності від управління людиною. Рівень автономності може бути від 0 до 5, де 0 -

це повністю людський контроль над транспортним засобом, а 5 - це повна автономність без потреби в допомозі водія.

– Сенсорна система - має на меті збір даних про дорожнє середовище, в якому рухається транспортний засіб. Сенсори можуть бути різного типу: відео, лідарні, радіолокаційні, гігрометричні та інші.

– Система контролю за рухом - аналізує дані, які надходять від сенсорної системи, та приймає рішення щодо руху транспортного засобу.

– Система управління - контролює всі параметри руху транспортного засобу, включаючи швидкість, напрямок руху, гальмування та інші параметри.

– Система комунікації - забезпечує зв'язок між автономним транспортним засобом та іншими транспортними засобами на дорозі, а також з диспетчерською службою.

– Енергетична система - забезпечує електричну енергію для всіх систем транспортного засобу, включаючи електричні двигуни, системи управління, системи комунікації та інші.

Подолати розбіжності у бажанні максимального прибутку від автомобільних перевезень та заходами зі збереження довкілля можна за допомогою наступних кроків, наведених нижче.

✓ *Встановити ефективну систему управління витратами на паливо та енергозберігаючі технології.* Це може включати в себе використання ефективних програм для моніторингу споживання палива та енергії, а також використання технологій економії палива та енергії, таких як економайзери палива, електронні датчики, системи автоматичного вимикання двигуна та інші.

✓ *Використовувати транспортні засоби з найнижчим рівнем викидів вуглецю та інших забруднюючих речовин.* Це може включати в себе використання електромобілів, гібридних автомобілів та інших транспортних засобів, які використовують відновлювальні джерела енергії.

✓ *Використовувати маршрутизацію транспорту та оптимізацію доставки.* Це може допомогти зменшити кількість використання транспортних засобів та скоротити час доставки товарів, знизити

витрати на паливо та зменшити викиди вуглецю та інших забруднюючих речовин.

✓ Використовувати інноваційні рішення для вирішення проблеми забруднення. Наприклад, використання технологій, що включають в себе збирання та використання відходів, може допомогти зменшити забруднення та створити додаткові джерела енергії.

✓ *Залучення персоналу до питань збереження довкілля.* Це може включати навчання та підвищення свідомості співробітників про питання збереження довкілля та способи його захисту. Організація тренінгів та семінарів, проведення інформаційних кампаній та розповсюдження практичних порад щодо екологічної поведінки можуть сприяти формуванню свідомої екологічної культури серед персоналу.

✓ *Впровадження екологічних стандартів та сертифікацій.* Застосування екологічних стандартів та сертифікацій може стати стимулом для організацій до впровадження екологічних практик у свою діяльність, а також дозволити відстежувати й оцінювати ефективність таких практик.

✓ *Залучення до співпраці з іншими компаніями та організаціями, які займаються збереженням довкілля.* Об'єднання зусиль може сприяти розробці та впровадженню ефективних рішень у сфері збереження довкілля та зменшення викидів вуглецю та інших забруднюючих речовин.

✓ *Встановлення партнерства з громадськими організаціями, які займаються захистом довкілля та просуванням зеленого розвитку.* Це може допомогти вирішити спільні проблеми та зменшити вплив компанії на довкілля.

В цілому, впровадження комплексних підходів, що поєднують технічні та організаційні рішення з екологічною освітою та залученням до співпраці з іншими організаціями, може сприяти досягненню балансу між максимізацією прибутку та збереженням довкілля.

Загалом, подолати розбіжності у бажанні максимального прибутку від автомобільних перевезень та заходами зі збереження довкілля можливо за допомогою комплексу заходів, які включають в себе

ефективне управління витратами, використання екологічних технологій, маршрутизацію та оптимізацію доставки, навчання та освіти персоналу щодо принципів збереження довкілля та енергоефективності, залучення споживачів до принципів збереження довкілля та вирішення проблем забруднення, використання стандартів та сертифікації, а також встановлення партнерства з громадськими організаціями, які займаються захистом довкілля та просуванням зеленого розвитку.

Крім того, важливо визнати, що збереження довкілля і максимізація прибутку можуть бути взаємозалежними. Наприклад, ефективне використання ресурсів та зменшення відходів може призвести до зменшення витрат та підвищення конкурентоспроможності компанії. Застосування екологічних технологій може допомогти зменшити викиди та забруднення, що може позитивно вплинути на імідж компанії та задоволення споживачів. Тому, компанії можуть долучити підприємства до збереження довкілля як конкурентну перевагу, що дозволить залучати нових клієнтів та підтримувати стійкий розвиток.

Екологічні технології в транспорті - це технічні та організаційні рішення, які дозволяють зменшити вплив транспортних засобів на довкілля та забезпечити більш ефективне використання ресурсів. Деякі приклади екологічних технологій в транспорті включають електричні транспортні засоби, гібридні транспортні засоби, використання альтернативних палив, системи рециркуляції вихлопних газів, оптимізація маршрутів, використання технологій енергозбереження, використання технологій моніторингу викидів (табл 4).

Використання технологій моніторингу викидів може бути досягнуто за допомогою різних технологій, таких як датчики вимірювання викидів, технології GPS, програмне забезпечення моніторингу тощо. Деякі приклади технологій моніторингу викидів включають датчики вимірювання викидів, GPS-технології, системи автоматичного відстеження викидів, Програмне забезпечення моніторингу (табл. 5).

Таблиця 4 - Екологічні технології в транспорті

Екологічні технології	Зміст екологічних технологій
Електричні транспортні засоби	Використання електричних заряджуваних транспортних засобів забезпечує зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, що позитивно впливає на довкілля
Гібридні транспортні засоби	Гібридні транспортні засоби поєднують дві форми палива, що знижує споживання палива та викиди шкідливих речовин в атмосферу
Використання альтернативних палив	Використання альтернативних палив, таких як біопаливо, етанол та водень може зменшити відповідний вплив на довкілля
Системи рециркуляції вихлопних газів	Ці системи дозволяють зменшити кількість викидів шкідливих речовин в атмосферу
Оптимізація маршрутів	Оптимізація маршрутів та використання транспортних засобів може знизити витрати на паливо та забезпечити більш ефективне використання ресурсів
Використання технологій енергозбереження	Використання технологій енергозбереження може знизити витрати на енергію та зменшити вплив транспорту на довкілля
Використання технологій моніторингу викидів	Використання технологій моніторингу викидів - це процес контролю викидів транспортних засобів та їх впливу на довкілля

Використання технологій моніторингу викидів дозволяє отримувати точну інформацію про кількість викидів та якість повітря в реальному часі. Це дозволяє компаніям вживати необхідні заходи для зменшення викидів і забезпечення більш ефективного використання ресурсів.

Наприклад, моніторинг палива може допомогти компанії виявити автомобілі з незадовільним рівнем споживання палива і вжити необхідних заходів для покращення ефективності паливного споживання. Моніторинг також дозволяє виявляти витрати палива та інші проблеми, які можуть призводити до зайвих витрат.

Таблиця 5 - Технології моніторингу викидів

Засоби моніторингу	Принцип дії засобів моніторингу
Датчики вимірювання викидів	Ці датчики можуть бути встановлені на транспортні засоби та забезпечити точне вимірювання кількості викидів транспортного засобу в атмосферу
GPS-технології	GPS-технології можуть бути використані для моніторингу маршрутів транспортних засобів та визначення кількості кілометрів, пройдених на транспорті, що дозволяє визначити споживання палива та викиди
Системи автоматичного відстеження викидів	Ці системи можуть бути встановлені на транспортні засоби та забезпечити автоматичний моніторинг викидів шкідливих речовин
Програмне забезпечення моніторингу	Це програмне забезпечення може бути використане для збору, аналізу та відображення даних щодо викидів транспортних засобів, що дозволяє компаніям управляти впливом транспорту на довкілля та приймати дієві рішення щодо покращення екологічної ефективності

Використання технологій моніторингу викидів також може допомогти компаніям дотримуватися екологічних норм та стандартів, що може сприяти покращенню якості повітря та здоров'ю населення. Крім того, відповідне використання технологій моніторингу може допомогти компаніям виконувати законодавчі вимоги та уникнути штрафів за порушення екологічних норм.

### III. ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН АТЗ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. ШЛЯХИ ЗАСТОСУВАННЯ

Автомобільний транспорт є одним з основних джерел викидів шкідливих речовин у повітря, таких як оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), вуглеводні, вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), тверді частки (PM) та інші. Ці викиди призводять до забруднення повітря та сприяють формуванню смогу, а також можуть мати негативний вплив на здоров'я людей та екосистеми. Рух транспортних засобів супроводжується високим рівнем шуму, що

може впливати на комфорт та здоров'я людей, а також на поведінку деяких видів тварин. Виробництво, експлуатація та утилізація автомобілів потребує значних кількостей природних ресурсів, таких як нафта для виготовлення пального, метали для конструкції автомобілів, вода для виробництва тощо. Будівництво та експлуатація доріг та інфраструктури для автомобільного транспорту призводить до втрати природних біотопів та природних екосистем. Часті аварії можуть мати серйозний вплив на навколишнє середовище через викиди небезпечних речовин, забруднення ґрунту та водойм, а також руйнування природних ландшафтів.

Ці аспекти підкреслюють необхідність розвитку та впровадження більш сталих та екологічно чистих альтернатив транспортного руху, таких як електромобілі, гібридні транспортні засоби, громадський транспорт, велосипеди та інші. Також важливо вдосконалювати технології та політики для зменшення викидів та покращення ефективності використання ресурсів у транспортній галузі.

Оцінка впливу викидів шкідливих речовин автомобільних транспортних засобів на навколишнє середовище є складним і багатоаспектним завданням. Складнощі полягають в наступних питаннях. Ідентифікація видів забруднюючих речовин – складність розпізнати та класифікувати різні види шкідливих речовин, які викидаються автомобільними транспортними засобами (це можуть бути такі речовини, як оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), вуглеводні, вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), тверді частки (PM), оксиди сірки (SO<sub>x</sub>) та інші); вимірювання викидів - здійснення вимірювань викидів певних шкідливих речовин з різних типів автомобілів у різних умовах експлуатації (це може включати випробування на динамометрі, моніторинг атмосферного повітря в реальному часі тощо); моделювання розподілу забруднюючих речовин - використання комп'ютерних моделей для прогнозування та аналізу розподілу шкідливих речовин у повітрі та їх впливу на навколишнє середовище; оцінка ефектів на здоров'я та довкілля - аналіз потенційних впливів викидів на здоров'я людей, екосистеми, водні ресурси та інші компоненти навколишнього середовища; розробка стратегій зменшення викидів - розроблення та

впровадження політик та технологічних рішень, спрямованих на зменшення викидів шкідливих речовин, таких як впровадження високоефективних систем каталізу, електричних транспортних засобів, використання біопалива тощо; моніторинг та відстеження - постійний моніторинг викидів та їх впливу на довкілля, а також впровадження систем відстеження для оцінки ефективності прийнятих заходів зменшення викидів.

Ці кроки допомагають зрозуміти масштаб проблеми та розробити стратегії для зменшення негативного впливу автомобільних транспортних засобів на навколишнє середовище.

Розрахунок кількості викидів шкідливих речовин автомобільними транспортними засобами на навколишнє середовище може бути складним і залежить від багатьох факторів, таких як тип транспортних засобів, обсяг використовуваного палива, умови експлуатації тощо. Один із загальних підходів може включати в себе визначення і розрахунок наступних показників: визначення кількості транспортних засобів - знайти або оцінити загальну кількість автомобільних транспортних засобів, які експлуатуються в розглянутій території чи регіоні; визначення рівня викидів на одиницю транспортного засобу - оцінити середній рівень викидів шкідливих речовин на одиницю транспортного засобу для різних типів транспортних засобів (легкові автомобілі, вантажівки, автобуси тощо), які можуть бути отримані з літературних джерел, статистичних даних або даних від виробників автомобілів; розрахунок загальної кількості викидів – необхідно помножити кількість транспортних засобів на середній рівень викидів на одиницю транспортного засобу для отримання загальної кількості викидів в даному регіоні; оцінка впливу на довкілля - використовуючи дані про кількість викидів, можна провести оцінку впливу на довкілля, включаючи розподіл шкідливих речовин у повітрі, їх вплив на якість повітря, екосистеми, здоров'я людей та інші аспекти. Важливо також врахувати, що точність розрахунків може значно варіюватися в залежності від якості даних, методів вимірювань та моделювання. Для більш точних розрахунків рекомендується використовувати відповідні стандартизовані методи та інструменти.

Одним із методів розрахунку загальної кількості викидів шкідливих речовин може бути наближений розрахунок урахуванням продажу/споживання кожного з видів пального за визначений період з урахуванням складу транспортного потоку за цей період та окремим урахуванням витрат пального іншими стаціонарними та пересувними джерелами забруднення атмосферного повітря.

При оцінці негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище необхідно користуватися законодавчими актами, що діють на даний час в Україні. Одним із таких документів є ДСТУ 9030:2020 «Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище. Вимоги до проектної документації» [1], де розглянуто методи визначення негативного впливу автомобільних транспортних засобів (АТЗ) на довкілля та наведено формули для розрахунків. Також дана методика з поясненнями наведена в статті Харитонової Н.М. «Розрахунковий метод оцінки впливу транспортних засобів на повітряне середовище» [2].

Під час експлуатації автомобільної дороги та використання транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання надходять в атмосферне повітря різні забруднюючі речовини. Основні з них: включають оксид азоту (NO) та діоксид азоту (NO<sub>2</sub>), які утворюються під час спалювання палива у двигунах автомобілів і вважаються головними забруднюючими речовинами, що сприяють утворенню смогу та кислотних дощів; незгорілі вуглеводні, які також випускаються під час спалювання палива і можуть бути токсичними та відігравати роль у формуванні ґрунтового озону та інших забруднювачів; вуглецевий газ, який є головним газовим викидом, який відомий своєю роллю у глобальному потеплінні та зміні клімату; тверді частки, які включають у себе токсичні або канцерогенні частки, що викидаються під час згорання палива та можуть проникати у легені та сприяти розвитку різних захворювань дихальних шляхів; оксиди сірки, що утворюються при спалюванні палива, що містить сірку, і можуть сприяти утворенню кислих дощів та інших проблем з повітрям та водою.

Назви основних забруднюючих речовин та їх характеристики наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 – Назви основних забруднюючих речовин та їх характеристики

<i>Код речовини</i>	<i>Назва речовини</i>	<i>ГДК м.р., мг/м<sup>3</sup></i>	<i>ГДК с.д., мг/м<sup>3</sup></i>	<i>ОБРД, мг/м<sup>3</sup></i>	<i>Клас небезпеки</i>
301	<i>Азоту діоксид</i>	0,20	0,04		3
303	<i>Аміак</i>	0,20	0,04		4
304	<i>Азоту оксид</i>	0,40	0,06		3
328	<i>Сажа</i>	0,15	0,05		3
330	<i>Ангідрид сірчистий</i>	0,50	0,05		3
337	<i>Вуглецю оксид</i>	5,00	3,00		4
410	<i>Метан</i>			50,0	4
703	<i>Бенз(а)пірен</i>	-	0,000001		1
2754	<i>Вуглеводні насичені C<sub>12</sub>-C<sub>19</sub></i>	1,00	-		4

Перелік забруднюючих речовин, які надходять в атмосферне повітря під час експлуатації автомобільної дороги при спалюванні палива двигунами внутрішнього згорання транспортних засобів та обліковуються, наведено в ДСТУ 9030:2020.

Розрахункові формули і пояснення, що будуть наведені в роботі взято у даних роботах [1, 2].

Розрахунок викидів забруднюючих речовин і парникових газів від транспортних засобів здійснюється з урахуванням середніх питомих викидів, виду палива, споживання палива на 1 км, коефіцієнтів технічного стану транспортних засобів та інших факторів впливу. Проте жоден із існуючих підходів не враховує специфіку експлуатації автомобільних доріг загального користування, зокрема інтенсивність руху та склад транспортного потоку.

Інтенсивність руху – це кількість транспортних засобів, які проходять через поперечний перетин вулиці чи дороги за одиницю

часу. Вона може вимірюватися у фактичних одиницях (авто/год), коли потрібно визначити фізичну кількість транспортних засобів, або у зведених одиницях (од/год), коли транспортний потік приводиться до умовного легкового автомобіля на основі порівняння габаритів транспортних засобів.

Склад транспортного потоку – це співвідношення різних типів транспортних засобів, що мають різні статистичні та динамічні характеристики, які ускладнюють організацію дорожнього руху. Він вимірюється як процентне співвідношення кількості вантажівок, легкових автомобілів та автобусів, що перебувають на дорозі в певний момент часу.

У формули, які використовуються для розрахунку викидів забруднюючих речовин, буде інтегровано вищезгадані показники інтенсивності руху та складу транспортного потоку. Валові викиди забруднюючих речовин та парникових газів у тоннах на рік (т/рік) в атмосферу визначаються окремо для кожного типу пального транспортних засобів за такою формулою:

$$V_{ij} = \Pi_{i\text{нп}} * k_{ji} * k_{ji\text{ТС}}, \quad (1)$$

де  $\Pi_{i\text{нп}}$  – споживання  $i$ -го виду палива (бензин, дизельне пальне, стиснений та скраплений природний газ) транспортними засобами, що відповідають визначеній інтенсивності руху на ділянці дороги, т;

$k_{ji}$  – усереднений питомий викид  $j$ -тої забруднюючої речовини (окрім свинцю) та парникового газу від споживання  $i$ -го виду палива, кг/т (значення за табл. А.1 [1]);

$k_{ji\text{ТС}}$  – коефіцієнт впливу технічного стану автотранспорту на викиди  $j$ -тої забруднюючої речовини від використання  $i$ -го виду палива (значення за табл. А.2 [1]).

Для розрахунку  $\Pi_{i\text{нп}}$  середньої витрати бензину на 100 км дороги для транспортних засобів з бензиновими двигунами прийнято 10 л, для дизельного пального — 8 л, для газу скрапленого — 11 л, для газу стисненого — 9 л.

Щільність бензину дорівнює 0,74 кг/л, дизельного пального — 0,85 кг/л, газу скрапленого — 0,55 кг/л, газу стисненого — 0,59 кг/м<sup>3</sup>. Споживання *i*-го виду палива визначаємо за формулою:

$$P_{\text{инп}} = I_i * Q_{i(\text{км})} * L, \quad (2)$$

де,  $Q_{i(\text{км})}$  — середня витрата бензину одним середньостатистичним автомобілем на 1 км дороги, т (для транспортних заходів з бензиновими двигунами — 0,000074 т/км, для дизельного пального — 0,000068 т/км, для газу скрапленого — 0,0000605 т/км, для газу стисненого — 0,0000531 т/км);

$I_i$  — інтенсивність руху транспортних засобів, які працюють на *i*-му виді палива (бензину, дизельного пального, стисненого і скрапленого природного газу);

$L$  — довжина ділянки дороги, що проектується/експлуатується.

Інтенсивність руху транспортних засобів:

$$I_i = I * C_i * D, \quad (3)$$

де,  $I$  — добова інтенсивність руху транспортних засобів, авт./добу;

$C_i$  — частка транспортних засобів, які працюють на *i*-му виді палива (бензину, дизельного пального, стисненого і скрапленого природного газу) в загальній добовій інтенсивності руху транспортних засобів. Частка транспортних засобів з бензиновими двигунами складає 0,6, з дизельними — 0,33, на скрапленому газі — 0,05, на стисненому газі — 0,02;  $D$  — кількість днів в році.

Кінцева формула розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря, (т/рік):

$$V_{ij} = k_{ji} * k_{j\text{тс}} * L * D * Q * I * C_i / 100, \quad (4)$$

Максимальні секундні викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря, (г/с):

$$M = B_{ij} * 10^6 / (8760 * 3600), \quad (5)$$

де, 8760 — кількість годин ( $8760 = 24 * 365$ ).

Визначення концентрації речовин у приземному шарі атмосфери з урахуванням фонові концентрації є важливим для правильної оцінки загального рівня забруднення повітря та визначення впливу конкретних джерел забруднення. Цей підхід допомагає зрозуміти загальний вплив різних джерел забруднення на концентрацію речовин у приземному шарі атмосфери та дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо зменшення забруднення та покращення якості повітря.

Методика розрахунку концентрацій забруднюючих речовин ґрунтується на визначенні їх рівнів у приземному шарі атмосфери. [3].

Розглядаючи зазначену методику можна стверджувати, що при зменшенні витрат пального при виконанні транспортної роботи буде зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. В першу чергу це досягається оптимізацією транспортного процесу, тобто за рахунок вибору ефективних транспортних засобів та маршрутів доставки товарів, чи переміщення пасажирів.

Шляхи застосування можна показати на роботі комунального транспорту. Було запропоновано спосіб поводження з побутовими відходами з використанням інформаційної системи та маршрутизація перевезень побутових відходів із використанням інформаційної системи. Дані способи стосуються як мінімізації витрат на заходи з поводженням і транспортуванням побутових відходів з місць утворення до місць знешкодження, чи утилізації, так і змінізацією негативного впливу транспортних засобів на навколишнє середовище і здоров'я населення.

*Спосіб поводження з побутовими відходами з використанням інформаційної системи [5].*

Розробка відноситься до сфери захисту навколишнього середовища, а саме благоустрою населених пунктів в частині поводження з побутовими відходами.

Спосіб поводження з побутовими відходами з використанням інформаційної системи передбачає керування сукупністю взаємопов'язаних дій із запобігання утворенню відходів, їх збирання, зберігання, транспортування, оброблення, утилізації, видалення, знищення, захоронення, а також контроль за цими операціями. Даний спосіб відрізняється тим, що додається інформаційна система, яка в режимі реального часу корегує «Схему санітарного очищення населеного пункту» задля покращення її характеристик в частині напрямку й обсягів матеріальних потоків при розміщенні відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах. Інформаційна система включає вбудовані у контейнер датчики вимірювання обсягів та/або маси побутових відходів для збору інформації, що передається за допомогою супутникового зв'язку на телеметричні шлюзи комп'ютерної системи і обробляються у відповідному застосунку.

На практиці відомі способи «змінних» контейнерів (приїхали й забрали заповнені контейнери, а на їх місце встановили порожні) та «незмінних» контейнерів (завантажили відходи в кузов сміттєвоза, а контейнер залишили). На даний час збір і видалення побутових відходів в Україні здійснюється підприємствами за планово-регулярною системою в строки, передбачені санітарними нормами і правилами.

Недоліком таких способів є незгодженість роботи учасників «Схеми санітарного очищення населеного пункту» при впровадженні роздільного збору побутових відходів як для збереження ресурсоцінних компонентів, так і для зменшення негативного впливу відходів на навколишнє середовище (якість проживання мешканців у населених пунктах, негативного впливу відходів на їх здоров'я, заповненість полігонів, втрата вторинних ресурсоцінних компонентів).

Для розвитку та стійкого функціонування інфраструктури утилізації відходів необхідно забезпечити мінімальні надходження вторинної сировини для переробки і функціонування відповідних підприємств. Оскільки збором та вивезенням побутових відходів в багатьох містах України займаються по декілька підприємств (які в

свою чергу дають можливість встановлення конкурентних цін на дані послуги), то виникає питання про необхідність їх скоординованої діяльності. В кожному місті прийнята програма розвитку населеного пункту, в т.ч. «Програма поводження з побутовими відходами». Тому вбачається за необхідне, в межах затвердженої Програми зобов'язати кожне із підприємств забезпечити надходження вторинної сировини (за цінами, що враховують повернення вартості основних засобів задіяних для збору та транспортування вторинних ресурсів, з урахуванням певного відсотку рентабельності) і діяти в рамках цієї Програми. Перспективою розвитку даних підприємств на ринку надання послуг щодо поводження з відходами у даному населеному пункті є можливість розширення номенклатури послуг із роздільного збору побутових відходів. Невиконання договірних зобов'язань перед містом призведе до призупинення терміну дії дозволу на надання даних послуг. Розмір «внеску» (кількості вторинних ресурсів, що повинні бути надані для переробки на комунальне підприємство даного населеного пункту) повинно залежати від кількості населення, що обслуговується. Місцеві громади будуть мати змогу самі визначати орієнтованість місця по утилізації вторинних ресурсів на своїй території – тільки сортування з подальшим продажем вторинних компонентів чи повторне використання вторинних ресурсів для виготовлення продукції.

Якщо кожен із суб'єктів поводження з відходами буде мати оперативну і достовірну інформацію про наявність, кількість й місцезнаходження утворених відходів, це дозволить скорегувати (змінити) напрямки (маршрути) та обсяги матеріальних потоків при розміщенні відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах (рис. 2).

Метою запропонованого способу є створення сприятливих умов для функціонування стійкої системи поводження з відходами в населених пунктах за рахунок впровадження інформаційної системи, яка дозволяє оперативно змінювати характеристики процесу управління відходами.

Поставлена мета досягається тим, що в режимі реального часу коригуються параметри «Схеми санітарного очищення населеного

пункту» для її учасників на основі отримання, обробки та аналізу оперативної й достовірної інформації щодо заповнення контейнерів для зберігання побутових відходів.

Заповненість контейнерів визначається за допомогою вмонтованих у контейнер спеціальних датчиків контролю обсягів та/або маси побутових відходів, які накопичились в ньому. Інформація по заповненню контейнера передається за допомогою супутникового зв'язку в інформаційну систему під час запиту, або автоматично у випадку завчасного його заповнення. Залежно від заповненості контейнерів розміщених на певній території визначаються маршрути руху та кількість сміттєвозів. Також, оперативна інформація дає можливість достовірно розраховувати обсяги побутових відходів з метою контролю за станом санітарної очистки територій і розрахунків між учасниками задіяними у «Схемі санітарного очищення» (автотранспортні підприємства, житлово-комунальні господарства, полігони, контролюючі органи, переробні станції та інші).

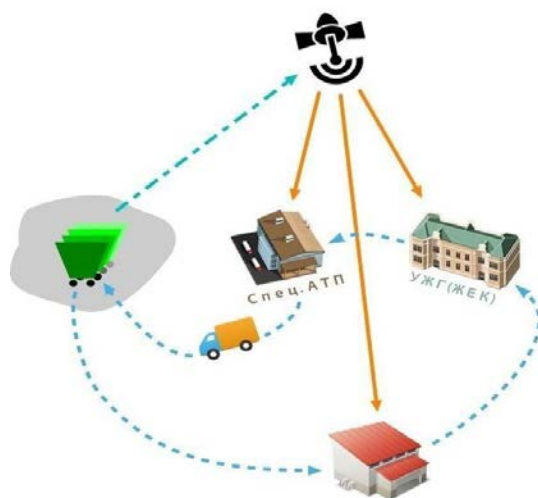


Рисунок 2 - Спрощена схема обміну оперативною інформацією щодо наповненості контейнерів побутовими відходами

Отже, пропонується у процес поводження з побутовими відходами, який передбачає керування сукупністю взаємопов'язаних дій із запобігання утворенню відходів, їх збирання, зберігання, транспортування, оброблення, утилізації, видалення, знищення,

захоронення, а також контроль за цими операціями, впровадити інформаційну систему, яка включатиме вбудовані у контейнер датчики вимірювання обсягів та/або маси побутових відходів, супутниковий зв'язок та навігацію, комп'ютерну мережу і відповідне програмне забезпечення.

*Маршрутизація перевезень побутових відходів із використанням інформаційної системи [6].*

Розробка відноситься до сфери захисту навколишнього середовища, а саме до поводження з побутовими відходами.

Відомий спосіб в рамках планово-регулярної (унітарної або роздільної) системи збору та видалення побутових відходів, який передбачає маршрутизацію перевезення побутових відходів, накопичених у незмінних контейнерах наявної кількості, на основі затвердженої схеми санітарного очищення населеного пункту з урахуванням максимального рівня добового утворення побутових відходів, затверджених нормативів щодо періодичності їх вивезення й термінів їх зберігання в контейнері для побутових відходів, а також місткості цих контейнерів.

Недоліками даного способу є складнощі щодо коректного обліку утворених, перевезених й зданих для захоронення/утилізації/знешкодження обсягів побутових відходів, які призводять до неякісного контролю за санітарною очисткою територій, а також маніпулювання даними під час розрахунків між учасниками, задіяними в процесі поводження з відходами (автотранспортними підприємствами, житлово-комунальними господарствами, полігонами, контролюючими органами, сортувальними станціями та ін.).

Спосіб, найбільш близький до запропонованого, передбачає передачу оперативної інформації щодо заповненості контейнерів для коригування плану збору (у т.ч. періодичності й порядку вивезення) робітниками житлово-комунальних господарств на основі візуального контролю. При цьому такий спосіб передачі інформації включає суб'єктивність й неточність.

Запропонована система GPSM Eco Track пропонує обладнати кришки контейнерів датчиками, які зверху сканують поверхню і

визначають рівень наповнюваності (у відсотках), що не завжди відображає реальну заповненість контейнера. По-перше, реальна потреба у вивезенні накопичених відходів визначається не тільки об'ємом, але й масою, по-друге, при відкритій кришці контейнера запропонований спосіб працюватиме некоректно. Крім того, заявлений спосіб маршрутизації не враховує можливість передачі інформації всім зацікавленим особам, визначальним у прийнятті рішення щодо збору відходів поза розробленим графіком, а також оперативного коригування маршруту.

Метою запропонованого способу є мінімізація часу й змінних витрат на перевезення побутових відходів на маршруті, а також забезпечення якісного контролю за санітарною очисткою територій та запобігання маніпулюванням даними під час розрахунків між учасниками, задіяними в процесі поводження з відходами.

Поставлена мета досягається тим, що формування раціонального маршруту перевезень із виключенням місць збору побутових відходів із ще незаповненими контейнерами та включенням із вже заповненими відбувається в режимі реального часу.

Для успішної реалізації запропонованого способу контейнери мають бути обладнані спеціальними пристроями контролю обсягів та/або маси побутових відходів, інтегрованими в автоматизовану інформаційну систему збору й обробки даних (рис. 3, 4). Зазначена система включає сервіс збору оперативної інформації щодо наповненості контейнерів для оператора, сервіс формування/коригування маршрутів збору побутових відходів на основі евристичних та математичних методів, а також сервіс передачі даних про сформований маршрут й звіту щодо показників роботи спеціалізованого РС на маршруті зацікавленим особам .

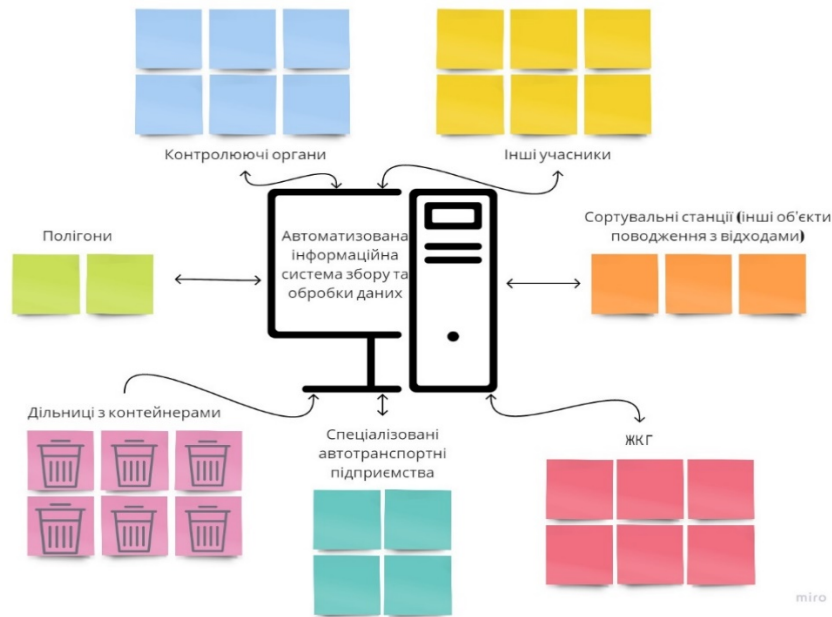


Рисунок 3 - Користувачі автоматизованої інформаційної системи організації й управління вивезенням побутових відходів

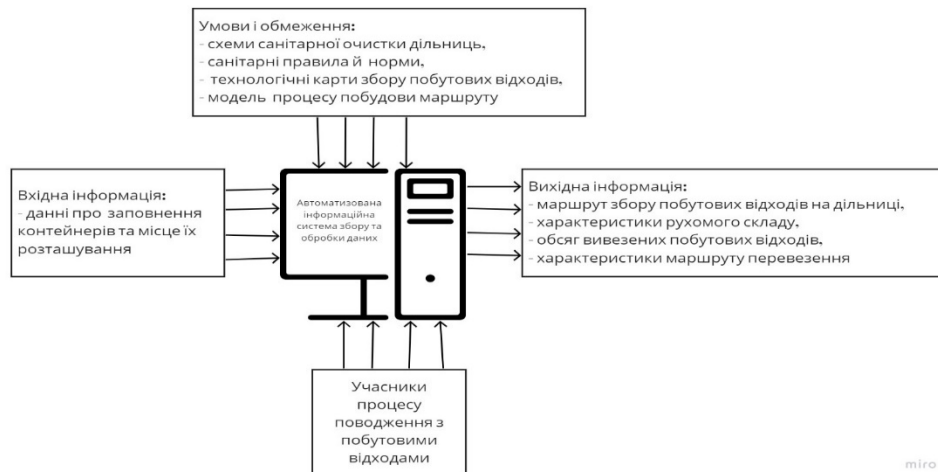


Рисунок 4 - Функціональна діаграма інформаційної системи організації й управління вивезенням побутових відходів (формування маршруту)

Запропонований спосіб буде ефективним для всіх видів контейнерів і технологій збору побутових відходів в них, а також при повному або частковому обладнанні контейнерів спеціальними пристроями контролю обсягів та/або маси побутових відходів.

Отже, запропонований спосіб дозволяє в режимі реального часу формувати раціональний маршрут збору і перевезення побутових

відходів, починаючи від найближчого до автотранспортного підприємства домогосподарства, що обслуговується, у напрямку об'єкта поводження з побутовими відходами (для зберігання, утилізації, знищення, захоронення). В рамках способу коригуються техніко-економічні показники роботи спеціалізованого рухомого складу на маршруті (місця й послідовність збору побутових відходів на маршруті, графік й умови руху, вантажопідйомність і вантажомісткість сміттєвозів, обсяги транспортної роботи тощо).

Розробка маршрутів збору побутових відходів здійснюється на основі практичного досвіду фахівців, встановлених правил й нормативів, оперативної інформації щодо наповненості контейнерів побутовими відходами та моделі процесу збору побутових відходів, цільовою функцією якої є мінімізація часу й змінних витрат на перевезення.

## ВИСНОВКИ

Технології "зеленої" транспортної логістики відіграють ключову роль у вдосконаленні транспортних систем і зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище. Вони сприяють електрифікації транспорту, використанню альтернативних палив, оптимізації маршрутів та доставок, сприяють використанню "розумних" систем управління транспортом та використанню інноваційних пакувальних матеріалів.

У цілому, технології "зеленої" транспортної логістики сприяють створенню більш сталого та ефективного транспортного середовища, що відповідає потребам сучасного суспільства та забезпечує збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] ДСТУ 9030:2020 Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище. Вимоги до проектної документації. Київ, 2020 р. 42 с.
- [2] Харитонова Н.М., Розрахунковий метод оцінки впливу транспортних засобів на повітряне середовище. *Дороги і мости*. Київ, 2023. Вип. 27. С. 289–295.  
DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.289>.
- [3] Збірник методик по розрахунку вмісту забруднюючих речовин в викидах від неорганізованих джерел забруднення атмосфери. Донецьк, 2003. 178 с.
- [4] Екологічно\_чистий\_транспорт. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Екологічно\\_чистий\\_транспорт](https://en.wikipedia.org/wiki/Екологічно_чистий_транспорт) (дата звернення: 30.01.2025).
- [5] Твір наукового характеру “Маршрутизація перевезень побутових відходів із використанням інформаційної системи” / О.П. Процик., Ю.О.Сілантьєва // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. – № 110323, Державна служба інтелектуальної власності України. – заяв. 16.11.2021 р. № с202108294; реєстр. 15.12.2021 р.
- [6] Твір наукового характеру “Спосіб поводження з побутовими відходами з використанням інформаційної системи” / О.П. Процик., Ю.О.Сілантьєва // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. – № 110324, Державна служба інтелектуальної власності України. – заяв. 16.11.2021 р. № с202108295; реєстр. 15.12.2021 р.