



СТІЕМ
www.stiem.info

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Монографія

**Харків
2017**

УДК 504:656
ББК 28.081:39.8
Л 40

Рецензенти: **І.Е. Линник**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
К.Є. Вакуленко, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Автори: О.І. Лежнева (розділ 1); Г.М. Желновач (розділ 2); С.В. Очеретенко (розділ 3); Н.В. Пономарьова (розділ 4); Н.В. Прокопенко (розділ 5); Є.В. Любий (розділ 6).

Л 40 Екологічні аспекти транспортної системи міста: монографія / О.І. Лежнева, Г.М. Желновач, С.В. Очеретенко та ін. – Харків: Зебра, 2017. – 180 с.

ISBN

В монографії оцінено шумове забруднення як фактор антропогенного навантаження на навколишнє середовище при функціонуванні автотранспортного комплексу. Приділено увагу впливу об'єктів паркування на якість атмосферного повітря рекреаційних зон.

Читач знайде в монографії результати досліджень щодо швидкості руху електротранспорту на міських маршрутах, а також можливі шляхи зниження енергоємності транспортного процесу при перевезенні вантажів та пасажирів на автомобільному транспорті.

Окрему увагу приділено проведенню оцінки забруднення придорожного простору методом флюктуючої асиметрії листя дерев. Представлено аналіз існуючих програмних продуктів для транспортного моделювання з метою підвищення ефективності та безпеки дорожнього руху в містах.

Розрахована на студентів старших курсів вищих технічних закладів, магістрів, аспірантів та наукових працівників.

Головний редактор: кандидат технічних наук, доцент Лежнева Олена Іванівна.

ISBN
978-617-7387-45-8

ББК 28.081:39.8
© НК «СТіЕМ», 2017

|| ВСТУП

Зростаючі темпи урбанізації сучасного суспільства призводять до збільшення концентрації антропогенних джерел негативної дії на довкілля на досить обмежених територіях (значні міста і мегаполіси). Усі джерела негативної дії на навколишнє середовище міста прийнято диференціювати на дві великі групи – стаціонарні і пересувні. До групи стаціонарних джерел відносяться підприємства різного призначення. Рівень дії кожного стаціонарного джерела визначається його розмірами, а номенклатура шкідливих речовин, що викидаються, залежить від особливості вживаних технологічних процесів. Внаслідок цього для цієї групи джерел заходи, що спрямовані на зниження рівня негативної дії на навколишнє середовище, лежать в площині вдосконалення технологічних процесів (ресурсозберігаючі, енергозберігаючі і очисні технології, впровадження безвідходних виробництв, перехід на замкнуті технологічні цикли і тому подібне). Проте стаціонарні джерела можуть бути відокремлені від сельбищних районів міста за допомогою санітарно-захисних зон, тим самим забезпечуючи постійну ізоляцію в просторі сельбищних і промислових зон.

До другої групи – пересувних джерел – відносяться усі складові транспортної системи міста, серед яких центральне місце об'єктивно займає автомобільний транспорт. Механізм дії автомобільного транспорту на навколишнє середовище має ряд специфічних особливостей в порівнянні з багатьма галузями промисловості. До таких особливостей відносяться:

- масовість і постійно зростаючі темпи процесу автомобілізації;
- широкий спектр негативних явищ, що супроводжують процес розвитку автомобілізації;
- низькі питомі показники екологічної безпеки транспортних засобів на одиницю виконаної транспортної роботи;
- складнощі значного поліпшення показників екологічної безпеки в найближчій перспективі;
- концентрація великої кількості транспортних засобів на порівняно обмеженій території і їх масове проникнення в зони житлової забудови, складність локалізації несприятливих наслідків;

– хронічне відставання темпів розвитку дорожньої мережі від темпів автомобілізації;

– практично незмінна технологія транспортного процесу.

Поєднання цих чинників в певних умовах і регіонах приводить за окремими параметрами до домінуючої дії автомобільного транспорту на довкілля. Безперервне зростання інтенсивності негативної дії викликає не лише погіршення здоров'я населення, але і призводить до дегенерації біогеоценозів, що склалися, та підтримують необхідний екологічний баланс, необхідний для нормального існування цивілізації.

Постійно існуюча диспропорція у випереджаючих темпах розвитку автомобільного парку над темпами розвитку вулично-дорожньої мережі веде до ще більшої актуалізації вказаної проблеми.

Дослідженням різних аспектів цієї проблеми нині займаються різні фахівці в області екології, автомобілебудування, технічної експлуатації автомобілів, дорожнього будівництва і транспортного містобудування, організації автомобільних перевезень, організації дорожнього руху. Це привело до створення ряду незалежних напрямів щодо обмеження негативних наслідків автомобілізації, як правило, роз'єднаних, що носять вузькоспеціалізований характер. Оптимальне рішення проблеми можливе тільки на основі обліку усіх взаємозв'язаних чинників, що визначають міру дії міського транспорту на довкілля.

Це завдання доки є новим, і в цій роботі зроблена спроба на основі єдиного методологічного підходу обґрунтувати можливі рішення транспортних екологічних задач.

Постійно зростаюча інтенсивність транспортних потоків щорічно супроводжуються посиленням техногенного навантаження на населення сучасних міст. Слід відмітити, що сьогодні проблема шумового забруднення транспортними магістралями оточуючого середовища є не менш актуальною, ніж хімічного, оскільки проведені дослідження визначають нові аспекти негативного акустичного впливу на здоров'я мешканців значних міст.

Із збільшенням кількості транспортних засобів та швидкості їх пересування вулицями промислових міст світова спільнота визначила шум як один з головних чинників, що погіршують рівень життя людей в містах.

Метою даної роботи є дослідження шумового забруднення від роботи автомобільного транспорту на дорогах міста Харкова та розробка рекомендацій щодо покращення екологічної ситуації.

До основних задач, що вирішуються в роботі, відносяться:

- оцінка шумового забруднення як фактора антропогенного навантаження на навколишнє середовище;
- побудова карти шуму мікрорайону м. Харкова;
- розробка природоохоронного заходу щодо покращення екологічних характеристик інфраструктури транспорту.

Результати досліджень дозволяють оцінити міру техногенного впливу шумового забруднення при експлуатації автомагістралі на стан навколишнього середовища і здоров'я людини на прикладі міських доріг м. Харкова, що дає можливість:

- регламентувати адміністративно-законодавчими методами характер впливу на природні об'єкти і здоров'я людини окремих видів діяльності;
- обґрунтовано пропонувати заходи, що забезпечують екологічну безпеку при організації дорожнього руху.

1.1 Основні аспекти оцінки шумового навантаження на навколишнє середовище

Шумом називаються будь-які небажані для людини звуки, що заважають праці або відпочинку, створюють акустичний дискомфорт.

В реальній атмосфері незалежно від людини завжди присутні шуми природного походження з досить широким спектральним діапазоном від інфразвуку до ультразвуку та гіперзвуку. Прикладами шумів природного походження є шум морського прибою, гірського обвалу, грозового розряду, виверження вулкана, вітру в лісі, співу птахів, голосів тварин, шум водоспаду.

Такі шуми практично не мають негативного впливу на самопочуття людини, в той час як техногенні шуми, навпаки, є джерелами постійного дискомфорту городян. Шуми природного походження настільки різноманітні, що повною мірою не піддаються детальному опису.

Техногенні шуми часто являють собою суміш випадкових і періодичних коливань. До джерел шуму техногенного походження відносяться всі застосовувані в сучасній техніці механізми, обладнання та транспорт, які створюють значне шумове забруднення навколишнього середовища. Серед перерахованих джерел шуму найбільший внесок в створення шумового навантаження в місті вносить саме транспортний шум [1].

Фактори, що впливають на рівень транспортного шуму:

– інтенсивність транспортного потоку (найбільші рівні шуму реєструються на магістральних вулицях великих міст при інтенсивності руху 2000-3000 авт./год);

– швидкість транспортного потоку (при збільшенні швидкості транспортних засобів відбувається зростання шуму двигунів, шуму від качіння коліс по дорозі і подолання опору повітря);

– склад транспортного потоку (вантажний транспорт створює більший шумовий вплив у порівнянні з пасажирським. Тому зростання частки вантажних автомобілів у транспортному потоці приводить до загального зростання шуму);

– тип двигуна (порівняння двигунів за потужністю дозволяє провести їх ранжирування за зростанням рівня шуму – електродвигун, карбюраторний двигун, дизель, паровий, газотурбінний двигун);

– тип і якість дорожнього покриття (найменший шум створює асфальтобетонне покриття, потім за зростаючою – бруківка, кам'яне і гравійне. Несправне дорожнє покриття будь-якого типу, що має вибої, розкриті шви і нестиковки поверхонь, а також ями і просідання створює підвищений шум);

– планувальні рішення територій (поздовжній профіль і звивистість вулиць, наявність різнорівневих транспортних розв'язок і світлофорів впливають на характер роботи двигунів, а отже і на створюваний шум. Висота і щільність забудови визначають дальність поширення шуму від магістралей. Так, ширина зон акустичного дискомфорту уздовж магістралей у денні години може досягати 700-1000 м залежно від типу прилягаючої забудови).

Необхідність боротьби з шумом в Україні закріплена законодавчо відповідно до закону загальної дії «Про охорону навколишнього середовища». Проникаючий в приміщення або на територію шум не повинен перевищувати нормативних величин, що встановлені будівельними нормами і правилами, стандартами і санітарними нормами.

Для оцінки шуму в різних країнах, в основному, використовується рівень звуку в децибелах (дБА) – загальний рівень звукового тиску, вимірюваний шумоміром на кривій частотної корекції А, що характеризує наближено частотну характеристику сприйняття шуму людським вухом.

Розроблені санітарні норми допустимого шуму для житлових і громадських споруд та для території житлової забудови, а також державні стандарти на засоби пересування, інженерне устаткування, побутові прилади, в основу яких покладені гігієнічні вимоги щодо забезпечення акустичного комфорту наведено в табл. 1.1.

Санітарні норми допустимого шуму обумовлюють необхідність розробки технічних, архітектурно-планувальних та адміністративних заходів, спрямованих на створення відповідного гігієнічним вимогам шумового режиму, як в міській забудові, так і в будівлях різного призначення, дозволяють зберегти здоров'я та працездатність населення. Основними критеріями забезпечення акустичного комфорту на території житлової забудови є нормативні еквівалентні

рівні шуму сельбищної території – 55 дБА в денний та 45 дБА в нічний час доби [2].

Таблиця 1.1 – Допустимі рівні звуку на території житлової забудови

Види територій	Допустимі рівні звуку, дБА		Час доби
	L_{Aeq}	L_{Amax}	
Території, що безпосередньо прилягають до будівель лікарень, санаторіїв	45	60	вдень
Території, що безпосередньо прилягають до житлових будинків, будівель поліклінік, амбулаторій, будинків відпочинку, пансіонатів, будинків-інтернатів, дитячих дошкільних закладів, шкіл та інших навчальних закладів, бібліотек	45	50	вночі
	55	70	вдень
Території, що прилягають до будівель готелів та гуртожитків	45	50	вночі
	45	60	вдень
Майданчики відпочинку на території лікарень та санаторіїв	60	75	вночі
	50	65	вдень
Майданчики відпочинку, груп житлових будинків, будинків відпочинку, пансіонатів, майданчиків дитячих дошкільних закладів, шкіл та ін.	35	50	вночі
	45	60	вдень

При порівнянні українських і європейських норм шуму необхідно відмітити, що західні норми для денного і нічного часу не завжди збігаються з українськими. Наприклад, в скандинавських країнах рівень шуму в приміщенні не залежить від призначення приміщення (спальні або громадські) та встановлений на рівні 45 дБА вдень та 35 дБА вночі. Нічний час тут відраховується з 22.00 до 7.00 години, в той час як в Україні з 23.00 до 7.00. У Німеччині нічним часом вважається період доби з 22.00 до 6.00 години. Спостерігається відмінність у величині нормативного рівня звуку – в Німеччині шум не повинен перевищувати 59 дБА вдень та 49 дБА вночі, що на 4 дБА більше, ніж в Україні.

Поряд з нормами шуму для житлової забудови введені технічні норми шуму для різних засобів транспорту, які встановлюються в залежності від технічного стану і характеристик машини (типу машини, її потужності і маси) і відображають можливість досягнення найбільш оптимальних характеристик шуму.

Крім дратівної дії та професійного захворювання – неврити слухових нервів, шум може викликати так звану «шумову хворобу». Боротьба з шумом, одним з основних несприятливих чинників навколишнього середовища, стала пріоритетним напрямком поліпшення екологічної обстановки в Європейському союзі.

В умовах сильного шумового впливу автотранспорту в місті відбувається безперервна напруга слухового апарату. Це викликає слабку форму глухоти (збільшення порогу чутності), таким чином, мінімальний шум, приблизно з 10 дБА для здорової людини піднімається до 20-35 дБА. Шумові впливи автотранспорту у значних містах також впливають на тривалість людського життя, скорочуючи його, з досліджень австрійських вчених, приблизно на 8-12 років. Постійний сильний шум не рідко є причиною психічної пригніченості, нервового виснаження, виразкової хвороби, вегетативного неврозу, розладу серцево-судинної, а також ендокринної системи. Постійний шум впливає на якість роботи і відпочинку, значно зменшує продуктивність праці.

В ході значної кількості досліджень серед населення були виявлені негативні зміни у здоров'ї мешканців міста, які регулярно піддаються шумовому впливу автотранспорту в умовах трудової діяльності і проживання. При цьому стан слухової чутливості, серцево-судинної та нервової систем, безпосередньо залежав від рівня шумового впливу, від віку і статі обстежених. Найбільші зміни відбувалися у людей, які відчують шумові впливи як в умовах праці так і побуті. Шумові впливи автотранспорту також призводять до порушення сну. Один з найбільш несприятливих шумових впливів на людину раптовий, переривчастий шум, особливо в нічні і вечірні години, під час сну. Шуми, що раптово виникають під час сну, зазвичай викликають сильний переляк, особливо у дітей і людей з різними захворюваннями. Шум негативно позначається на тривалості і глибині сну. Під впливом постійного шуму рівнем близько 50 дБА засинання розтягується на годину і навіть більше, сон не переходить в глибоку фазу і після пробудження людина відчуває головний біль, втому, іноді це призводить до порушення серцебиття (див. табл. 1.2).

Спостереження свідчать, що в шумних міських районах загальна захворюваність населення в 3 рази вище, ніж в тихих [1].

Таблиця 1.2 – Ефект тривалої дії різних рівнів звуку

Приклади шумового впливу	Шумовий вплив, дБА	Ефект тривалої дії
реактивний двигун при зльоті (25 м)	150	розрив барабанних перетинок
удар грому, ткацький верстат, рок музика, сирена (близька відстань), ланцюгова пила	120	поріг болю у людини
сталепрокатний завод, автомобільний гудок (1 м), стерео репродуктор близько від вуха	110	серйозна загроза для слуху
метро, підвісний мотор, косарка для газонів, мотоцикл (відстань. 8 м), трактор, поліграфічне підприємство, відбійний молоток, сміттєвоз	100	серйозна загроза для слуху (час впливу 8 ч)
жвава міська вулиця, дизельна вантажівка, міксер, бавовнопрядильна машина	90	загроза для слуху, погана чутність
прибирання сміття, пральна машина, типова фабрика, товарний поїзд (відстань 15 м), посудомийна машина, міксер	70	можлива загроза для слуху
швидкісна автомагістраль (відстань 15 м), галасливий офіс, пиросос, вечірка, телевізор	70	подразнююча дія
розмова в ресторані, звичайний офіс, музичний фон, цвірінькання птахів	60	інтенсивний вплив
спокійне передмістя, розмова в житловій кімнаті	50	слабкий вплив на слух
бібліотека, тихий музичний фон	40	слабкий вплив на слух
Спокійна сільська місцевість (в нічний час)	30	слабкий вплив на слух
шепіт, шелест листя	20	дуже слабкий вплив
дихання	10	дуже слабкий вплив
тиша	0	критичний рівень

1.2 Дослідження акустичного навантаження примагістральної території

Для оцінки шумового забруднення автотранспортом примагістральної території була обрана типова ділянка міської

території в сельбищній зоні міста Харкова. У межах локальної ділянки проведено аналіз інтенсивності й складу транспортних потоків у зимовий і літній періоди 2016 року, оцінена екологічна ситуація у дворах житлового мікрорайону.

Дослідження проводилися у мікрорайоні, який знаходиться у Слобідському районі м. Харкова і оточений вул. Кірова, вул. Державінською, вул. Плеханівською та проспектом Гагаріна.

Слобідський район – один з 9 районів м. Харкова, який розташований у південній частині міста (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Розміщення району досліджень на карті м. Харкова

Район утворений 8 березня 1940 року, площа становить 7,9 % загальної території м. Харкова, межує з Основ'янським, Московським, Немишлянським та Орджонікідзевським районом.

Промислові території та залізниця займають близько 15 % території району, житлові мікрорайони – 30 %, інше – дороги, ринки, лісонасадження, ігрові майданчики, відводи тощо.

Довжина району з півдня на північ – 8,7 км, зі сходу на захід – 3,75 км. Значна частина озеленена парками та скверами, найбільший із них – парк ім. Артема площею близько 100 га. Межами району проходять дві міські магістралі: проспекти Московський та Гагаріна, а всередині району – проспекти 50-річчя СРСР та Героїв Сталінграда. Загальна довжина доріг – 966 тис. м².

Населення району 146850 осіб, район займає п'яте місце в міському рейтингу, після Московського, Шевченківського, Київського і Індустріального районів.

Для кожної вулиці визначена ширина дорожнього полотна й тротуарів, відзначені наявність або відсутність газонів і дерев, характер забудови (мало- або багатоповерхова). Вивчено основну територію усередині мікрорайону.

Спостереження за інтенсивністю руху автотранспорту проводилися в різний час доби в ранкові, денні й вечірні години по 20 хвилин кожного тимчасового інтервалу протягом 3 днів у будні, після чого розраховувалося середнє арифметичне число проїжджаючих

автомобілів у годину через кожен пункт спостереження [3]. Такі ж розрахунки зроблені й для вихідного дня. Окремо вівся підрахунок легкових, легких вантажних, середніх вантажних, важких вантажних автомобілів і автобусів.

Таблиця 1.3 – Характеристика об'єкту дослідження

Ділянка	Показник	Характеристика
вул. Плеханівська	поздовжній ухил на перегоні, ‰	0
	покриття	асфальтобетон
	кількість смуг	2
	відстань до забудови, м	30-150
	довжина перегону, м	650
вул. Державінська	поздовжній ухил на перегоні, ‰	0
	покриття	асфальтобетон
	кількість смуг	2
	відстань до забудови, м	20-100
	довжина перегону, м	700
вул. Кірова	поздовжній ухил на перегоні, ‰	0
	покриття	асфальтобетон
	кількість смуг	2
	відстань до забудови, м	50-100
	довжина перегону, м	750
пр-т Гагаріна	поздовжній ухил на перегоні, ‰	0
	покриття	асфальтобетон
	кількість смуг	8
	відстань до забудови, м	10-50
	довжина перегону, м	550

З аналізу результатів спостережень можна зробити ряд висновків:

- основний внесок у транспортні потоки вносить легковий транспорт, від 81 %. Кількість автобусів у відсотковому відношенні становить не більше 4 % від загальної кількості транспорту;

- інтенсивність руху автомобілів по вивчених автотрасах приблизно однакова в зимовий і літній періоди року;

- у вихідні дні спостерігається зниження інтенсивності руху автотранспорту. У літній період кількість автомобілів у неділю становить 51-74 % від їхньої загальної кількості в будні, у зимовий період – 45-64 %.

В узагальненому вигляді результати натурних спостережень наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати спостережень за інтенсивністю й складом транспортного потоку на локальній ділянці території

Назва вулиць		Середня інтенсивність руху, авт./год					
		легкові	легкі вантажні	середні вантажні	важкі вантажні	автобуси	усього
вул. Плеханівська	%	81,4	8,6	2,2	4,4	3,6	100
	середнє значення	1536	169	43	80	60	1888
пр-т Гагаріна	%	81,5	4,7	3,5	4,8	5,5	100
	середнє значення	2546	146	109	154	176	3124
вул. Кірова	%	78,4	7,7	6,2	5,4	2,3	100
	середнє значення	997	97	78	68	30	1272
вул. Державінська	%	83,9	3,6	2,7	5,6	4,2	100
	середнє значення	1562	67	50	104	78	1862

Для оцінки впливу акустичного навантаження від автотранспорту приміагістральної території обрано найбільш навантажену ділянку, а саме проспект Гагаріна. Це дуже важлива транспортна артерія довжиною близько 10 км, що зв'язує центр міста з аеропортом. Проспектом курсують тролейбуси і безліч маршрутних автобусів (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Наглядне представлення досліджуваної ділянки (пр-т Гагаріна)

Архітектурний вигляд проспекту формують не тільки житлові багатоповерхові будинки і новобудови, а й громадські будівлі, корпуси промислових підприємств, науково-дослідних інститутів [4].

Як показує аналіз розрахункових методик, найбільш об'єктивно шумова характеристика потоку може бути визначена за методикою, наведеною в «Рекомендаціях з обліку вимог щодо охорони навколишнього середовища при проектуванні автомобільних доріг і мостових переходів» [5]. Згідно з якою розрахунок рівнів звуку проводиться виходячи з даних табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Залежність шумової характеристики від інтенсивності і швидкості потоку

Інтенсивність, авт./год	Еквівалентний рівень звуку (дБА) при швидкості (км/год)						
	30	40	50	60	70	80	85
50	63,5	65,0	66,5	68	69,5	71,0	71,8
75	65,0	66,5	68,0	69,5	71,0	72,5	73,3
100	66,5	68,0	69,5	71,0	72,5	74,0	74,8
500	72,5	74,0	75,5	77,0	78,5	80,0	80,8
800	74,5	76,0	77,5	79,0	80,5	82,0	82,8
1650	76,5	78,0	79,5	81,0	82,5	84,0	84,8
3000	78,5	80,	81,5	83,0	84,5	86,0	86,8
4500	79,5	81,0	82,5	84,0	85,5	87,0	87,8
6000	80,5	82,0	83,5	85,0	86,5	88,0	88,8
7500	81,0	82,5	84,0	85,5	87,0	88,5	89,3
9000	81,5	83,0	84,5	86,0	87,5	89,0	89,8
12000	82,5	84,0	85,5	87,0	88,5	90,0	90,8

При цьому вносяться поправки:

- на тип дорожнього покриття: дрібнозернистий асфальт – 1,5 дБА;
- на склад потоку: 10-20 % вантажних машин – 2 дБА, більше 20 % – 1 дБА;
- на ухил не більше 20 ‰ – +1 дБА.

Дана методика дозволяє визначити рівень звуку на відстані 7,5 м від транспортного потоку з найменшою похибкою (середньоквадратичне відхилення 1-2 дБА). У розрахунках середня швидкість потоку приймалася 50 км/год, поправка на дорожнє покриття – 1,5 дБА. Результати розрахунку представлені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Шумові характеристики транспортного потоку на різних ділянках

Ділянка	Інтенсивність, авт./год		Відсоток вантажних, %	Еквівалентний рівень звуку, дБА	
	вдень	вночі		вдень	вночі
вул. Плеханівська	1888	362	18,8	77	71,5
пр-т Гагаріна	3124	657	18,5	78,5	74,5
вул. Кірова	1272	195	21,6	74,5	66,5
вул. Державінська	1862	344	16,1	76	72

Як показують дані, що наведені в табл. 1.6, шумова характеристика транспортного потоку основного ходу складає 75-79 дБА вдень та 67-75 дБА вночі. Найбільш акустично навантаженою ділянкою є пр-т Гагаріна.

В ході дослідження також використовували практичний метод визначення рівня звукового тиску від автомобільної дороги.



Рисунок 1.3 – Електронний шумомір SL-401

Вимірювання проводили відповідно до розробленої методики проведення вимірювань рівня звуку в зоні житлової забудови. Методика призначена для оцінки фактичного шумового режиму сельбищної зони.

Для оцінки рівнів шуму використовували шумомір SL-401. Принцип дії шумоміра полягає в перетворенні звукового тиску в електричний сигнал мікрофоном.

Фактично шумомір являє собою мікрофон, до якого підключений вольтметр, що проградуєований в децибелах. Оскільки електричний сигнал на виході з мікрофону пропорційний вихідному звуковому сигналу, приріст рівня звукового тиску, що впливає на мембрану мікрофона викликає відповідний приріст напруги електричного струму на вході вольтметра, що і відображається за допомогою індикаторного пристрою, проградуєованого в децибелах.

Перед початком вимірювань контролювали ідентичність умов. Вони вважаються ідентичними, якщо:

- всі предмети, що відображають і поглинаючі поверхні розташовані на одних і тих же місцях;
- метеоумови навколишнього середовища однакові (температура повітря змінюється не більш ніж на 10°C);
- застосовується одно і те ж джерело, що працює в тому ж режимі.

Вимірювання проводилися в суху погоду при швидкості вітру не більше 5 м/с. При швидкості вітру понад 5 м/с застосовувалися спеціальні засоби захисту вимірювального мікрофона від вітру. Загальна тривалість вимірювання повинна бути не менше 30 хвилин, що складається з трьох циклів кожен по 10 хв. 3-4 рази на добу [6].

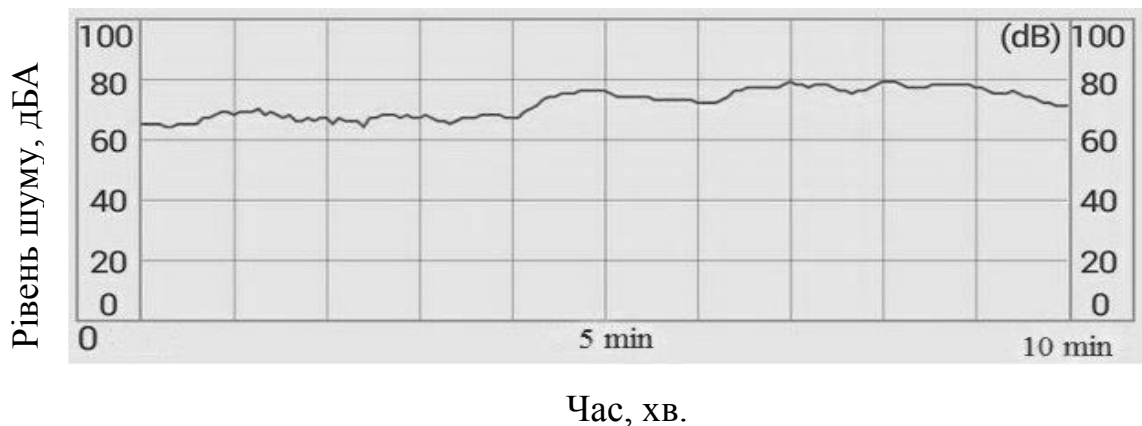


Рисунок 1.4 – Графічне представлення результатів експериментальних досліджень

Результати вимірювань характеризують вплив шуму протягом доби. В ході експериментальних досліджень встановлено, що $L_{Аекв}$ дорівнює 78 дБА, а $L_{Аmax}$ 87 дБА.

Результати отримані теоретичним та експериментальним методом збігаються.

Оцінка рівня акустичного навантаження проводилася за допомогою карти шуму з використанням програми «Акустика 3D». Карта шуму – план обмеженої території з нанесеними на неї даними про шумову ситуацію, що дозволяє оцінити комплексний вплив шуму від усіх джерел на даній території, вплив шуму від окремих джерел, а так само прогнозувати сумарні впливи шуму на даній території.

На картах шуму поділ різних рівнів інтенсивності шуму проводиться кольором, в деяких випадках, у зв'язку з необхідністю

чіткого розрізнення об'єктів, для позначення меж різних рівнів шуму використовується тільки розділова лінія з вказівкою значень даних рівнів.

На відміну від способу дискретних розрахунків для кожної виділеної контрольної/розрахункової точки, карта шуму дозволяє моментально дізнатися точні рівні шуму абсолютно в будь-якій точці на всій досліджуваній території.

Перевагою карт шуму є легкість їх сприйняття. Виділені кольором зони відповідають конкретним рівням звуку. Зонування може відбуватися з кроком 1, 5, 10 і більше дБА. Зони з високими рівнями шуму зазвичай мають червоний і темно-синій колір, з рівнями відповідними нормативним значенням – зелений, близькими до норми і прикордонними значеннями – жовтий і помаранчевий. Таким чином, легкість сприйняття карт шуму дозволяє зробити оцінку рівнів шуму будь-якої точки території в найкоротший час.

Карта шуму дає можливість:

- оцінки території з акустичної точки зору;
- визначення статусу шумності районів міста;
- розуміння найбільш несприятливих зон міста;
- знаходити відповіді на скарги громадян на підвищений шум;
- приймати рішення щодо проведення шумозахисних заходів;
- приймати рішення щодо місць будівництва нових житлових будинків.

Ознайомившись з особливостями роботи програми «Акустика 3D» було проведено наступні етапи визначення умовного навантаження території. У програму була завантажена карта цієї ділянки дороги, на яку були нанесені всі об'єкти за допомогою функцій «Полігон», «Лінійне ДШ», «Розрахункові точки». При нанесенні автомобільної дороги була створена таблиця «ДШ-1».

Далі було нанесено розрахункові значення та побудовано схему акустичного навантаження (рис. 1.5).

Практичним результатом даної роботи є карта шуму території, прилеглої до автомобільної дороги, що дозволяє дати об'єктивну оцінку акустичного забруднення в житловій забудові від транспортних магістралей з урахуванням тимчасових характеристик їх дії. З шумової карти видно, що рівень шумового навантаження є достатньо високим L_A 70-80 дБА та перевищує допустимий рівень шуму $L_{Аекв}$ 55-70 дБА та не потрапляє в діапазон еквівалентного для

даної території. Високий рівень шуму спостерігається у зовнішніх дворах будівель та на примагістральній території, у внутрішніх дворах цей показник різко падає.

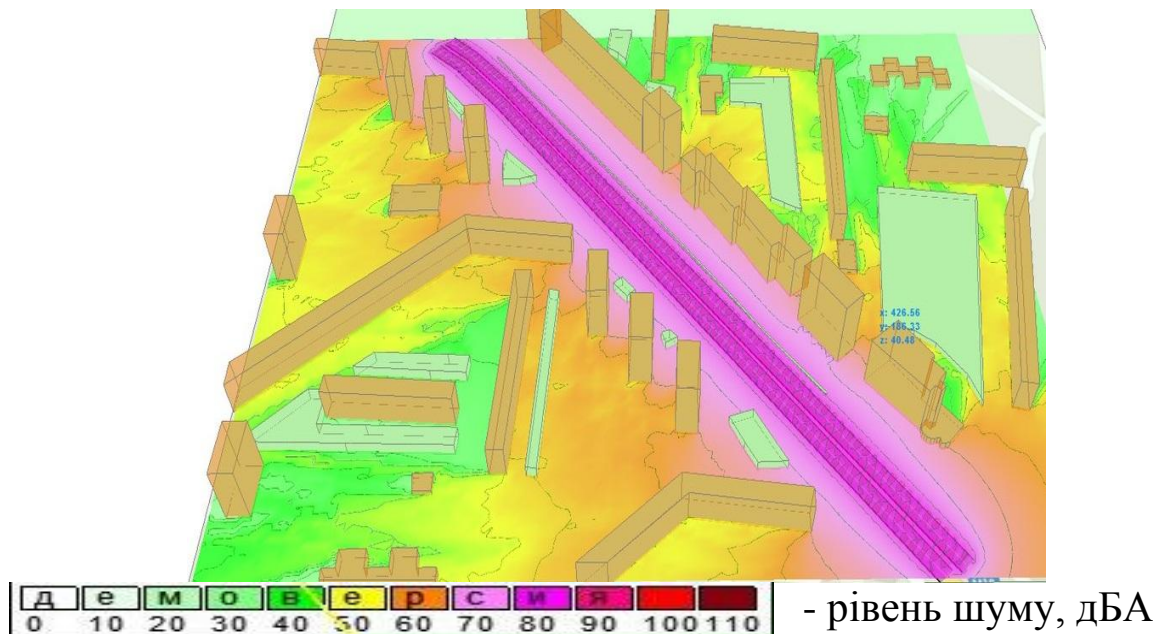


Рисунок 1.5 – Схема акустичного навантаження ділянки району, що досліджується

Карта шуму дозволила оцінити межі територій, на яких досягається нормативне значення рівня звуку 55 дБА вдень та 45 дБА вночі. Ці дані представлені у вигляді ізодецибел різного кольору .

При економічній оцінці впливу транспортного шуму збиток від його дії можна визначити як втрату частини національного доходу в результаті постійного впливу шуму на людину [7].

Розрахунок погодинного збитку з використанням коефіцієнта зниження національного доходу від впливу шуму виконується за формулою

$$Z_{год} = C_{год} \sum_{i=1}^n N_{жL_i} K_n(L_i), \quad (1.1)$$

де $Z_{год}$ – погодинний збиток від високих рівнів транспортного шуму, грн./год.;

$C_{год}$ – вартість роботи однієї людини за годину, грн./год.;

$N_{жL_i}$ – кількість людей на яких діє рівень шуму L_i , чол.;

$K_n(L_i)$ – коефіцієнт зменшення національного доходу.

$$K_n(L_i) = 18 * 10^{-8} L_i^{3,39679} - 0,03123. \quad (1.2)$$

Розрахуємо, який збиток наносить шумовий вплив з рівнем звуку $L_i=75$ дБА за умови, що його дія поширюється на 100 осіб. Мінімальна вартість роботи за годину в Україні становить 19,34 грн./год.

$$K_n(L_i) = 18 * 10^{-8} 75^{3,39679} - 0,03123 = 0,39;$$

$$Z_{год} = 19,34 * 100 * 0,39 = 754,26 \text{ грн./год.}$$

Отже, збиток від шумового забруднення навколишнього середовища становить 754,26 грн./год. на кожні 100 чоловік. Збиток від шумового забруднення навколишнього середовища перебуває у прямій залежності від рівня шуму в квартирах і кількості жителів, на яких він діє.

1.3 Обґрунтування природоохоронного заходу щодо покращення екологічних характеристик інфраструктури транспорту

Проблема боротьби з міськими шумами тісно пов'язана з раціональним перетворенням міського середовища, яке повинно йти шляхом ліквідації або скорочення кількості джерел шуму, локалізації зони емісії шуму, зниження рівня звуку джерел і захисту від шуму місць перебування людини.

Проблема зниження шуму може бути вирішена різними методами. Однак слід враховувати, що адміністративні заходи в умовах існуючої забудови, такі як: перепланування транспортних потоків, можуть привести до значного збільшення економічних витрат. Зниження зовнішнього шуму пасажирського автомобіля з 80 до 77 дБА збільшує його вартість на 1-3 %, зниження шуму вантажного автомобіля з 90 до 83 дБА збільшує його вартість на 2-7 %. Таким чином, необхідно шукати інші шляхи зниження шуму в міській забудові.

В даний час накопичений величезний практичний досвід застосування різноманітних шумозахисних заходів для зниження автотранспортного шуму. В Японії, США, Німеччини, Італії, Канаді, в Австралії, Швеції та інших країнах встановлені десятки тисяч кілометрів акустичних екранів. Японія, Франція і Німеччина використовують шумопоглинальне дорожнє покриття для зниження шуму шин автомобілів. Для зниження рівня звуку на шляху його поширення успішно використовуються насипи і зелені насадження. Розробка комплексу шумозахисту здійснюється відповідно до необхідного зниження рівня звуку, а вибір екранних споруд продиктований, в першу чергу, міркуваннями ефективності шумозахисних заходів і їх вартістю, а також вимогами безпеки, особливостями експлуатації та естетичним сприйняттям.

Одним з найбільш перспективних напрямків захисту сельбищної зони та робочих місць, що знаходяться у приміщеннях будівель, які розташовані поблизу транспортних магістралей, є застосування акустичних екранів. До переваг застосування акустичних екранів у порівнянні, наприклад, з зеленими насадженнями, слід відзначити сталу ефективність, незалежно від періоду року, щільності листя. Крім того ефективність дії акустичних екранів настає з моменту їх встановлення, в той час як для досягнення певної шумозахисної ефективності зеленими насадженнями потрібний тривалий час, доки дерева та кущі здобудуть певну висоту та інші характеристики.

Якщо порівнювати акустичні екрани із земляними валами чи виїмками, то очевидно, що ці шумозахисні заходи доцільно застосовувати в місцях, де це дозволяє природний рельєф місцевості.

Слід зазначити, що вищеназвані шумозахисні заходи, а саме: земляні вали чи виїмки практично не мають застосування в умовах міста. Теж саме можна сказати про захист від транспортного шуму відстанню. Створення буферних зон в умовах зростання щільності міської забудови буде економічно невиправданим.

За кордоном достатнє поширення набуло тунельне вирішення питання боротьби з транспортним шумом. Безумовними перевагами цього рішення є висока шумозахисна ефективність, а також вирішення питання розвантаження транспортних артерій міста. Однак при розгляданні такого варіанту зниження транспортного шуму, необхідно враховувати високі капіталовкладення на будівництво та подальшу експлуатацію підземних магістралей.

Таким чином, в умовах великих промислових міст із забудовою, що складалася роками, та значними рівнями шуму транспортних потоків найбільш раціональним є застосування акустичних екранів [8].

Одним із методів зниження шуму є зменшення шуму на шляху його розповсюдження. Найбільш ефективним методом зниження шуму від транспортних потоків є використання шумозахисних заходів зниження шуму: акустичних екранів, захисних стінок, елементів рельєфу місцевості (земляних валів, горбів, забудови), тунелів, смуг зелених насаджень. Акустичне поле за перешкодами формується за рахунок наступних ефектів: відбиття звукових хвиль, їх дифракції на елементах конструкцій, дивергенції звуку, інтерференції звукових хвиль після відбиття від поверхні землі, як до так і після перешкоди, та затухання у навколишньому середовищі.

Міжнародний досвід свідчить про те, що використання акустичних екранів є найбільш привабливим методом зниження шуму згідно з критерієм ефективність/вартість. Використання екранів дозволяє забезпечити зниження шуму відповідно до вимог нормативних документів. На стадії проектування важливе значення мають розрахункові методи, що дозволяють отримати достовірні результати ефективності екранів для конкретних умов їх використання. Міжнародний досвід проектування екранів базується на комплексному аналізі факторів, що впливають на їх впровадження: ефективність зниження шуму екранами, зміна ландшафту, вплив на повсякденне життя населення, яке потрапляє під вплив шуму від дороги, безпека транспортного руху, економічні чинники застосування екранів.

Шумозахисні екрани – конструкція, що зводиться вздовж великих проспектів, автомагістралей, залізничних шляхів, які захищають від шуму прилеглі будинки, а також місця скупчення людей (зупинки громадського транспорту, парки).

Установка таких конструкцій економічно обґрунтована в густонаселених районах, де трасування дороги на відстані від житлових і офісних будівель неможливо. Шумозахисні екрани знижують транспортний шум за рахунок поглинання, зміни довжини хвилі, відображення, або дифракції, як правило, на 8-20 дБА.

Крім того екрани в різному ступені захищають перехожих від дорожнього пилу і бруду в осінньо-весняний період і від засліплення

фарами (у випадку з непрозорими екранами). При виникненні дорожньо-транспортних пригод захищає перехожих від уламків.

Таким чином, навіть при проходженні в безпосередній близькості від траси з високою інтенсивністю – є можливість створити тихий житловий район, що дає можливість більш ефективно витратити міську землю. Конструкція шумозахисних екранів дуже проста (рис. 1.6). Також шумозахисні екрани можуть обмежити видимість приватної власності за екраном або неестетичні пейзажі (звалища, промзони, залізничні колії і депо, неблагополучні райони).

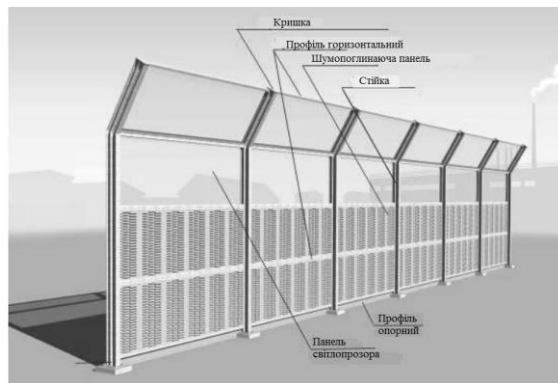


Рисунок 1.6 – Конструкція шумозахисного екрану

Найпростіший шумозахисний екран представляє собою суцільну вертикальну стінку, що встановлена вздовж дороги. За своєю конструкцією такі екрани поділяють на:

- світлопрозорі та непрозорі;
- екрани, що відбивають шум; екрани, що поглинають шум; комбіновані;
- зі спеціальною верхньою кромкою або без неї.

Головна відмінність екрану, що поглинає шум, полягає в тому, що в його складі застосовуються спеціальні шумопоглинальні і акустичні панелі з перфорацією. Шумопоглинальні панелі, приймаючи на себе звукову хвилю, пропускають її всередину панелі через отвори в фасадній стороні, де кінетична енергія звукової хвилі поглинається спеціальним акустичним матеріалом, дуже поширеним в даний час.

Екрани, що відбивають шум, на відміну від екранів, що поглинають шум, звукову хвилю не поглинають, а, відображають велику її частину і повертають в сторону джерела шуму. Тому джерело шуму і в цілому протилежна від об'єкта, що захищається, сторона відчуває підвищене звукове навантаження. Для такого об'єкту коефіцієнт звукоізоляції цих екранів істотно не відрізняється.

Екрани, що відбивають шум, з світлопрозорих панелей в основному використовуються уздовж автомобільних доріг, у випадках, коли необхідно домогтися зниження не тільки шумового

навантаження, але і побудувати візуально легку конструкцію, яка не закриватиме різного виду пейзажі прилеглої місцевості або порушувати навколишній архітектурний вигляд.

Відмінною особливістю комбінованих шумозахисних екранів від екранів, що поглинають і відбивають шум, є наявність в ньому двох або більше видів панелей. (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Приклад розміщення комбінованого екрану

При будівництві шумозахисних екранів з використанням шумопоглинаючих панелей, уздовж автомобільних доріг рекомендується додавати в конструкцію екрану прозорі панелі. Вони потрібні для того, щоб поліпшити безпеку дорожнього руху, там, де непрозорі стіни – ці шумозахисні екрани несприятливо впливають на видимість і рівномірність освітлення дороги. А також для того, щоб запобігти перешкоді

огляду для користувачів дороги, місцевих жителів, знизити відчуття замкнутості простору, стомлюваності водіїв і пасажирів. Рекомендується в якості нижньої панелі використовувати суцільну металеву звукоізолюючу панель, так як вона найбільш захищена від забруднень і механічних пошкоджень.

Прозорі бар'єри дозволяють не порушувати вигляд міста, а також підвищити безпеку руху за рахунок більшого кута огляду, кращої освітленості траси; водії та пішоходи можуть візуально спостерігати відомі їм міські орієнтири. Комбіновані екрани з прозорими вставками зменшують втому, так як однотонність траси негативно позначається на реакції водіїв, більш того, водій може заснути за кермом або не відчувати реальної швидкості руху.

Бар'єри зазвичай виконані у вигляді панелей з несучими балками зліва і справа, є можливість виконання прорізів для проїзду автотранспорту або проходу пішоходів. Зазвичай вгорі панелі загнуті в бік джерела шуму або нахилені в сторону джерела. Таким чином, зменшується кут під яким шум виходить в навколишнє середовище.

Мінімальна висота шумозахисних екранів – 1 м, максимальна, з точки зору кращого вписування в ландшафт, – не більше 3 м.

Оптимальна відстань від осі найближчої смуги руху до екрану складає 9-11 м. Довжина шумозахисних екранів повинна забезпечувати зниження шуму до розрахункових значень. Мінімальна довжина залежить від віддалення осі найближчої смуги руху до об'єкта, що захищається при забезпеченні прогнозованої величини зниження еквівалентного рівня шуму.

При проектуванні екранів слід враховувати, що розташування їх тільки з одного боку дороги викликає деяке підвищення рівня шуму на протилежному боці за рахунок відбитих від екрану звукових хвиль. Для підвищення ефективності екранів доцільно передбачати облицювання їх поверхні, зверненої до транспортного потоку, звукопоглинальними матеріалами. Ці матеріали повинні бути стійкими до природно-кліматичних чинників протягом усього періоду експлуатації, непридатними в їжу гризунам і термітам, нешкідливими для навколишнього середовища.

Розміщення шумозахисних екранів не повинно сприяти наносам снігу земляного полотна автомобільної дороги, органічно вписуватися в ландшафт, не створювати небезпеку виникнення дорожньо-транспортних пригод, займати можливо меншу ширину смуги відводу [9].

В ході дослідження встановлено рівень акустичного навантаження, що перевищує допустимий рівень шуму. Пропонується влаштування комбінованого екрану на ділянках узбіччя лівого та правого проїздів, загальною довжиною 550 м (рис 1.8).



- екран

Рисунок 1.8 – Розташування комбінованого екрану (пр-т Гагаріна)

3. Як шумозахисний захід в роботі запропоновано розміщення комбінованого шумозахисного екрану. Це дозволить знизити рівень шумового навантаження приблизно на 8-15 дБА.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, М.М. Роева Екологія і безпека життєдіяльності: Навч. посібник для вузів – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 447с.

2. СНіП II-12-77 «Захист від шуму».

3. А.А. Бочаров, А.В. Соловьев Влияние интенсивности транспортного потока на общий уровень акустического загрязнения // Известия вузов. Физика. – 2010. – Т. 53. – № 9/3.– С. 225–226.

4. Н.Т. Дьяченко Улицы и площади Харькова. – Харьков: Прапор, 2004.

5. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов Министерство транспорта Российской Федерации, Москва, 1995.

6. В.Э. Абракитов Методологическая основа составления карты шума г. Харькова. // Науковий вісник будівництва. Вип. № 55. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. – С. 279-284

7. Д.П. Микитин, Ю.В. Новиков Окружающая среда и человек // М.: ВШ, 1980. – 422 с.

8. І.В. Волошина Шумозахист на автомобільних дорогах. Проблеми та напрямки їх вирішення // Сучасні технології будівництва й експлуатації автомобільних доріг. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 76-82.

9. Е.А. Погорелая Применение шумозащитных экранов в городской среде // Наука – Будущее Литвы. Инженерия транспорта и организация перевозок. – Вильнюс: ВГТУ, 2013. – С. 30-34.

ВПЛИВ ОБ'ЄКТІВ ПАРКУВАННЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Якість навколишнього природного середовища на сучасному етапі розвитку суспільства знаходиться на низькому рівні, що пов'язано з розвитком всіх галузей народного господарства з одночасним збільшенням споживання природних ресурсів та зменшенням асимілюючою здатності навколишнього природного середовища. Особливої гостроти ці проблеми набувають для урбанізованих територій, функціонування яких пов'язано зі значним впливом на всі компоненти довкілля, особливо атмосферне повітря, основним забруднювачем якого є автомобільний транспорт.

В умовах урбанізованих територій, коли якість атмосферного повітря знаходиться на досить низькому рівні, рекреаційні зони відіграють суттєву роль у процесі підтримання їх екологічної рівноваги та сприяють поліпшенню екологічного благополуччя населення. Визначення рівня впливу автотранспорту, як основного джерела забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій, що розміщується на об'єктах паркування рекреаційних зон, є актуальною задачею.

Метою даної роботи є оцінка впливу об'єкту паркування на стан атмосферного повітря рекреаційної зони міста Харкова та визначення необхідності рекомендацій природоохоронних заходів (на прикладі ЦПКіВ ім. М. Горького).

До основних задач, що вирішуються в роботі, відносяться:

- характеристика об'єктів паркування як джерел екологічної небезпеки урбанізованих територій з одночасним встановленням еколого-стабілізуючої ролі рекреаційних зон;
- оцінка рівня забруднення атмосферного повітря рекреаційної території у зоні впливу об'єкту паркування;
- розробка попереджувальних заходів для зменшення потенційного впливу об'єктів паркування на компоненти довкілля.

2.1 Характеристика об'єктів паркування як джерел екологічної небезпеки

З початком інтенсивного розвитку автомобільного транспорту в першій половині ХХ століття, на вулицях значних міст почали виникати транспортні проблеми, пов'язані з утворенням пробок і автомобільних заторів, дорожньо-транспортними пригодами та забрудненням навколишнього середовища.

Ці проблеми залишилися актуальними і сьогодні, коли розвиток вулично-дорожньої мережі міст значно відстає від темпів автомобілізації. Загальноприйнятими критеріями якості дорожнього руху є попередження утворення та поширення транспортних заторів, мінімізація витрати палива, зниження рівня хімічного та параметричного забруднення навколишнього середовища.

Основними типовими недоліками транспортної інфраструктури та системи управління дорожнім рухом сучасних міст, як всього світу, так і України, можна вважати наступні:

- низька питома щільність міських магістралей та недостатньо розвинута мережа другорядних доріг;
- низька пропускна здатність міських вулиць та перехресть;
- змішаний рух громадського пасажирського транспорту, легкового, вантажного та транспорту спеціального призначення;
- відсутність системи інформаційного забезпечення міського руху;
- відсутність необхідної кількості автостоянок та парковок [1].

З огляду на результати аналізу літературних джерел [2-4], саме неузгодженість дій щодо впорядкування паркувальної діяльності, особливо у центральних районах урбанізованих територій, у максимальній мірі сприяє збільшенню рівня екологічного навантаження, джерелом якого є автомобільний транспорт.

Проблема паркування гостро стала ще на початку 1920-х років у американських містах Нью-Йорк, Чикаго і Детройт, де брак вільного місця та висока вартість земель призвела до необхідності механізації процесу паркування з одночасним скороченням відведених під цю діяльність земель. Перший автоматизований паркінг був введений в експлуатацію у 1932 році у Чикаго (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Механічна та відкрита автостоянка у США 1940-1950-х років

З початку 1960-х років ідея компактних автоматизованих паркінгів набула значної популярності в Європі та Японії. Сучасний розвиток паркувальної системи у мегаполісах йде шляхом обмеження кількості наземних парковок та виділення проїжджої частини під паркування автотранспорту з одночасним збільшенням кількості автоматизованих підземних, наземних та комбінованих парковок [5].

На сьогоднішній день у світі використовується значна кількість видів та підвидів автостоянок, які можна класифікувати за тривалістю зберігання, розміщенню, поверховості тощо (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Класифікація автостоянок

Згідно законодавства України автостоянки класифікуються наступним чином:

1. За термінами зберігання:

- довготермінові – для постійного зберігання транспортних засобів громадян, які проживають у даному населеному пункті;
- сезонні – для тимчасового зберігання транспортних засобів громадян у зонах відпочинку;
- денні – розташовані при вокзалах, портах, спортивних спорудах, торговельних, видовищних, інших підприємствах та організаціях, у місцях масового відпочинку;
- нічні – для тимчасового зберігання транспортних засобів на тупикових та малозавантажених вулицях;

2. За способом зберігання:

- відкриті;
- з навісами, та/або гаражами, закріпленими за автостоянками;
- змішані – поряд з місцями для відкритого зберігання, а також навісами та/або гаражами, закріпленими за автостоянками, є гаражі чи навіси, що належать власникам транспортних засобів на правах приватної власності [6].

Паркувальна діяльність в Україні є об'єктом уваги певних контролюючих органів та офіційно регулюється цілою низкою законів та підзаконних нормативно-правових актів, основними з яких є:

- Закон України «Про благоустрій населених пунктів»;
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил зберігання транспортних засобів на автостоянках»;
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил паркування транспортних засобів»;
- ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів»;
- ГБН В.2.3-218-549:2010 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Стоянки і майданчики для відпочинку та короткочасної зупинки автомобілів. Загальні вимоги проектування» [7-10].

Діяльність щодо визначення місць стоянок транспортних засобів та майданчиків для паркування на об'єктах благоустрою, а також організації майданчиків для паркування транспортних засобів, озеленення таких територій та охорони зелених насаджень, наряду із контролем за станом благоустрою та утриманням територій населених пунктів, інженерних споруд та об'єктів, підприємств та установ, входить до сфери повноважень сільських, селищних і міських рад та їх виконавчих органів [7]. Майданчики для паркування

є рівноправними об'єктами благоустрою і повинні відповідати нормам, нормативам та стандартам у сфері благоустрою населених пунктів.

Розміщення майданчиків для паркування за окремими адресами здійснюється у встановленому порядку органами місцевого самоврядування за погодженням з відповідними органами у структурі Міністерства внутрішніх справ України.

Забороняється обладнання суб'єктами господарювання, крім операторів, місць для паркування на тротуарах та проїзній частині автомобільних доріг.

Операторам забороняється передавати майданчики для паркування на тротуарах та проїзній частині автомобільних доріг у користування іншим суб'єктам господарювання.

Під час розміщення майданчиків для паркування на вулицях і дорогах населених пунктів необхідно враховувати наступні умови:

- наявність та характеристики комунікацій і інженерних мереж;
- умови для забезпечення безпеки дорожнього руху, зокрема видимості в плані та поздовжньому профілі;
- параметри поперечних та поздовжніх ухилів;
- розташування зелених насаджень;
- стан покриття проїзної частини.

Також, забороняється розміщення майданчиків для паркування на вулицях з двома смугами руху завширшки менш ніж 7,5 метри.

Проектування, будівництво, реконструкція, ремонт та утримання майданчиків для паркування здійснюються з дотриманням вимог законодавства, державних будівельних норм, стандартів, технічних умов, інших нормативних документів та «Правил паркування транспортних засобів».

Майданчики для паркування повинні бути обладнані згідно наступних вимог:

1. Майданчики для паркування обладнуються відповідно до вимог «Правил паркування транспортних засобів» і «Правил дорожнього руху».

2. Відведені майданчики для паркування позначаються дорожніми знаками та суцільною синьою (блакитною) смугою на проїзній частині і на бордюрі, який відокремлює проїзну частину від пішохідної.

3. Відведені майданчики для платного паркування обов'язково повинні бути обладнані паркувальними автоматами з розрахунку не менш як один автомат на 20 місць для паркування з обох боків уздовж проїзної частини вулиці, дороги або тротуару та/або інформаційними знаками про можливість і порядок надання послуги «мобільне паркування».

4. Спеціально обладнані майданчики для паркування позначаються дорожніми знаками та розміткою, вони можуть бути наземними, підземними, багаторівневими.

5. На спеціально обладнаних майданчиках для платного паркування обов'язково повинні бути встановлені автоматичні в'їзні та виїзні термінали.

6. На спеціально обладнаних майданчиках для паркування у разі можливості встановлюється система відео спостереження за рухом транспортних засобів на їх території і табло із змінною інформацією про наявність вільних місць для паркування, яке розташовується на в'їзді. Відеоінформація повинна зберігатися не менш як один місяць.

На спеціально обладнаних майданчиках для паркування можуть розміщуватися контрольно-пропускний пункт, приміщення для обслуговуючого персоналу, туалет тощо.

7. Підземні та багаторівневі спеціально обладнані майданчики для паркування повинні мати на в'їзді схему розміщення місць для паркування, в'їздів та виїздів, у тому числі розміщення місць для безоплатного паркування транспортних засобів, зазначених у частині шостій ст. 30 Закону України «Про основи соціальної захищеності інвалідів в Україні». Підземні та багаторівневі спеціально обладнані майданчики повинні бути забезпечені автоматичними установками пожежогасіння та пожежною сигналізацією.

8. Паркувальні автомати і автоматичні в'їзні та виїзні термінали на майданчиках для платного паркування встановлюються стаціонарно.

9. Не обладнуються паркувальними автоматами та автоматичними в'їзними та виїзними терміналами спеціально обладнані майданчики для платного паркування у разі їх призначення виключно для користувачів, які сплачують вартість послуг з користування майданчиками для платного паркування у безготівковій формі за договором про паркування протягом визначеного строку, але не менш як один місяць [8].

Нормативно-технічний документ ДБН В.2.3-15:2007 «Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів» регулює розміщення автомобілів на відкритих стоянках, яке може виконуватися паралельно в'їзду або під кутом (рис. 2.3) [9].

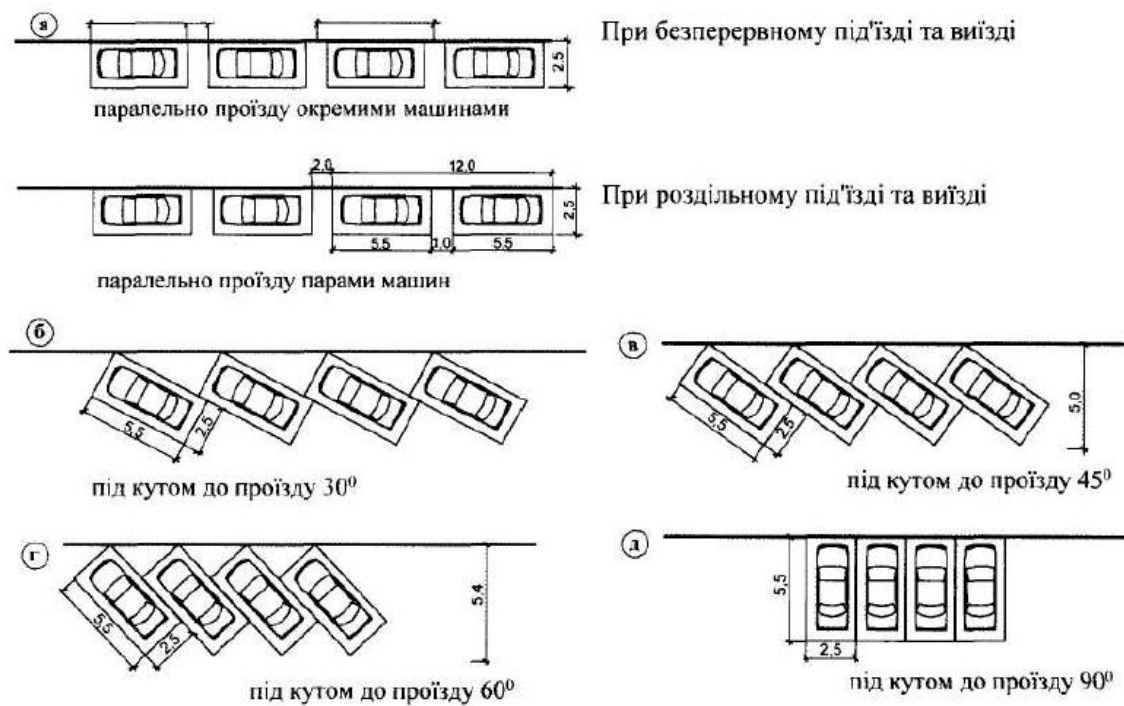


Рисунок 2.3 – Розміщення автомобілів на відкритих стоянках

Аналіз сучасного стану системи паркування у містах України вказує на суттєве переважання майданчиків для паркування транспортних засобів вздовж міських вулиць та наземних автостоянок з одночасно невеликою кількістю критих підземних та наземних паркінгів (перші криті паркінги були зведені у 2004 році у місті Київ [11]).

Улаштування майданчиків для паркування вздовж міських вулиць, хоча і є найбільш економічно вигідним шляхом забезпечення належної кількості парко місць, але призводить до звуження проїжджої частини, зменшення її пропускної здатності, сприяє утворенню пробок та заторів, а отже і погіршенню екологічної ситуації урбанізованих територій.

Дослідження нормативно-правових та нормативно-технічних документів щодо регулювання паркувальної діяльності, затверджених в Україні [6-10] вказує на недостатній рівень деталізації екологічних вимог щодо їх розміщення.

Нормативно-правовий документ ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» регламентує вимоги щодо розміщення усіх елементів благоустрою, включаючи майданчики для паркування (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Розриви від відкритих стоянок автомобілів до житлових будинків та громадських будівель

Будівлі, до яких визначається відстань	Відстань (м) при кількості легкових автомобілів				
	≤ 10	11–50	51–100	101–300	300 <
Житлові будинки, у тому числі торці будинків без вікон	10**	15	25	35	50
	10**	10**	15	25	35
Громадські будівлі	10**	10**	15	25	25
Загальноосвітні школи та дитячі дошкільні заклади	15	25	25	50	*
Лікувальні заклади зі стаціонаром	25	50	*	*	*

Примітка: * – визначається за погодженням з органами Державного санітарного нагляду (для стоянок місткістю 101-300 автомобілів не менше 50 м); ** – для будівель гаражів III і IV ступенів вогнестійкості відстані слід приймати не менше 12 м.

Аналіз даних табл. 2.1 вказує на відсутність вимог щодо нормування розміщення об'єктів паркуванні відносно рекреаційних зон, які є важливою складовою частиною урбанізованих територій та у значній мірі формують рівень її екологічного благополуччя.

Згідно цього ж документу всі зовнішні джерела акустичного забруднення (транспортні магістралі, аеропорти, вокзали, промпідприємства, трансформатори, автомобільні стоянки, котельні, гаражі, гральні майданчики тощо) слід розміщувати на відстанях від сельбищної території і зон рекреації, обґрунтованих акустичними розрахунками.

Єдиною вказівкою щодо розміщення автостоянок відносно рекреаційних зон у ДСП 173-96 є ст. 5.28, у якій йдеться про те, що відкриті майданчики для постійного зберігання місткістю до 300 легкових автомобілів слід розміщувати на периферії мікрорайонів або спеціально виділених ділянках житлових районів з віддаленням від дитячих ігрових майданчиків, рекреаційних зон, шкіл та дошкільних закладів.

Крім того, слід враховувати, що заходи щодо охорони атмосферного повітря повинні забезпечувати дотримання гранично

допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин у повітрі сельбищних територій і 0,8 ГДК у місцях масового відпочинку населення з урахуванням комбінованої дії речовин або продуктів їх трансформації в атмосфері відповідно до переліку ГДК, затвердженого у встановленому порядку [12].

Дослідження впливу об'єктів паркування на екологічний стан рекреаційних зон урбанізованих територій України є актуальною задачею, оскільки цей вплив у значній мірі не відповідає вимогам екологічної безпеки, а еколого-стабілізуючу роль рекреаційних територій за даних умов важко переоцінити.

Рекреаційною зоною або територією слід вважати спеціально виділену і організовану територію в місті у межах зеленої зони, призначену для відпочинку населення [13] або ділянку суші і водного простору, призначену для організованого масового відпочинку населення і туризму [14].

До земель рекреаційного призначення належать землі, які використовуються для організації відпочинку населення, туризму та проведення спортивних заходів:

- ділянки зелених зон і зелених насаджень міст та інших населених пунктів, навчально-туристських та екологічних стежок, маркованих трас;

- ділянки, зайняті територіями будинків відпочинку, пансіонатів, об'єктів фізичної культури і спорту, туристичних баз, кемпінгів, яхт-клубів, стаціонарних і наметових туристично-оздоровчих таборів, будинків рибалок і мисливців, дитячих туристичних станцій, дитячих та спортивних таборів, інших аналогічних об'єктів;

- ділянки, надані для дачного будівництва і спорудження інших об'єктів стаціонарної рекреації [15].

Слід зауважити, що єдине спеціальне регулювання правового режиму рекреаційних зон, порядку їх створення та діяльності в них на сьогодні в законодавстві України відсутнє. Загальне правило, встановлене в ст. 63 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачає, що на території рекреаційних зон забороняються [14]:

- господарська та інша діяльність, що негативно впливає на навколишнє природне середовище або може перешкодити використанню їх за цільовим призначенням;

– зміни природного ландшафту та проведення інших дій, що суперечать використанню цих зон за прямим призначенням.

Однією з найбільш суттєвих екологічних проблем рекреаційних зон урбанізованих території є забруднення атмосферного повітря, основним джерелом якого є автомобільний транспорт. Така ситуація обумовлена низкою причин, серед яких особливо виділяються: постійне збільшення числа автотранспорту, дефіцит територій і відсутність архітектурно-планувальних рішень щодо розміщення гаражів і стоянок, транспортних розв'язок з дотриманням екологічних норм і вимог [16]. Крім того, автостоянки для тимчасового зберігання індивідуальних легкових автомобілів відкритого типу відносяться до умовно дозволених видів використання зон міських лісопарків, лісів та зон відпочинку [17].

Значний внесок у процес формування екологічного стану атмосферного повітря урбанізованих територій об'єктів паркування, відсутність чітких екологічних вимог щодо їх просторового розташування, підвищені вимоги щодо якості атмосферного повітря рекреаційних зон, а також їх значна еколого-стабілізуюча роль в умовах урбанізованих територій обумовили тематику даного дослідження.

2.2 Оцінка впливу автостоянки на рівень забруднення атмосферного повітря рекреаційної зони

Рекреаційні зони та зелені насадження у місті Харків займають площу 15,4 тис. га. Показник озеленення міста складає 50,4 % при нормі 45 %. На одного мешканця міста припадає 105,6 м² зелених насаджень при нормі 67 м².

Площа зелених насаджень загального користування (парки, лісо-, луго-, гідропарки, сади, сквери, бульвари) складає 7,5 тис. га. На одного мешканця міста припадає 51,1 м².

Зелена зона міста представлена: лісами приміської зони і лісопаркового масиву, парками на місці лісів; парками на місці цвинтарів і колишніх кварталів житлової одноповерхової забудови, парками, створеними заново, берегозахисними насадженнями уздовж

річкових русел, насадженнями санітарно-захисних зон промислових підприємств, полезахисними насадженнями на сільськогосподарських землях міських окраїн, насадженнями цвинтарів, садами.

Найбільші площі, зайняті зеленими насадженнями, розташовані уздовж західної і північної границь міста. Недостатня кількість зелених насаджень на північному сході, сході і південному сході міста, де переважно розташовані промислові зони (табл. 2.2). Це негативно позначається на санітарно-екологічному стані Індустріального, Немишлянського, Слобідського, Основ'янського адміністративних районів (табл. 2.3) [18, 19].

Таблиця 2.2 – Території природно-заповідного, оздоровчого, рекреаційного та історично-культурного призначення

Назва об'єктів	Площа, м ²	Площа, га	Співвідношення від загальної площі зелених насаджень району, %	
1	2	3	4	
Шевченківський район всього	80730,83	8,0731	6,8	
Сквер по вул. Космічна	3742,54	0,3743		
Сквер по просп. Науки від вул. 23 Серпня	23535,93	2,3536		
Сквер Піонерів по вул. Культури	25477,16	2,5477		
Зелені насадження по вул. Клочківська, 197	27975,20	2,7975		
Новобаварський район всього	862890,95	86,2891	73,2	
Сквер біля РВК по вул. Полтавський шлях №11	2147,24	0,2147		
Ділянка Братських поховань по вул. Тімірязєва	7049,05	0,7049		
Парк «Ліповорощанський» по вул. Конотопська	14006,09	1,4006		
Парк вул. Квітки Основ'яненко по вул. Москалівська	23021,29	2,3021		
«Ясна Поляна»	42717,31	0,1719		
Григорівський бір	772230,50	77,2231		
Сквер по вул. Москалівська	1719,47	0,1719		
Слобідський район всього	11129,80	1,1130		0,9
Сквер на майдані Шуберта	11129,80	1,1130		
Холодногірський район всього	19241,85	1,9242	1,6	
Сквер БР Леніна по вул. Новий Побут перехрестя вул. Добродєцького	5316,52	0,5317		
Зелені насадження по вул. Полтавський шлях	9210,28	0,9210		
Сквер Першої Маївки по вул. Суздальські Ряди	4715,05	0,4715		

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4
Московський район всього	87569,48	8,7569	7,2
Сквер Юр`ївський	1458,24	0,1458	
Сквер «О. Невського»	3588,31	0,3588	
Сквер ХНТУСГ	4470,31	0,4470	
Сквер П. Широніну	5460,77	0,5461	
Сквер у Державній академії залізничного транспорту	7568,15	0,7568	
Парк ДК ХЕМЗ по пр. Московський	29642,45	2,9542	
Сквер у ДК ХЕМЗ на перехресті пр. Московський та вул. Бронноосця Потьомкіна	34121,67	3,4122	
Сквер по вул. Гвардійців Широнінців № 69/42	1259,58	0,1260	
Основ'янський район всього	11684,30	11,6864	
Сквер біля колишнього кінотеатру «Москва»	1343,79	0,1344	
Сквер Красноармійській на майдані Руднева	9347,19	0,9347	
Сквер «Космонавтів» по вул. Тернопільська	14267,08	1,4267	
Сквер «Стрілка» по пров. Банному	19275,81	1,9276	
Дитячий Парк по вул. Плеханівська	24872,74	2,4873	
Сквер «Залізничника» по пров. Лиманський	46624,64	4,6625	
Сквер по вул. Богдана Хмельницького	1133,05	0,1133	
Загальний підсумок	1178427,2	117,8427	

Таблиця 2.3 – Площа зелених насаджень за районами

Назва району	Площа зелених насаджень м ² /чол.
Шевченківський	122,2
Київський	96,3
Слобідський	60,7
Холодногірський	124,8
Московський	74,5
Новобаварський	290,95
Індустріальний	52,4
Немишлянський	86,5
Основ'янський	84,8

Система паркування міста Харкова обслуговується та регулюється Комунальним підприємством «Харківпарксервіс» згідно «Правил паркування транспортних засобів у м. Харкові» [20]. Усього у місті налічується 101 офіційний об'єкт паркування (рис. 2.4), 10 % з яких розміщені на території рекреаційних об'єктів або у безпосередній близькості до них [21].

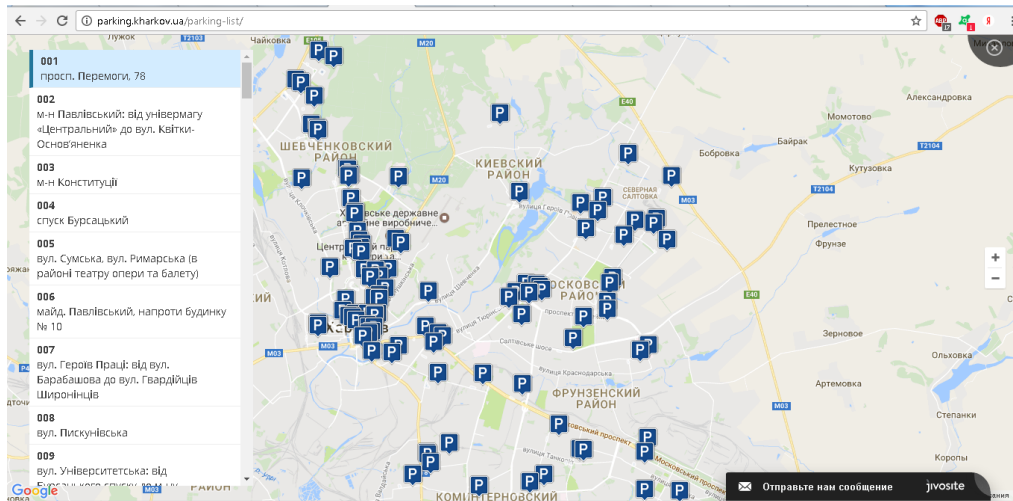


Рисунок 2.4 – Карта-схема розміщення об’єктів паркування міста Харкова

У якості об’єкту дослідження було обрано одну з найбільш популярних серед мешканців та гостей міста Харкова рекреаційну зону, розташовану у центрі міста, – Центральний парк культури та відпочинку ім. М. Горького (ЦПКіВ ім. М. Горького).

Досліджуваний парк розташований на площі понад 130 га та обмежений на півдні вул. Весніна, на сході – вул. Сумською, на півночі – приватною забудовою та на заході – перехрестям вулиць Динамівської та Новгородської (рис. 2.5).

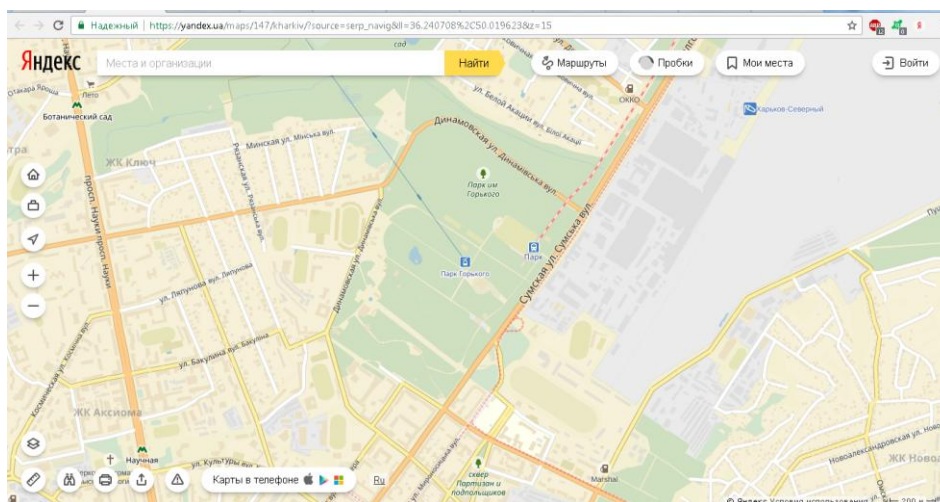


Рисунок 2.5 – Карта-схема розташування ЦПКіВ ім. М. Горького

Добова відвідуваність парку становить у середньому близько 20000 чол. В будні з тенденцією до збільшення до 100000 чол. В вихідні та святкові дні.

Природні умови об’єкту дослідження – парк є природною ділянкою типової рослинності, яка у даний час має змішаний

характер, а на деяких ділянках являє собою перетворений штучний фітоценоз. Насадження парку складається переважно з наступних видів деревно-чагарникової рослинності:

- сосна звичайна (середній вік 100-200 років);
- клен (середній вік 45-75 років);
- тополя (вік 45-60 років);
- черемха, яблуня, в'яз (вік 30-40 років);
- ірга крупно листа;
- кизильник.

У більш молодій частині парку (південній) зростають у вигляді куртин і алейних посадок береза, яблуня, горобина, бузок.

Зелені насадження парку виконують важливу санітарно-гігієнічну функцію, що виявляється у формуванні комфортного для людини мікроклімату, збагаченні атмосфери фітонцидними речовинами, очищення її від шкідливих механічних домішок і газів. Також до санітарно-гігієнічної функції насаджень слід віднести їх естетичний вплив на людину [22].

Згідно результатів проведеного аналізу було встановлено, що одним з основних джерел потенційної екологічної шкоди для екосистем парку та відпочиваючих є автомобільні стоянки, розташовані на його території.

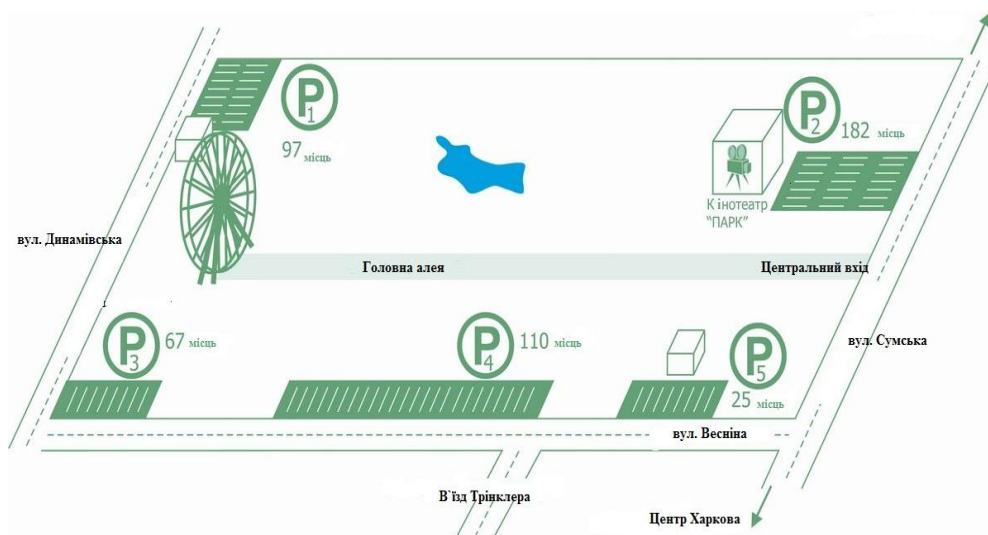
Всього на території парку 5 автостоянок загальним вмістом від 23 до 182 автомобілів, характеристика яких наведена у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Загальні дані щодо автостоянок ЦПКіВ ім. М. Горького

№ парковки	Розташування	Кількість паркомість, од.	Завантаженість, од./год.	
			Будні дні	вихідні та святкові дні
P1	вул. Динамівська	97	28	52
P2	біля кінотеатру «Парк»	182	63	158
P3	перехрестя вулиць Весніна і Динамівська	67	24	39
P4	вул. Трінклера	110	56	83
P5	вул. Весніна	25	16	23

Автостоянки ЦПКіВ ім. М. Горького являють собою спеціально обладнані місця для паркування автотранспорту, які призначені на

підставі містобудівної документації органом місцевого самоврядування для парковки автотранспорту, позначені дорожніми знаками згідно з Правилами дорожнього руху, мають тверде покриття (асфальтобетон), розмітку місць парковки, огорожу та автоматичну систему для заїзду та виїзду автомобілів (рис. 2.6).



P1 – парковка організована з боку в'їзду з вул. Динамівська; P2 – парковка з боку кінотеатру "Парк"; P3 – парковка на перехресті вулиць Весніна і Динамівська біля ресторану "Maranello"; P4 – парковка з боку в'їзду з вул. Трінклера; P5 – парковка на вул. Весніна

Рисунок 2.6 – Схема розміщення автостоянок в ЦПКіВ ім. М. Горького

Безпосередньо об'єктом дослідження впливу автостоянок на екологічний стан атмосферного повітря досліджуваної рекреаційної зони було обрано парковку P2 на основі її конструктивних параметрів (максимальний розразунковий вміст) та попиту серед відвідувачів парку (середня завантаженість даної стоянки у середньому у 3 рази вища за інші). Дана автопарковка обладнана конструкцією системи автоматичного паркування: включає ультразвукові датчики, вимикач, електронний блок управління, а також виконавчі пристрої систем автомобіля. Включення системи здійснюється примусово при необхідності здійснити парковку. Для цього на панелі приладів (рульовому колесі) є спеціальний вимикач.

Оцінка рівня впливу автостоянки на екологічний стан атмосферного повітря рекреаційної зони проводилася згідно нормативних документів «Методика проведення інвентаризації та викидів забруднюючих речовин в атмосферу для автотранспортних підприємств (розрахунковим методом)» та Постанови «Про

затвердження керівних документів щодо розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря» у наступній послідовності [23–24]:

– розрахунок валових викидів забруднюючих речовин від автотранспорту;

– розрахунок максимально разових викидів;

– розрахунок розсіювання забруднюючих речовин з наступним порівнянням отриманих результатів з нормативами вмісту забруднюючих речовин у атмосферному повітрі рекреаційних зон.

Під стоянкою автомобілів розуміється територія або приміщення, призначені для зберігання автомобілів протягом певного періоду часу. Автомобілі можуть розміщуватися:

– на відокремлених відкритих стоянках або в окремо розташованих будівлях і спорудах (закриті стоянки), що мають безпосередній в'їзд і виїзд на дороги загального користування (розрахункова схема 1);

– на відкритих стоянках або в будівлях і спорудах, які не мають безпосереднього в'їзду і виїзду на дороги загального користування та розташованих в межах об'єкта, для якого виконується розрахунок (розрахункова схема 2).

Валовий і максимальний разовий викид забруднюючих речовин за обраною розрахунковою схемою 1 визначаються тільки для території або приміщення стоянки, а при схемі 2 – визначаються для кожної стоянки автомобілів і для кожного внутрішнього проїзду.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин для об'єкту дослідження доцільно вести за розрахунковою схемою 1, оскільки він має безпосередній виїзд та в'їзд на дороги загального користування.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин виконується для п'яти забруднюючих речовин: оксид вуглецю – CO , вуглеводні – CH , оксиди азоту – NO_x , в перерахунку на діоксид азоту NO_2 , твердих часток – C , сполук сірки, в перерахунку на діоксид сірки SO_2 . Для автомобілів з бензиновими двигунами розраховується викид CO , CH , NO_x , SO_2 ; на стиснутому і зрідженому газі – CO , CH , NO_x , SO_2 ; з дизельними двигунами – CO , CH , NO_x , C , SO_2 .

Оскільки на території парковки розташовуються легкові автомобілі, що працюють на бензиновому, дизельному паливі та зрідженому газі, то доцільно вести розрахунок рівнів викиду за всіма забруднюючими речовинами – CO , CH , NO_x , C та SO_2 .

Викиди i -ої речовини в грамах одним автомобілем i -ої групи на добу при виїзді з території або приміщення стоянки M'_{ik} та поверненні M''_{ik} розраховуються за наступними формулами:

$$M'_{ik} = m_{npik} * t_{np} + m_{xxik} * t_{xx1} + m_{lik} * L_1 \quad (2.1)$$

$$M''_{ik} = m_{xxik} * t_{xx2} + m_{lik} * L_2 \quad (2.2)$$

де m_{npik} – питомий викид i -ої речовини при прогріві двигуна автомобілем k -ої групи, г/хв.;

m_{xxik} – питомий викид i -ої речовини при роботі двигуна на холостому ході, г/хв.;

m_{lik} – питомий викид i -ої речовини при русі автомобіля по території стоянки, г/км;

t_{np} – час прогріву двигуна, хв.;

t_{xx1} , t_{xx2} – час роботи двигуна на холостому ході при виїзді (поверненні) на територію стоянки, хв.;

L_1 , L_2 – пробіг по території АТП одного автомобіля в день при виїзді (поверненні), км.

Значення питомих викидів забруднюючих речовин m_{npik} , m_{xxik} , m_{lik} для досліджуваних автомобілів наведені у табл. 2.5-2.7, де Б – автомобілі, що працюють на бензині, Д – автомобілі, що працюють на дизельному паливі.

Таблиця 2.5 – Питомий викид забруднюючих речовин при прогріві двигунів сучасних легкових автомобілів з поліпшеними екологічними характеристиками для теплого періоду року

Об'єм двигуна, л	Тип двигуна	Питомі викиди забруднюючих речовин, г/хв				
		CO	CH	NO _x	SO ₂	C
до 1,2	Б	1,2	0,058	0,01	0,007	–
	Д	0,14	0,06	0,06	0,032	0,002
від 1,2 до 1,8	Б	1,7	0,14	0,02	0,009	–
	Д	0,19	0,08	0,08	0,040	0,003
від 1,8 до 3,5	Б	2,9	0,18	0,03	0,011	–
	Д	0,35	0,14	0,13	0,048	0,005
більше 3,5	Б	4,8	0,39	0,05	0,014	–
	Д	0,60	0,24	0,23	0,065	0,009

Таблиця 2.6 – Питомий викид забруднюючих речовин при русі зі швидкістю 5-10 км/год сучасних легкових автомобілів з поліпшеними екологічними характеристиками для теплого періоду року

Робочий об'єм двигуна, л	Тип двигуна	Питомий викид забруднюючих речовин, г/хв				
		CO	CH	NO _x	SO ₂	C
до 1,2	Б	5,3	0,8	0,14	0,032	–
	Д	0,8	0,1	0,80	0,143	0,06
від 1,2 до 1,8	Б	6,6	1,0	0,17	0,046	–
	Д	1,0	0,2	1,10	0,214	0,09
від 1,8 до 3,5	Б	9,3	1,4	0,24	0,057	–
	Д	1,8	0,4	1,90	0,250	0,15
більше 3,5	Б	13,3	2,0	0,34	0,087	–
	Д	3,1	0,7	2,40	0,350	0,23

Таблиця 2.7 – Питомий викид забруднюючих речовин при роботі двигуна на холостому ході сучасних легкових автомобілів з поліпшеними екологічними характеристиками

Робочий об'єм двигуна, л	Тип двигуна	Питомий викид забруднюючих речовин, г/хв				
		CO	CH	NO _x	SO ₂	C
до 1,2	Б	0,8	0,07	0,01	0,006	–
	Д	0,1	0,04	0,05	0,032	0,002
від 1,2 до 1,8	Б	1,1	0,11	0,02	0,008	–
	Д	0,1	0,06	0,07	0,040	0,003
від 1,8 до 3,5	Б	1,9	0,15	0,03	0,010	–
	Д	0,2	0,10	0,12	0,048	0,005
більше 3,5	Б	3,2	0,31	0,05	0,013	–
	Д	0,4	0,17	0,21	0,065	0,008

При проведенні екологічного контролю питомі викиди забруднюючих речовин у грамах на хвилину автомобілями знижуються, відповідно до m_{npik} та m_{xxik} та розраховуються за формулами:

$$m'_{npik} = m_{npik} * k_1, \quad (2.3)$$

$$m'_{xxik} = m_{xxik} * k_1, \quad (2.4)$$

де k_1 – коефіцієнт, який враховує зниження викиду i -ої забруднюючої речовини при проведенні екологічного контролю (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Значення коефіцієнтів зниження питомих викидів

Тип двигуна	Значення k_1				
	CO	CH	NO_x	C	SO_2
Д	0,90	0,90	1,00	0,80	0,95
Б	0,80	0,90	1,00	–	0,95

Періоди року (холодний, теплий, перехідний) умовно визначаються за середньомісячної температурою. Місяці, у яких середньомісячна температура нижче $-5^{\circ}C$, відносяться до холодного періоду, місяці з середньомісячною температурою вище за $+5^{\circ}C$ – до теплого, а з температурою від 5 до $+5^{\circ}C$ – до перехідного. Тривалість розрахункових періодів та середньомісячні температури визначаються за кліматичним довідником.

Час прогріву двигуна t_{np} залежить від температури повітря та періоду року (табл. 2.9, 2.10).

Таблиця 2.9 – Час прогріву двигуна залежно від температури повітря

Категорія автомобіля	Час прогріву t_{np} , хв.						
	Більше $+5^{\circ}C$	від $+5^{\circ}C$ до $-5^{\circ}C$	від $-5^{\circ}C$ до $-10^{\circ}C$	від $-10^{\circ}C$ до $-15^{\circ}C$	від $-15^{\circ}C$ до $-20^{\circ}C$	від $-20^{\circ}C$ до $-25^{\circ}C$	нижче $-25^{\circ}C$
Легкові	3	4	10	15	15	20	20

Таблиця 2.10 – Час прогріву двигуна залежно від періоду року

Період року	Час, хв.
теплий	3
перехідний	4
холодний	10

Середній пробіг автомобілів у кілометрах по території або приміщенню стоянки при виїзді L_1 та при поверненні L_2 розраховуються за формулою:

$$L_1 = \frac{L_{1Б} + L_{1Д}}{2}, \quad (2.5)$$

$$L_2 = \frac{L_{2Б} + L_{2Д}}{2}, \quad (2.6)$$

де $L_{1Б}$ та $L_{2Б}$ – пробіг автомобіля, що працює на бензиновому паливі, від найближчого до виїзду та найбільш віддаленого від виїзду місця парковки до виїзду з неї, км;

$L_{1Д}$ та $L_{2Д}$ – пробіг автомобіля, що працює на дизельному паливі, від найближчого до в'їзду та найбільш віддаленого від в'їзду місця парковки автомобілів до в'їзду на неї, км.

Час роботи двигуна на холостому ході при виїзді (t_{xx1}) та в'їзді (t_{xx2}) на стоянку приймаємо 1 хв.

Валовий викид i -ої речовини автомобілями (т/рік) розраховується окремо для кожного періоду року за формулою:

$$M_{ji} = \sum (\alpha_g * (M_{ik}^1 + M_{ik}^2) * N_k * D_p * 10^{-6}), \quad (2.7)$$

де N_k – кількість автомобілів k -ї групи на території стоянки у розрахунковий період;

D_p – кількість робочих днів у розрахунковому періоді (теплому, перехідному, холодному);

j – період року (для холодного періоду розрахунок M_i виконується для кожного місяця окремо);

α_g – коефіцієнт випуску (виїзду), який розраховується за формулою:

$$\alpha_g = \frac{N_{kB}}{N_k}, \quad (2.8)$$

де N_{kB} – середнє значення автомобілів k -ої групи за розрахунковий період, які виїжджають з парковки.

Загальний валовий річний викид розраховують за формулою:

$$M_i = M_i^T + M_i^X + M_i^H, \quad (2.9)$$

де M_i^T, M_i^X, M_i^H – валові викиди для теплового, холодного та перехідного періодів, відповідно, т/рік.

Максимально разовий викид i -ої речовини розраховується для кожного місяця року за формулою [25]:

$$G_i = \sum \frac{M_{ik}^1 * N_k'}{3600}, \quad (2.10)$$

де N_k' – кількість автомобілів k -ої групи, які виїжджають зі стоянки за 1^k час, який характеризується максимальним виїздом автомобілів.

З отриманих значень максимальних разових викидів (G_i) обирається максимальне.

При розрахунках враховувалися наступні параметри функціонування досліджуваної парковки:

– середня добова наповнюваність стоянки – 1650 од./добу (44 од. з дизельним двигуном, 31 од. з бензиновим, 85 од. на зрідженому газі);

– режим роботи парковки – семиденний робочий тиждень, 14 год./добу;

– коефіцієнт випуску автомобілів з території парковки (α) становить 0,8;

– середня кількість автомобілів, які виїжджають з території парковки за годину становить 26 од.;

– якісний склад автомобілів на парковці за об'ємом двигуна – до 1,2 л – 4 %, 1,2–1,8 л – 13 %, 1,8–3,5 л – 64 %, більше 3,5 л – 19 %;

– пробіг автомобіля від найбільш віддаленого паркомісця від виїзду з парковки становить 300 м, від найменш віддаленого – 50 м; пробіг від найбільш віддаленого паркомісця від в'їзду – 200 м, найменш віддаленого – 150 м;

– тривалість роботи двигуна на холостому ході при виїзді та в'їзді (t_{xx1}, t_{xx2}) на територію стоянки становить 1 хв.;

– кількість днів робота у теплий період року (D_p^T) – 153, у перехідний період (D_p^H) – 122, у холодний (D_p^X) – 91, розрахунковий період – теплий (квітень місяць 2016 року);

Розрахунок викидів виконувався для одного автомобіля кожного об'єму двигуна з наступним перерахунком на загальну кількість автомобілів на досліджуваній парковці.

За формулами 2.5 та 2.6 був розрахований пробіг автомобілів по території парковки при виїзді та поверненні:

$$L_1 = \frac{0,05 + 0,2}{2} = 0,125 \text{ км},$$

$$L_2 = \frac{0,15 + 0,3}{2} = 0,225 \text{ км.}$$

За формулою 2.1 за допомогою програми Excel було розраховано викид забруднюючих речовин автомобілями при виїзді з парковки і в'їзді на парковку. Результати розрахунків наведено у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Результати розрахунків викидів забруднюючих речовин при виїзді та в'їзді на територію парковки

Забруднююча речовина	Викид від одного автомобіля, г/сек.	
	Б	Д
<i>CO</i>	98,48693	0,1015
<i>CH</i>	1,135296	1,41912
<i>NO_x</i>	13,8443	0,020498
<i>C</i>	–	0,664
<i>SO₂</i>	3,405888	0,003154

За формулою 2.7 було розраховано валовий викид забруднюючих речовин від автомобілів парковки, що досліджується, при виїзді та в'їзді. Результати розрахунків наведено у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Результати розрахунків валового викиду забруднюючих речовин автомобілями при виїзді та в'їзді на територію парковки

Забруднююча речовина	Валовий викид, т/рік		
	Б	Д	загальний
<i>CO</i>	3,123	0,0045	3,1275
<i>CH</i>	0,036	0,045	0,081
<i>NO_x</i>	0,439	0,00065	0,43965
<i>C</i>	–	0,0023	0,0023
<i>SO₂</i>	0,108	0,0001	0,1081

За формулою 2.10 було розраховано максимальний разовий викид забруднюючих речовин від автомобілів парковки, що досліджується, при виїзді та в'їзді, результати розрахунків наведено у табл. 2.13.

Серед усіх забруднюючих речовин, джерелом яких є автомобілі, що розміщуються на парковці № 2 ЦПКіВ ім. М. Горького найбільший валовий викид характерний для оксиду вуглецю, крім того, у нього і найбільше значення максимально разового викиду.

Таблиця 2.13 – Максимально разовий викид забруднюючих речовин при виїзді та в'їзді автомобілів на територію парковки

Забруднююча речовина	Максимально разовий викид, г/с		
	Б	Д	загальний
<i>CO</i>	0,644	1,215	1,859
<i>CH</i>	0,062	0,112	0,174
<i>NO_x</i>	0,008	0,009	0,017
<i>C</i>	–	0,103	0,103
<i>SO₂</i>	0,002	0,003	0,005

Розрахунок розсіювання викидів від автотранспорту та визначення концентрації токсичних речовин на різних відстанях від об'єкту забруднення доцільно виконувати за допомогою моделі Гаусового розподілу домішок у атмосфері на невеликих висотах за формулою [26]:

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2 * \pi * \sigma * V * \sin \varphi}} + F, \quad (2.16)$$

де C – концентрація даного виду забруднення у повітрі, г/м³;

q – максимальний викид i -ї забруднюючої речовини від автомобілів парковки, г/с;

σ – стандартне відхилення Гаусового розподілу у вертикальному напрямі, м, (табл. 2.14);

V – швидкість вітру у розрахунковий місяць літнього періоду, м/с;

F – фонові концентрації забруднюючої речовини у повітрі, г/м³;

φ – кут, який складає напрям вітру з напрямом руху автомобілів. При $30^\circ < \varphi < 90^\circ$ швидкість вітру помножують на $\sin \varphi$, при $\varphi < 30^\circ$ використовують коефіцієнт 0,5.

Результати розрахунку необхідно порівняти з ГДК (табл. 2.15), визначити відповідність фактичної концентрації кожної забруднюючої речовини нормативним показникам.

Дані для розрахунків наведено нижче:

– швидкість вітру у розрахунковий місяць (квітень) – 4,4 м/с;

– сонячна радіація – сильна;

– відстань для розрахунку – 20 м;

– кут, який складає напрям вітру з напрямом руху автомобілів – 65°.

– максимальний викид *i*-ої забруднюючої речовини від автомобілів парковки № 2 – табл. 2.13;

– фонові концентрації *i*-ої забруднюючої речовини у повітрі – табл. 2.15.

Таблиця 2.14 – Значення стандартного Гаусового розподілу при віддаленні від об'єкту

Сонячна радіація	Значення відхилення								
	10 м	20 м	40 м	60 м	80 м	100 м	150 м	200 м	250 м
Сильна	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабка	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Таблиця 2.15 – Вихідні дані для розрахунку розсіювання забруднюючих речовин

Забруднююча речовина	ГДК _{сс} , мг/м ³	Клас небезпеки речовини	Фонові концентрації, мг/м ³	Максимальний викид, г/с
CO	3,0	4	0,240	1,859
CH	1	4	0,081	0,174
NO _x	0,04	2	0,063	0,017
C	0,05	3	2,401	0,103
SO ₂	0,05	3	0,017	0,005

Результати розрахунку розсіювання, а також висновки щодо перевищення встановлених нормативів наведені у табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин у атмосферному повітрі

Забруднююча речовина	Розрахована фактична концентрація, мг/м ³	ГДК _{сс} , мг/м ³	ГДК _{сс} для рекреаційної зони, мг/м ³	Перевищення
CO	1,99	3,0	2,4	0,829167
CH	3,309	5,0	4	0,82725
NO _x	0,064	0,085	0,068	0,941176
C	0,038	0,05	0,04	0,95
SO ₂	0,031	0,5	0,4	0,0775

За результатами розрахунків не було встановлено, перевищення нормативів для забруднюючих речовин, джерелом яких є автомобільний транспорт, що розміщується на парковці № 2 ЦПКіВ

ім. М. Горького, отже, вплив даної парковки на атмосферне повітря досліджуваної рекреаційної зони незначний. Таким чином, конкретні природоохоронні заходи для досліджуваного об'єкту розробляти недоцільно, більший еколого-економічний ефект можуть принести попереджувальні природоохоронні заходи здатні зменшити потенційний рівень впливу парковки на якість повітря.

2.3 Природоохоронні вимоги до об'єктів паркування

Об'єкти паркування, як елементи вулично-дорожньої мережі, є джерелом потенційної екологічної небезпеки, до яких повинні застосовуватися певні природоохоронні вимоги. Аналіз нормативно-технічної бази України у сфері паркувальної діяльності показав недосконалий ступінь розроблення проблеми [6–10]. Тому вважаємо за доцільне запропонувати природоохоронні рекомендації для зменшення потенційного еколого-деструктивного впливу об'єктів паркування на якість довкілля та атмосферного повітря, зокрема такі рекомендації або заходи можна розділити за джерелом впливу на наступні групи:

- для автомобільного транспорту, як основного джерела впливу на якість атмосферного повітря;
- для об'єктів паркування, як джерела потенційної екологічної безпеки.

Для зниження еколого-деструктивного впливу автомобільного транспорту доцільно застосовувати наступні загальнозживані заходи:

- організація перевезень, вдосконалення системи транспортних потоків за допомогою архітектурно-планувальних та інших рішень;
- поліпшення умов експлуатації транспортних засобів та встановлення контролю за вмістом шкідливих речовин у відпрацьованих газах;
- організація виробництва та використання для перевезення вантажів і пасажирів у містах екологічно чистого виду транспорту;
- економія паливно-мастильних матеріалів;
- застосування водню у якості моторного палива;

– удосконалення нормативно-технічної бази щодо забезпечення екологічної безпеки автотранспорту;

– вдосконалення алгоритмів та технічних видів моніторингу навколишнього середовища на об'єктах транспорту та прилеглих до них територій, методів управління транспортними потоками;

– удосконалення системи управління природоохороною діяльністю на транспорті.

Перспективними шляхами зменшення рівня забруднення атмосферного повітря від автотранспорту є наступні:

– заміна дизельного і бензинового пального біогазом, джерелом якого можуть бути процеси метанового бродіння рідких каналізаційних стоків і гною (дослідження зміни рівня токсичності при переході з бензину на біометан вказують на зменшення викидів з відпрацьованими газами вуглецю – у 5-10 разів, оксидів азоту – у 1,5-2,5 рази, задимленість – у 8-10 разів);

– заміна бензинового палива на газ, у першу чергу на метан через його, порівняно з пропан-бутановим паливом, меншу витрату (поглиблені хіміко-аналітичні дослідження метану вказують на його суттєвий вплив на довкілля, оскільки в умовах його адіабатичного стискання у циліндрі двигуна внутрішнього згоряння утворюється у значних кількостях формальдегід);

– більш широке використання електромобілів, які не є джерелом утворення відпрацьованих газів та акустичного забруднення (до недоліків можна віднести незначний сектор практичного використання) [27].

Для об'єктів паркування доцільно застосовувати організаційно-планувальні та природоохоронні вимоги як на етапі проектування та будівництва, так і експлуатації.

Основними природоохоронними вимогами до об'єктів паркування проектувального характеру повинні бути наступні:

1) для парковок до 50 машино-місць включно повинно розроблятися проектне рішення, що передбачає наявність: твердих покриттів (допускається гравійне) з відведенням поверхневого стоку на проїжджу частину дороги; відповідного облаштування санітарно-захисної зони.

2) проектні рішення для тимчасових і стаціонарних стоянок до 30 машино-місць повинні містити: розрахунки викидів від автотранспорту; перелік заходів щодо захисту ґрунтів, природних вод, в тому числі наявність твердого покриття (допускається

гравійне) з відведенням поверхневого стоку на проїжджу частину автодоріг, або на рельєф.

3) проектні рішення для тимчасових стаціонарних стоянок до 50 машино-місць включно повинні містити: розрахунки викидів від автотранспорту; перелік заходів щодо захисту ґрунтів, ґрунтових вод; розрахунки і облаштування санітарно-захисної зони.

4) при проектуванні стаціонарних стоянок понад 50 машино-місць доцільно розробляти проект «Охорони навколишнього середовища», що включає в себе:

– розділ «Охорона повітряного басейну», який передбачає: розрахунок викидів в атмосферне повітря, розрахунок приземних концентрацій (розрахунок розсіювання), розрахунок шумового впливу (при розташуванні в межах житлових масивів), коригування та організація санітарно-захисної зони;

– розділи «Охорона ґрунтів» та «Охорона вод», що передбачають: тверде водонепроникне покриття майданчика (асфальтове, бетонне) з організацією відведення поверхневого стоку після попереднього очищення на локальних очисних спорудах в зливову каналізацію, або на проїжджу частину дороги, або на рельєф з доведенням показників очищення до необхідних норм скидання стоків, організацію збору сміття в спеціально обладнані контейнери з навісом; при проектуванні туалетів з вигрібними ямами необхідно вирішити питання захисту ґрунтів і ґрунтових вод від фекальних забруднень, вирішення питання вивезення сміття та нечистот [28].

На етапі експлуатації поодинокі парковки або міської системи парковок доцільно використовувати систему типу «Розумна парковка», яка являє собою програмно-апаратне рішення, яке дозволяє збирати, аналізувати і надавати в користування водіям інформацію про наявність вільних паркомісць на стоянках і парковках, комунальним службам – про інтенсивність експлуатації паркувальних площ, а поліції – про порушення правил паркування автомобілів.

Принцип роботи «Розумних парковок» наступний: на території паркувальних майданчиків розміщуються датчики, які фіксують факт парковки авто. Інформація, зібрана датчиками, передається на базову станцію і надалі консолідується в міській базі даних, там відбувається обробка даних, формуються аналітичні звіти для подальшого використання різними службами.

Базовий склад обладнання «Розумних парковок» включає: набір датчиків, розміщених на паркомісцях; базові станції для збору інформації; ретранслятори, що забезпечують передачу даних; панелі відображення інформації про кількість та місцезнаходження вільних паркувальних місць.

Переваги системи «Розумних парковок»:

– для жителів і гостей міста: простий пошук водіями транспорту доступних місць для паркування на екрані смартфона, інфопанелі і бортової системи автомобіля; паркування автомобіля на вільному місці, оплата за допомогою кіоску або мобільного застосування; отримання інформації про альтернативні види транспорту (автобус, залізничний, метро, вело-, електро-), а також інформації про найближчі визначні пам'ятки, магазини, кафе.

– для поліції: оповіщення про паркування автомобіля без оплати; отримання попередження про паркування в недозволених місцях; збереження відео- і фотодоказів для видачі штрафних квитанцій.

– для міських служб: всебічний аналіз використання паркувального простору за часом, сезонністю, місцем і тривалістю; регулювання паркувальних тарифів в різних зонах на основі щільності руху, забруднення повітря, дорожніх подій і аварій; формування довгострокової стратегії щодо оснащення міст парковками і стоянками.

Вигодами від впровадження рішення типу «Розумна парковка» можуть бути:

– поліпшення заповнюваності регульованих стоянок і парковок;
– моніторинг зон із забороненою зупинкою/паркуванням;
– відстеження зон завантаження/розвантаження, зупинки таксі, автобусів з метою попередження порушень правил дорожнього руху, а також заторів на дорогах (місця торгівельних центрів/театри/стадіони);

– суттєве зниження рівня забруднення повітря – розумне управління паркувальним простором (вартість/кількість місць/зниження часу на пошук парковки) приводять до істотного зниження забруднення атмосфери вихлопними газами автомобілів [29].

Отже, суттєвого ефекту від зниження екологічного впливу об'єктів паркування в умовах урбанізованих територій та рекреаційних зон можна досягти лише поєднанням ефективних архітектурно-планувальних рішень, експлуатаційних підходів та управлінських механізмів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Проведена оцінка впливу складової частини транспортної мережі міста Харкова, а саме об'єктів паркування, на екологічний стан атмосферного повітря найбільш популярної рекреаційної зони міста – Центрального парку культури та відпочинку ім. Максима Горького.

2. Встановлено, що об'єкти паркування є суттєвим джерелом забруднення атмосферного повітря у міських умовах через значну концентрацію автотранспортних засобів та їх рух на понижених швидкостях і нерегульованій прогрів двигунів. Основними забруднюючими речовинами, які викидаються в атмосферу від подібних об'єктів є CO , CH , NO_x , SO_2 , сажа, бенз(а)пірен тощо. Особливого значення досліджувана проблема набуває в умовах забруднення рекреаційних зон міських територій, які відіграють еколого-стабілізуючу роль для урбокосистем.

3. За результатами розрахунків валових викидів забруднюючих речовин при переміщенні автомобілів територією досліджуваної парковки №2 ЦПКіВ ім. М. Горького визначили, що найбільший викид в атмосферне повітря оксиду вуглецю (3,13 т/рік) та суттєвий викид відмічено для оксидів азоту (0,44 т/рік). Розсіювання забруднюючих речовин на об'єкті дослідження вказує на відсутність перевищення встановлених нормативів ГДК для всіх речовин, навіть з урахуванням більш жорстких вимог для рекреаційних зон. На підставі цього в роботі не розроблялись природоохоронні заходи для даної парковки але запропоновано попереджувальні заходи щодо зменшення потенційного впливу подібних об'єктів на компоненти довкілля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Владимиров С. Н. Транспортные заторы в условиях мегаполиса / Владимиров С. Н. // Известия МГТУ «МАМИ» : Серия «Химическое машиностроение и инженерная экология» № 1 (19), 2014. – С. 77-84.

2. Галкина Н. Г. Зарубежный опыт организации парковок / Н. Г. Галкина, Э. Э. Сафронов // Автомобильный транспорт, Вып. 47, 2009. – С. 19-22.

3. Игнатьев Ю. В. Возведение автомобильных стоянок и парковок в крупных городах / Игнатьев Ю. В. // Вестник южно-Уральского государственного университета : Серия «Строительство и архитектура» № 17 (276), 2012. – С. 68-72.

4. Рябоконт Ю. А. Влияние уличных парковок автотранспорта на загрузку городских магистралей / Ю. А. Рябоконт, С. М. Храпова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии, № 8, 2008. – С. 15-18.

5. Из истории парковок // электронный ресурс. – Режим доступа – <http://parking.kharkov.ua/articles/iz-istorii-parkovok/>. – Назва з екрану.

6. Постанова «Про затвердження Правил зберігання транспортних засобів на автостоянках» від 1996-01-22 № 115 : станом на 17 серп. 2002 р., Кабінет Міністрів України.

7. Закон України «Про благоустрій населених пунктів» : станом на 09 груд. 2015 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Відомості Верховної Ради України, від 09 груд. 2005 р., № 49, ст. 517.

8. Постанова «Про затвердження Правил паркування транспортних засобів» № 115 : Міністрів України. – К. : Офіційний Вісник України, від 21 груд. 2009 р., № 29, ст. 3314.

9. Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів : ДБН В.2.3-15: 2007. – Чинний з 2007-08-04. – К. : Мінбуд України, 2007. – 80 с.

10. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Стоянки і майданчики для відпочинку та короткочасної зупинки автомобілів. Загальні вимоги проектування : ГБН В.2.3-218-549:2010. – Чинний з 2010-12-24. – К. : Укравтодор, 2010. – 22 с.

11. Многоэтажные и подземные паркинги: паркуемся по открытому // электронный ресурс. – Режим доступа – <https://www.autocentre.ua/news/sobytie/mnogoetazhnye-i-podzemnye-parkingi-parkuemysya-pokrytomu-291288.html>. – Назва з екрану.

12. Наказ «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» № 173 : станом на 10 вер. 2002 р. / Міністерство охорони здоров'я України.

13. Закон України «Про мораторій на видалення зелених насаджень на окремих об'єктах благоустрою м. Києва» : станом на

18 лист. 2012 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Відомості Верховної Ради України, від 08 груд. 1991 р., № 41, ст. 546.

14. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» : станом на 01 лют. 2017 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Відомості Верховної Ради України, від 06 трав. 2011 р., № 18, ст. 121.

15. Земельний кодекс України : станом на 01 січ. 2017 р. / Верховна Рада України. – К. : Відомості Верховної Ради України, від 25 січ. 2002 р., № 3, ст. 27.

16. Качинский В. П. Основные экологические проблемы рекреационно-туристских зон Кубани / В. П. Качинский, Г. В. Маймула // Научный вестник ЮИМ : Серия «Экономика сервиса и туризма» № 3, 2014. – С. 58–62.

17. «Об утверждении Положения о парках, скверах, садах, бульварах города Горно-Алтайска» : состоянием на 30 июня 2016 г. – Решение Горно-Алтайского городского Совета депутатов от 27.05.2009 N 15-9, от 30.06.2016 N 30-7.

18. Екологічний паспорт Харківської області. – Харків : Департамент екології та природних ресурсів ХОДА, 2014. – 188 с.

19. Доповідь Про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2014 році. – Харків : Департамент екології та природних ресурсів ХОДА, 2015. – 209 с.

20. Правила паркування транспортних засобів у м. Харкові. – Харків : Департамент транспорту і зв'язку Харківської обласної ради, 2011. – 11 с.

21. Коммунальное предприятие «Харьковпарксервис» // электронный ресурс. – Режим доступа – <http://parking.kharkov.ua/>. – Назва з екрану.

22. Дмитриева Е. Н. Парки и скверы; Овраги // Харьков: справочник по названиям: 7000 улиц, площадей, скверов, районов... / Дмитриева Е. Н. и др. – Харьков : САГА, 2011. – 432 с.

23. «Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)». – Действующий с 1998-10-28. – М. : Минтранс РФ, 1998. – 124 с.

24. Постановление «Об утверждении руководящих документов по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» : состоянием на 28 мая 2002 г. / Министерство природных ресурсов и

охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск : Минприроды, от 28 мая 2002 г., № 10.

25. Экологические требования к предприятиям транспортно-дорожного комплекса : РД 152-001-94. – Действующий с 1995.01.01. – М. : Минтранс, 1994. – 37 с. – (Руководящий документ).

26. «Рекомендации по учету требований охраны окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов». – Действующий с 1995-06-26. – М. : Федеральный дорожный департамент Минтранса РФ, 1995. – 124 с.

27. Клименко М. О. Техноекологія : навч. посіб. / М. О. Клименко, І. І. Залеський. – К. : ВЦ «Академія», 2011. – 256 с.

28. Приказ «Об утверждении о введении в действие Экологических требований к проектированию и размещению открытых стоянок легкового автотранспорта в населенных пунктах Приднестровской Молдавской Республики» № 107 : состоянием на 19 июля 1999 г. / Государственный комитет по экологии и природным ресурсам Приднестровской Молдавской Республики. – Тирасполь.

29. Система Умных парковок для города // электронный ресурс. – Режим доступа – <http://bramasys.com.ua/services-view/umnie-parkovki/>. – Назва з екрану.

Міський пасажирський транспорт сучасного міста являє собою складну соціально-економічну систему, елементи якої здійснюють перевезення пасажирів між центрами транспортного тяжіння. Якісне виконання громадським транспортом послуг впливає на підвищення економічної ефективності виробництва, зростання продуктивності праці, сприяє підвищенню культурного рівня населення, а також раціональному використанню вільного часу.

Розвиток легкового автомобільного й автобусного транспорту, а також тролейбусів привів до того, що трамвай поступово витісняється з центральних районів міст і замінюється зазначеними видами транспорту, а у значних містах – метрополітемом. У діапазоні провізної спроможності міського транспорту утворився розрив: автобуси і тролейбуси з напруженням виконують перевезення до 10-12 тис. пас./год. в одному напрямку, займаючи при цьому на проїзній частині вулиць кілька смуг руху. Очікуване у найближчі роки зростання насиченості міст автомобілями приведе до того, що автобуси і тролейбуси виявляться «у полоні» автомобільних потоків, а швидкість наземних видів міського транспорту ще більше знизиться.

У значних містах від 40 % до 60 % пасажирських перевезень здійснюється наземним електричним транспортом, який є доступним та екологічним, але електричний транспорт неспроможний ефективно працювати і надавати споживачам належного рівня та якості послуги, останнім часом також знижується швидкість сполучення.

Мета дослідження – виявити фактори, які впливають на швидкість руху трамваїв.

До основних задач, що вирішуються в роботі, відносяться:

- виявити фактори, які впливають на швидкість руху на кожній ділянці маршруту;
- визначити ділянки руху з різними умовами руху;
- виявити закономірності зміни швидкості руху від умов руху;
- отримати багатфакторну модель зміни швидкості руху.

3.1 Види міського пасажирського транспорту

Повноцінна життєдіяльність і сталий розвиток сучасного мегаполісу немислимі без якісно і надійно функціонуючого громадського транспорту. У півторамільйонному місті Харкові функціонує 5 видів міського пасажирського транспорту (МПТ): метро, трамвай, тролейбус, маршрутні таксі, автобуси.

Автобус – безрейковий вуличний вид транспорту з автономним енергопостачанням, який має високу маневреність і не вимагає спорудження спеціальних колійних пристроїв. Провізна спроможність автобусного транспорту – 9-10 тис. пасажирів на годину. Автобус забезпечує можливість легкої зміни маршрутної мережі відповідно до коливань пасажиропотоків та організації маршрутів в нових районах житлової забудови. Автобус є єдиним видом транспорту в малих містах і робочих селищах з порівняно невеликими пасажиропотоками і допоміжним на підвізних і розвізних маршрутах у великих і значних містах. Головні недоліки автобусного транспорту пов'язані зі складністю автономного двигуна внутрішнього згоряння, із значними експлуатаційними витратами, відносно невеликою місткістю транспортних засобів, забрудненням навколишнього середовища, високим рівнем шуму. Завдяки перевагам автобусного транспорту перед іншими видами і незважаючи на притаманні йому недоліки він набув значного поширення.

Тролейбус – безрейковий вид транспорту з енергозабезпеченням від підвісної контактної мережі. Провізна спроможність – 8-9 тис. пасажирів на годину. Тролейбуси недорогі в експлуатації, прості і надійні, екологічно чисті, мають високі динамічні якості. Проте споруда контактної мережі вимагає певних витрат, вона захаращує вулиці і погіршує їх вигляд, зв'язок з контактною мережею обмежує маневреність і не дозволяє здійснювати роботу транспортних засобів з різними режимами руху. Тролейбус доцільно використовувати в містах з населенням понад 150 тис. жителів на лініях зі стійкими пасажиропотоками не нижче 2-2,5 тис. пасажирів на годину в якості як основного, так і допоміжного виду транспорту. Транспортні засоби, що використовуються можуть мати середню, велику і особливо велику місткість.

Метрополітен є рейковий вид міського пасажирського транспорту з відокремленим дорожнім пристроєм тунельного, наземного або естакадного виконання. Це найпотужніший вид міського пасажирського транспорту з пропускною здатністю в 48 пар потягів на годину і провізною здатністю 40-50 тис. пасажирів на годину. Метрополітен як рейковий транспорт, потребує значних капітальних вкладень, застосовується у значних містах на напрямках з стійким пасажиропотоком. Він ефективний у містах з населенням понад 1 млн. жителів і тільки на напрямках з пасажиропотоком, що перевищує 21 тис. чол. На годину. Завдяки метрополітену вирішується проблема масових швидкісних перевезень пасажирів, яка не під силу вуличному транспорту [1].

Трамвай – вуличний рейковий вид транспорту з загальним або відособленим дорожнім полотном в основному наземного виконання. Провізна спроможність трамваю знаходиться в межах 12-15 тис. пасажирів на годину. За провізної спроможністю це другий після метрополітену вид міського пасажирського транспорту. Трамвай економічний за експлуатаційними витратами і екологічно чистий вид міського транспорту. Однак його маневреність у порівнянні з іншими вуличними видами транспорту низька; несправності викликають пробки і затори. Тому у 1950-1960 рр. значення трамвая як масового громадського транспорту стало зменшуватися, і в багатьох містах трамвайне господарство почало згортатися.

Зазвичай трамвай характеризується низькою експлуатаційною швидкістю та швидкістю сполучення, створює перешкоди руху автотранспорту на перехрестях і затримки у зупиночних пунктів при нешироких вулицях, посилює шум. Трамвайні колії та контактні мережі псують вигляд міста. З цих причин його виносять з міських центрів на околиці міст, а в ряді міст світу зняли. В даний час трамвай розвивається на новій основі – як швидкісний трамвай, що відрізняється від звичайного майже повним відділенням від решти міського руху на відокремлений шлях. Системи швидкісного трамваю, що з'явилися у багатьох країнах, є найбільш доцільним видом масового пасажирського транспорту у великих містах з населенням до 1 млн. мешканців. Швидкісний трамвай розглядають, як новий вид МПТ, хоча за своїми конструктивними особливостями він близький до звичайного, різниця полягає лише в тому, що лінії швидкісного трамвая прокладаються в перевантажених центрах міст під землею, а в інших місцях на естакадах або на відокремленому

полотні з перетинаннями переважно в різних рівнях. Це дозволяє впорядкувати рух трамвая, ліквідувати вплив на нього решти вуличного руху і підвищити швидкість сполучення. З цією ж метою на лініях швидкісного трамвая передбачають великі перегони. При використанні транспортних засобів великої місткості провізна здатність швидкісного трамвая може досягти 25 тис. пас/годину в одному напрямку, тобто приблизно вдвічі перевищуючи провізну здатність звичайного трамвая.

Порівняльні характеристики різних видів міського пасажирського транспорту представлені у табл. 3.1 та 3.2 [3].

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика провізної спроможності різних видів МПТ

Вид МПТ і тип транспортного засобу	Розрахункова місткість транспортного засобу, пас.	Коефіцієнт використання місткості за довжиною транспортного засобу	Гранична пропускна спроможність зупинок, транспортних засобів за годину	Провізні спроможності за годину в одному напрямку, тис. пас
Автобус:				
- малої місткості	40	1	90	3,6
- середньої місткості	60	1	90	5,4
- великої місткості	90	1	90	8,1
- особливо великої місткості	160	1	90	14,4
Тролейбус:				
- 2-основний	90	1	80	7,2
- 3-основний	160	1	80	12,8
Трамвай:				
- 4-основний	100	1	60	6
- 6-основний (потяг з двох)	180	1	60	10,8
- 4-основних вагонів (потяг з двох)	100x2	0,97	60	11,7
- 6-основних вагонів	180x2	0,95	60	21,6
Метрополітен:				
- 4-вагоний потяг	170x4	0,9	45	30
- 6-вагоний потяг	170x6	0,87	45	40
- 8-вагоний потяг	170x8	0,85	45	52

Перевага швидкісного трамвая – можливість істотного зниження транспортного часу пасажирів, значного розширення зони

транспортного обслуговування населення при дотриманні норм витрат транспортного часу і підвищення швидкості пасажирообміну в поїздах, що сприяє покращенню економічних показників роботи транспортних підприємств. При організації роботи ліній швидкісного трамваю необхідно враховувати вплив різних параметрів та умов функціонування, які є складною сукупністю норм та правил [2].

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика різних видів МПТ

Характеристика	Автобус	Тролейбус	Трамвай	Метрополітен
Середня швидкість сполучення, км/год	19	18	17	36
Ізольованість від транспортного потоку	Відсутня		Часткова	Повна
Можливість оперативного коректування маршруту	Присутня	Обмежена	Суттєво обмежена	Відсутня
Стійкість роботи на маршрутах при заторах	Зберігається повністю	Часткова	Відсутня	
Можливість використання комбінованого режиму руху на маршруті	Присутня	Відсутня		
Можливість швидко маневрувати транспортними засобами	Присутня	Відсутня		
Екологічність	Низька	Середня		Висока
Витрати на організацію руху (обладнання траси)	Практично немає	Середні	Середні	Високі
Потреба в міських землях	Рух організується існуючими вулицями		Смуга відводу 7,4-6,8 м	На відкритих ділянках смуга відводу 12 м
Потреба в щоденній заправці паливом	Присутня	Відсутня		
Безпечність перевезень	Задовільна			Висока
Можливість безбілетного проїзду пасажирів	Присутня			Практично відсутня
Індекс витрат на перевезення: - капітальних на 1 км шляху	1	2,5	6	35
- собівартість перевезень	1	1,05	1,1	2

У 2004 році затверджено Закон України «Про міський електричний транспорт» в якому міський електричний транспорт є складовою частиною транспортної системи міста.

Відповідно з метою Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної програми розвитку електротранспорту» основними напрямками діяльності є:

– забезпечення сталого функціонування і подальшого розвитку електротранспорту;

– збільшення питомої ваги електротранспорту у міських пасажирських перевезеннях, пріоритетний розвиток у містах з підвищеним рівнем забруднення довкілля, у зонах масового відпочинку та щільної житлової забудови.

За якісне надання послуг громадянам наземним електричним транспортом в місті відповідає Харківське комунальне підприємство «Горелектротранс». У місті на сьогоднішній день функціонує 13 маршрутів, які пролягають по всій території міста. Сумарна довжина маршрутів складає 469,1 км. Трамваї рухаються з середньою швидкістю руху 14-15 км/год. Роботу на маршрутах виконують 255 вагонів, середній вік яких 23,4 роки, 96,8 % цих вагонів перевищили строк своєї експлуатації. Обслуговують рухомий склад 2 депо (Октябрьське та Салтівське).

Кожний день послугами трамваїв користуються 338,6 тис людей, але останнім часом спостерігаються негативні тенденції розвитку наземного електричного транспорту.

Основними причинами негативних тенденцій розвитку міського наземного електричного транспорту є:

– незадовільний технічний стан. Рухомий склад відзначається значним ступенем зносу. Так, середній вік вагонів в Україні складає 16 років при терміні служби 20-23 роки. Динаміка оновлення вказує на суттєві проблеми з поповнення парку новими вагонами;

– зростання конкуренції. Розвиток ринкових відносин мав наслідок зростання питомої ваги автотранспорту у загальних обсягах міських перевезень пасажирів. За останні роки, з розвитком підприємництва, значно збільшилась кількість приватних перевізників, які мають кілька автобусів або мікроавтобусів і бажають “увійти” до міської транспортної системи для здійснення перевезень пасажирів на комерційній основі;

– тарифна політика. Функціонування міського електро-транспорту має своєю метою забезпечення безпечних та доступних перевезень міського населення. Тарифне регулювання здебільше встановлює тарифи на рівні нижче собівартості, що робить роботу перевізника збитковою;

– безкоштовний та безбілетний проїзд пасажирів. За останні 5 років питома вага безкоштовних пасажирів зросла до 63 % загального обсягу перевезень. При цьому компенсація, що має надаватися перевізнику замовником послуг за пільговий контингент, здійснюється не в повному обсязі.

Важливою складовою системи міських пасажирських перевезень є електричний транспорт. Державною програмою розвитку міського електротранспорту передбачено уточнення органами місцевого самоврядування комплексних схем розвитку міського пасажирського транспорту та схем організації руху з метою збільшення обсягу пасажироперевезень міським електротранспортом у містах з підвищеним рівнем забруднення навколишнього середовища, в зонах масового відпочинку та щільної житлової забудови.

Проте останнім часом з усією виразністю проявилися тенденції «згортання» системи екологічно і соціально значущого наземного електротранспорту міста Харкова: посилюється, що суперечить законодавству, дублювання ліній електротранспорту маршрутами приватних перевізників, закриваються один за одним тролейбусні і трамвайні депо, демонтуються трамвайні лінії.

У багатьох країнах у 50-60-ті роки минулого століття досить розвинені трамвайні мережі також піддалися демонтажу. Але подальше погіршення екологічної обстановки, поява численних заторів, зниження безпеки дорожнього руху призвели до усвідомлення міською владою хибності таких рішень. У результаті через 20-30 років легкорейкові мережі були відновлені, але зі значно більш високими витратами.

Ще в 2004 р. Міжнародний союз громадського транспорту (UITP) опублікував свою «Дрезденську Декларацію» про важливість збереження та модернізації існуючих трамвайних мереж. Цей документ містить низку ключових рекомендацій, адресованих особам та органам, які приймають рішення в країнах Центральної та Східної Європи, а також у країнах СНД.

Переміщення людей у Харкові в основному здійснюється електротранспортом, тому міська влада повинна бути зацікавлена в його збереженні і подальшому розвитку, щоб гарантувати стійкий розвиток і стійку мобільність жителів.

Відповідно до рекомендацій UITP, починати слід з пілотного проекту, і поява такої пілотної лінії є перевіреним способом показати безумовну ефективність, високу якість транспортного обслуговування і можливість поетапного розвитку. Це може бути модернізація трамвайної лінії, що зв'язує Олексіївський житловий масив з Південним залізничним вокзалом, або Салтівський житловий масив – з промисловим Орджонікідзевським районом.

Транспортна політика сучасних великих міст повинна бути націлена на розвиток міських пасажирських перевезень наземним електричним транспортом, який має кращі якісні показники у порівнянні з іншими видами пасажирського транспорту [4], а саме висока місткість транспортного засобу, екологічність та безпечність.

3.2 Теоретичні дослідження маршрутів руху

При дослідженні процесів, які відбуваються на транспорті використовують системний підхід.

Загальні положення системного підходу і системного аналізу транспортних об'єктів дозволяють сформуванню достатньо чіткий порядок дослідження або ухвалення управлінських рішень при розгляді транспортних об'єктів:

1-й етап. Визначення мети функціонування об'єкту і формування критерію ефективності системи.

2-й етап. Визначення меж системи.

3-й етап. Визначення структури зовнішнього середовища.

4-й етап. Вивчення внутрішньої структури транспортної системи і визначення складових її елементів.

5-й етап. Знаходження залежностей, що характеризують взаємозв'язки між елементами і створення математичної моделі поведінки системи.

6-й етап. Пошук за допомогою отриманої моделі, оптимального стану системи.

7-й етап. Вироблення керуючих дій, що направлені на досягнення оптимального стану системи [5].

На основі системного аналізу встановлено фактори, які впливають на швидкість руху трамваїв.

Траса маршруту характеризується зазвичай різними дорожніми умовами, які змінюються за всією довжиною маршруту. В залежності від дорожніх умов на усіх ділянках маршрутів «Правила дорожнього руху» і «Правила технічної експлуатації окремих видів МПТ» встановлюють різні обмеження максимальної швидкості руху рухомого складу в усіх напрямках руху [2].

Параметри дорожніх умов і параметри транспортних потоків взаємозалежні, тому являють собою характеристики системи «Дорожні умови – транспортні потоки».

Усі ці фактори можуть бути об'єднані в такі групи:

- фактори, пов'язані з дорожніми умовами;
- характеристики транспортних потоків;
- фактори, пов'язані з погодними умовами;
- фактори, пов'язані з психофізіологією водія;
- фактор часу;
- технічний стан транспортного засобу;
- рівень кваліфікації водія;
- рівень безпеки руху;
- соціальні фактори [6].

Ряд факторів, що характеризують дорожні умови руху автомобілів, може бути загальним для ділянок маршруту і перехресть, а інші будуть різні при врахуванні особливостей руху на цих елементах траси маршруту. До загальних факторів можна віднести наступні:

- відстань видимості дорожнього покриття;
- коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою.

Умови видимості, що істотно впливають на швидкість руху [7-8], можливо оцінити відстанню видимості дорожнього покриття [9]. Коефіцієнт зчеплення, який визначається типом і станом покриття дороги, також істотно впливає на швидкість руху автомобілів [10].

До факторів, що характеризують дорожні умови руху автомобілів на ділянці маршруту, можна віднести:

- довжину ділянки;
- кількість смуг руху в напрямку прямування;
- швидкість транспортного потоку в напрямку прямування;
- інтенсивність руху транспортних засобів у напрямку прямування.

Довжина ділянки маршруту між перехрестями визначає той проміжок часу, протягом якого автомобіль зможе рухатися з максимально можливою швидкістю. Кількість смуг руху може визначати можливість маневрування автомобіля в потоці транспортних засобів. Швидкість транспортного потоку в напрямку руху є інтегральним показником. На її значення впливає склад транспортного потоку, тип і стан покриття дороги, ступінь рівності і поздовжній профіль дороги, план траси [11]. Швидкість

транспортного потоку та інтенсивність руху транспортних засобів на ділянці може визначати можливість виникнення перешкод руху автомобіля з боку інших транспортних засобів.

Для перехресть можна виділити наступні фактори, що характеризують умови руху:

- кількість смуг руху на основній дорозі;
- кількість смуг руху на дорозі, що перетинається;
- інтенсивність руху на основній дорозі;
- інтенсивність руху на дорозі, що перетинається.

Кількість смуг руху на основній і дорозі, що перетинається, визначають геометричні розміри перехрестя, які також впливають на можливість маневрування при русі на перехресті. Інтенсивність руху на перехресті, як і у випадку ділянки маршруту, може визначати можливість виникнення перешкод руху автомобіля.

Для регульованих перехрестях додатково доцільно виділити ще два фактори:

- тривалість циклу світлофорного регулювання;
- тривалість зеленого сигналу світлофора у напрямку руху автомобіля.

Дані фактори можуть визначати ймовірність слідування автомобіля через перехрестя на сигнал світлофора, який дозволяє рух. Всі фактори, розглянуті раніше і прийняті для дослідження, становлять лише частину групи дорожніх факторів. Частину факторів, що залишилися, конкретизувати досить складно з огляду на випадковості їх виникнення. Це транспортні затори, пішохідні переходи, трамвайні зупинки та інші випадково виникаючі перешкоди. Дані фактори будуть визначати закон розподілу фактичної швидкості руху автомобіля на ділянці маршруту і перехресті [12]. Внаслідок цього, виникає необхідність у визначенні законів розподілу фактичних швидкостей руху автомобілів на елементах траси маршруту.

Крім перерахованих факторів, на інтенсивність транспортних потоків на вулично-дорожній мережі (ВДМ) вирішальний вплив робить попит на пересування на автомобільному транспорті, характер якого істотно змінився за останнє десятиліття як в кількісному, так і в якісному відношенні. Економічні зміни, що сталися в Україні в цей період, призвели не тільки до багаторазового зростання рівня автомобілізації, але і різкого збільшення частки ділових пересувань,

які в даний час визначають пікові навантаження на міських магістралях.

Очевидно, що врахувати все різноманіття цих факторів експертним шляхом для побудови прогнозних розподілів потоків можна лише для невеликих ділянок ВДМ. Оптимізація автоматизованого управління в складних схемах організації руху вимагає створення та використання комп'ютерних моделей.

Моделі транспортних потоків, що існували до теперішнього часу, орієнтовані скоріше на містобудівне проектування, ніж на завдання управління дорожнім рухом. Відсутній і досвід визначення попиту на ділові пересування на автомобільному транспорті. Крім того, немає єдиної думки про те, як оцінювати ефективність управління дорожнім рухом.

В якості параметрів, що характеризують автомобіль, можна виділити наступні:

- ширина автомобіля;
- питома потужність двигуна;
- кількість людей у салоні автомобіля.

Ширина автомобіля може впливати на можливість його маневрування в транспортному потоці. Питома потужність двигуна може виступати як фактор, що характеризує динамічні якості автомобіля [11]. Кількість людей в салоні визначає повну масу автомобіля, що в свою чергу впливає на швидкість його руху.

В якості параметрів, що характеризують водія, можна прийняти:

- вік водія;
- водійський стаж.

Досвід і майстерність водія так само впливають на швидкість руху автомобілів. Як показники, які оцінюють ці якості, можна використовувати вік водія і його водійський стаж. Перший показник може визначати тривалість фаз функціонального стану організму водія, а другий – визначає рівень майстерності водіння.

Для опису руху транспортних засобів дослідники використовували різні способи. Ряд дослідників моделювали безпосередньо моменти часу прибуття транспортних засобів, інші спочатку визначали швидкість руху і з урахуванням відстані визначали час руху. Так, в імітаційній моделі, описаній в [13], висувається припущення, що транспортні засоби рівномірно рухаються за маршрутом з середньою швидкістю, а в [14]

враховується довжина перегону і середня швидкість транспортних засобів на маршруті.

Для визначення часу руху пропонується використовувати нормальний закон розподілу і гамма-розподіл.

У дослідженнях, описаних в [14], розрахунок швидкості руху транспортних засобів проводився з урахуванням дорожніх умов за допомогою різних коефіцієнтів. Вплив транспортного потоку тут описувався нормальним законом розподілу. За наявності світлофорів визначався вид сигналу світлофора і час простою на перехресті.

На дві складові процес руху розбивається в моделі, що розглядається в період руху транспортних засобів без перешкод і період їх впливу, враховувати який пропонується з використанням нормального закону розподілу. На аналогічні складові даний процес розбивається і в роботі [15]. Тут час руху в режимі потоку моделювався гамма-розподілом, а затори при русі – біноміальним законом для моментів їх виникнення і експоненціальним для визначення їх величин. Можливий опис процесу руху як проходження транспортними засобами перехресть так і ділянок між перехрестями. Час проходження перехресть у цій моделі визначалося з урахуванням математичного сподівання і дисперсії, а час проходження ділянки маршруту з урахуванням середньої швидкості руху. При цьому враховувалися випадкові перешкоди руху, виникнення яких моделювалися з використанням розподілу Пуассона. У моделі, описаній в роботі, при визначенні експлуатаційних нормативів руху складу ділянка руху представлялась у вигляді наступних елементів: перехрестя, трамвайна зупинка, елемент пульсації (місце зміни швидкості руху), залізничний переїзд. Затримки у перехресть, трамвайних зупинок і залізничних переїздів моделювалися показовим законом розподілу. Шлях між цими елементами транспортний засіб проходить зі швидкістю, яку оцінювали умовами руху.

Вплив траси маршруту (довжина, наявність підйомів, спусків і поворотів) і ступеня заповнення салону транспортного засобу, враховувалися при визначенні швидкості руху.

Крім перерахованих вище факторів, як зазначалося, на час руху транспортних засобів впливає неоднорідність транспортного потоку і динамічні характеристики транспортних засобів, а середньоквадратичне відхилення від середнього часу руху залежить від величини цього часу і довжини ділянки маршруту.

В ряді робіт [6, 16], присвячених дослідженню швидкості руху транспортних засобів, було виявлено, що вона залежить від довжини ділянки маршруту, інтенсивності руху, динамічних якостей транспортних засобів, дорожніх умов.

В одній з робіт при дослідженні закономірностей руху транспортних засобів на маршруті було виявлено, що коливання їх фактичних швидкостей руху на ділянці маршруту можливо описати нормальним законом розподілу. При аналізі середніх значень технічної швидкості руху транспортних засобів та їх середньоквадратичних відхилень, був зроблений висновок про залежність даних показників від параметрів траси маршруту і транспортного засобу. Це дозволило отримати регресійні моделі зміни середньої швидкості руху транспортних засобів і середньоквадратичного відхилення від середньої швидкості. В якості незалежних змінних у моделях виступали такі фактори:

- довжина ділянки маршруту;
- кількість регульованих перехресть з рухом транспортного засобу прямо;
- кількість регульованих перехресть зі зміною напрямку руху транспортного засобу;
- кількість нерегульованих перехресть з рухом транспортного засобу прямо;
- кількість нерегульованих перехресть із зміною напрямку руху транспортного засобу;
- коефіцієнт використання місткості;
- час розгону транспортного засобу до 60 км/год;
- швидкість транспортного потоку.

У роботі робиться висновок, що швидкість руху транспортних засобів залежить від умов видимості. Тут же відзначається підвищення небезпеки руху в темний час доби.

На думку автора роботи, технічна швидкість транспортних засобів визначається взаємозалежним впливом багатьох факторів, одним з яких є психофізичні якості водія – сприйняття умов руху, гострота і точність реакції, досвід, майстерність, темперамент.

Таким чином, для визначення швидкості руху транспортних засобів у транспортному потоці необхідно дослідити вплив усіх чинників на її значення. Визначивши швидкість руху, можливо провести моделювання транспортних потоків з метою визначення його параметрів.

3.3 Експериментальні дослідження маршрутів руху

Для визначення показників роботи трамваїв на маршруті та виявлення умов їх руху проведено натурне обстеження за допомогою хронометражного методу.

При проведенні хронометражу на транспорті фіксується час відправлення, прибуття, руху, простою на зупиночних пунктах та кінцевих станціях, затримок на шляху, у графі примітка вказувалась причина непередбаченої затримки. Час визначається секундоміром. Найбільша частота замірів проводиться в ранкові та вечірні часи «пік». Обстеження починалось з кінцевої станції. Місце обліку знаходилось поблизу кабіни водія.

Після закінчення спостереження проведена обробка його результатів. Спочатку визначалась тривалість кожного елемента операції. Для цього від показника поточного часу закінчення даного елемента віднімають показник поточного часу закінчення попереднього елемента. Одержана різниця становитиме час тривалості даного елемента. В результаті чого встановлюють середні швидкості руху і час рейсу.

Хронометражні спостереження [16] проводилися на трьох Харківських трамвайних маршрутах: маршрут № 6 «Південний вокзал – 602-й мікрорайон», маршрут № 23 «ст. «Салтівська» – Південно-Східна (Плитковий завод)», № 26 «Лісопарк – Південно-Східна (Плитковий завод)».

Були розроблені облікові картки табл. 3.3, в яких спостерігачі фіксували: час руху на перегоні, час простою в дорозі, час простою на зупинці, причини простою у дорозі.

Таблиця 3.3 – Облікова картка

Назва зупиночного пункту	Час початку руху	Час закінчення руху	Час затримок в дорозі, сек.					
			(причина затримки)					
1.								
2.								
....								
N								

На основі отриманих даних проведено розрахунок ходової швидкості руху, за формулою 3.1, і швидкості сполучення, за формулою 3.2 [3].

Ходова швидкість руху потягу по перегону визначається:

$$V_x = \frac{l_{\text{пер}} \cdot 3600}{t_x}, \quad (3.1)$$

де $l_{\text{пер}}$ – довжина перегону, км;

t_x – ходовий час, сек.

Приклад розрахунку ходової швидкості руху для маршруту № 6 «Південний вокзал – 602-й мікрорайон» по першому перегону:

$$V_x = \frac{0,636 \cdot 3600}{275} = 8.$$

Режим руху потяга по перегону з урахуванням затримок на зупиночному пункті для пасажирообміну характеризується швидкістю сполучення:

$$V_c = \frac{l_{\text{пер}} \cdot 3600}{(t_x + t_{\text{зуп}})}, \quad (3.2)$$

де $t_{\text{зуп}}$ – час затримок на зупиночному пункті для пасажирообміну, сек.

Приклад розрахунку швидкості сполучення для маршруту №6 «Південний вокзал – 602-й мікрорайон» по першому перегону:

$$V_c = \frac{0,636 \cdot 3600}{(275 + 17)} = 8.$$

Час рейсу визначався за формулою

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n t_x + \sum_{j=1}^m t_{\text{зуп}} + \sum t_{\text{к.с.}}}{3600}, \quad (3.3)$$

де $\sum t_{\text{к.с.}}$ – час простою на кінцевих станціях, сек.;

n – кількість перегонів в обох напрямках руху потягу;

m – кількість зупиночних пунктів в обох напрямках руху потягу [3].

Час рейсу на маршрутах складає:

$$t_{p, \text{№}6} = \frac{2491 + 810 + 452}{3600} = 1,84,$$

$$t_{p, \text{№}23} = \frac{4439 + 1648 + 554}{3600} = 1,85,$$

$$t_{p, \text{№}26} = \frac{5262 + 1883 + 475}{3600} = 2,12.$$

На підставі довжини перегону і часу руху по них були побудовані графіки руху у прямому та зворотному напрямках, на рис. 3.1 представлений графік руху трамваю за маршрутом №6 у напрямку «Південний вокзал – 602-й мікрорайон».

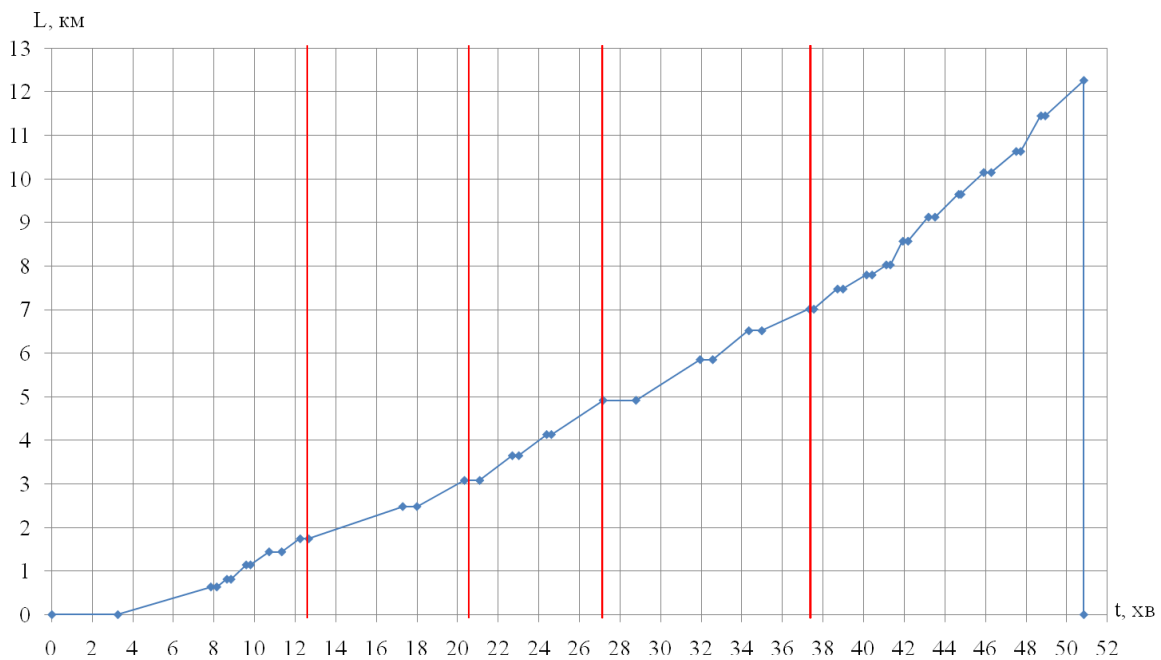


Рисунок 3.1 – Графік руху трамваю маршруту №6 у напрямку «Південний вокзал – 602-й мікрорайон»

Аналіз отриманих графіків дозволив виявити різні зони зміни швидкості руху, тому графіки були поділені на ділянки, після чого були проаналізовані умови, які вплинули на зміну швидкості. Умови руху на кожній ділянці представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Умови руху на ділянках маршрутів

Ділянка маршруту	Умови руху
Перша ділянка маршруту №6	Рух потягу в одному потоці з транспортними засобами у центральній частині міста, при відстані між регульованими перехрестями 450 м.
Друга ділянка маршруту №6	Рух потягу в одному потоці з транспортними засобами у центральній частині міста, при відстані між регульованими перехрестями 300 м.
Третя ділянка маршруту №6	Рух потягу на відокремленому полотні у центральній частині міста, при відстані між регульованими перехрестями 500 м.
Четверта ділянка маршруту №6	Рух потягу на відокремленому полотні в промисловій зоні міста, при відстані між регульованими перехрестями 500 м.
П'ята ділянка маршруту №6	Рух потягу на відокремленому полотні в житловій частині міста, при відстані між регульованими перехрестями 800 м.
Перша ділянка маршруту №23	Рух потягу на відокремленому полотні в житловій зоні міста, при відстані між регульованими перехрестями 650 м.
Друга ділянка маршруту №23	Рух потягу на відокремленому полотні в житловій зоні міста, при відстані між регульованими перехрестями 1700 м.
Третя ділянка маршруту №23	Рух потягу на відокремленому полотні в промисловій зоні міста, при відстані між регульованими перехрестями 1350 м.
Перша ділянка маршруту №26	Рух потягу на відокремленому полотні в житловій зоні міста, при відстані між регульованими перехрестями 700 м.
Друга ділянка маршруту №26	Рух потягу на відокремленому полотні в промисловій зоні міста.
Третя ділянка маршруту №26	Рух потягу на відокремленому полотні в зоні відпочинку при відстані між регульованими перехрестями 1400 м.
Четверта ділянка маршруту №26	Рух потягу на відокремленому полотні в житловій зоні з великою кількістю торгово-розважальних комплексів, при відстані між регульованими перехрестями 700 м.
П'ята ділянка маршруту №26	Рух потягу на відокремленому полотні в житловій зоні, при відстані між регульованими перехрестями 1000 м.

Для кожного перегону маршруту визначалися параметри, які характеризують дорожні умови руху. Таким чином, після обробки

результатів обстеження були отримані дані про час проходження кожного перегону маршруту і умови руху на них.

В своїх роботах А.А. Френкель рекомендує при відборі включених на розгляд факторів дотримуватися таких умов [16]:

- перелік охоплюється вивченням факторів, які необхідно обґрунтувати теоретично;

- перелік повинен включати в себе найважливіші фактори, що оказують найбільш істотний вплив на зміну об'єкта;

- перелік не слід робити занадто великим, але він повинен описувати функцію в усіх аспектах;

- фактори не повинні перебувати між собою у функціональному зв'язку, оскільки існування функціональних і близьких до них зв'язків між факторами показують, що вони характеризують одну й ту ж сторону явища, яке вивчається. Включати в модель з двох пов'язаних факторів потрібно той, який надає в рівнянні регресії найбільший вплив;

- потрібно встановити область визначення факторів;

- необхідно враховувати умови зміни факторів у часі.

З використанням цих рекомендацій були обрані фактори, що оказують найбільший вплив на час руху трамваїв.

Для оцінки впливу на швидкість руху автомобілів випадкових факторів, що не фіксуються в процесі обстеження, виникає необхідність у визначенні законів розподілу фактичної швидкості руху.

За даними результатами обстеження, можливе визначення швидкості руху автомобілів тільки на ділянках маршруту, тому що є інформація про довжини ділянок і часу руху на них. Для перехресть однозначне визначення швидкості руху являє собою істотні труднощі. Це пов'язано з тим що при русі через перехрестя складно визначити траєкторію руху, яка може бути різною внаслідок впливу транспортних потоків конфлікуючих напрямків.

У зв'язку з цим при проведенні досліджень для ділянок маршруту визначалися закони розподілу швидкості руху і її середньоквадратичного відхилення.

Одним із завдань математичної статистики є використання властивостей деякого обмеженого підмножини об'єктів, взятого із сукупності, для судження про невідомі властивості її інших об'єктів. Для цього необхідне обґрунтування розмірів вибірки. Для визначення розміру вибірки в даний час не існує єдиного підходу. Різні

дослідники пропонують визначати цю величину по-різному. Якщо розмір генеральної сукупності відносно невеликий, то можливо визначити її середньоквадратичне відхилення і за певною формулою визначити розмір вибірки [17]. Можливо також визначення розміру вибірки на підставі таблиці досить великих чисел [18]. Передбачається, що необхідно мати уявлення про частку даного значення властивості, яка досліджується, у генеральній сукупності на підставі частки цього значення в частковій сукупності (вибірці), щоб з певним «ступенем впевненості» можна було б вважати, що відхилення невідомої частки від частоти не перевищує деякої допустимої помилки. Таблиця показує, як досить велика кількість спостережень, обсяг вибірки, залежить від «ступеня впевненості», величини допустимої помилки і самої невідомої частки. Залежність від невідомої частки виключається, вибираючи для неї найгірше значення. Тому досить велике число виходить завищеним.

«Ступінь ймовірності» визначається величиною ймовірності P , з якої робиться відповідне досліджуваній задачі заключення. У практиці наукових досліджень звичайно приймається $P=0,95$. Допустима помилка при дослідженнях приймається рівною $0,05$ [13]. При визначенні законів розподілу кількість дослідів визначали за допомогою номограми досить великих чисел на підставі допустимої помилки $E = 0,05$ і заходу мінливості (коефіцієнт варіації) швидкості руху на ділянці, її середньоквадратичного відхилення і часу проходження перехресть [17].

У практиці статистичних досліджень найбільше поширення одержав нормальний закон розподілу, який описується рівнянням 3.4 [19-20].

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (3.4)$$

де $f(t)$ – ордината кривої нормального розподілу (частоти);

t – нормоване відхилення рівне $(X - \bar{X})/\sigma_x$.

З наведеної формули видно, що крива нормального розподілу може будуватися за двома параметрами X та σ_x (середньоквадратичне відхилення).

Криву нормального розподілу для отриманих даних будуюмо у такій послідовності:

- у кожному інтервалі зміни ознаки визначаємо значення нормованого відхилення;
- за таблицями знаходимо значення функції $f(t)$;
- розраховуємо теоретичні значення частот у кожному інтервалі:

$$m_i^1 = \frac{\sum m_i \cdot \Delta_x}{\sigma_x} \cdot f(t), \quad (3.5)$$

де m_i – кількість значень, які потрапили у кожний інтервал зміни ознаки;

Δ_x – значення інтервалу.

Узгодженість емпіричної і теоретичної розподілу оцінювалася за критерієм згоди Пірсона (рівняння 3.6) для довірчої ймовірності $P=0,95$ і допустимої помилки $E=0,05$ [17].

$$\chi^2 = \sum \frac{(m_i - m_i^1)^2}{m_i}. \quad (3.6)$$

Результати розрахунків статистичних характеристик швидкості руху при різних довжинах перегонів та різній щільності розташування світлофорів приведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Статистичні характеристики швидкостей руху

Кількість спостережень	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Середньо-квдратичне відхилення	Критерій узгодження Пірсона	
					розрахунковий	табличний
162	0,152	1,664	0,525	0,23	26,98	27,59
162	0	5,43	1,41	1,45	30,28	31,41

Якщо фактичне значення χ^2 менше табличного, то гіпотеза нормального закону розподілу підтверджується.

Можливість використання регресійного аналізу для вирішення даної задачі обумовлена тим, що швидкість руху трамваїв на ділянках маршруту і їх середньоквдратичні відхилення розподілені за нормальним законом [18].

В якості вирішення задачі математичного опису зміни швидкості руху були обрані методи кореляційного і регресійного аналізів [18-19]. Для опису закономірності зміни швидкості руху були обрані моделі лінійного (рівняння 3.7) та нелінійного (рівняння 3.8) типів. Для розрахунку коефіцієнтів регресії використовувався метод найменших квадратів.

$$y_x = a \cdot x + b, \quad (3.7)$$

$$y_x = a \cdot x^2 + b \cdot x + c, \quad (3.8)$$

де x – величина факторної ознаки;

y_x – ходовий час руху на кожній з ділянок (величина результативної ознаки);

a, b, c – коефіцієнти рівняння.

На основі отриманих даних побудовано графік кореляційної залежності між довжиною перегону x і швидкістю руху y (рис. 3.2) та графік кореляційної залежності між щільністю розташування світлофорів x і швидкістю руху y_x (рис. 3.3).

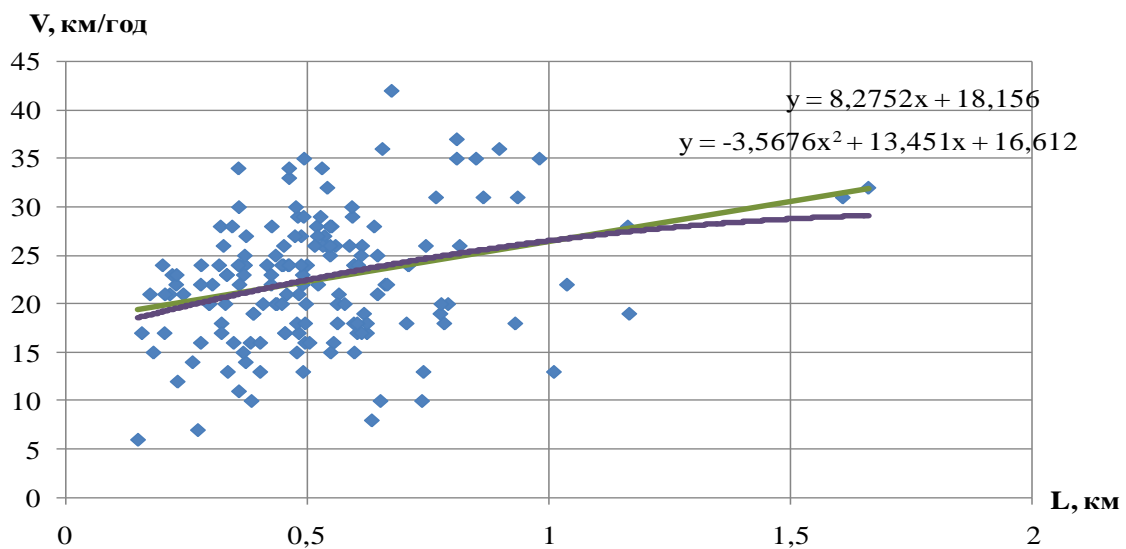


Рисунок 3.2 – Графік кореляційної залежності між довжиною перегону x і швидкістю руху y_x

Характеристики параметрів моделі визначалися за відомим методом статистики [17, 20].

Характеристики розроблених моделей зміни швидкості руху на трамвайних маршрутах представлені в табл. 3.6.

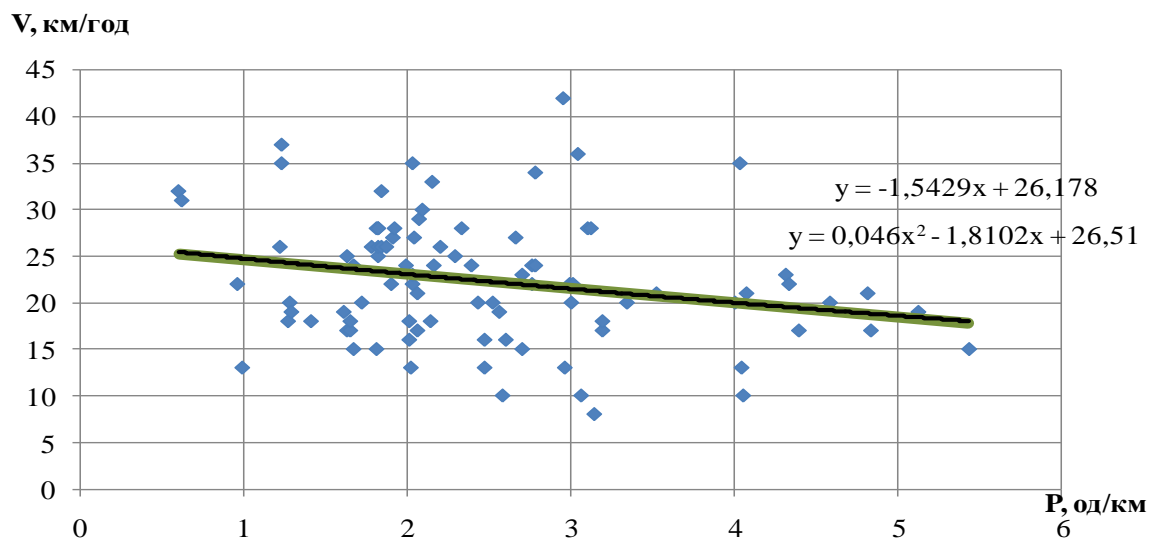


Рисунок 3.3 – Графік кореляційної залежності між щільністю розташування світлофорів x і швидкістю руху y_x

Таблиця 3.6 – Характеристики моделей зміни швидкості руху на трамвайних маршрутах

Фактор	Модель	Коефіцієнт лінійної кореляції	Теоретичне кореляційне відношення	Критерій Фішера		Критерій Стюдента
				розрахунковий	табличний	
Довжина перегону, L , км	$V = 18,156 + 8,2752 \cdot L$	0,293	-	16,211	3,89	4,069
	$V = -3,5676 \cdot L^2 + 13,451 \cdot L + 16,612$	-	0,861	227,831	3,04	43,05
Щільність розташування світлофорів, S , од/км	$V = 26,178 - 1,5429 \cdot P$	-0,257	-	3,071	3,96	-3,473
	$V = 0,046 \cdot P^2 - 1,802 \cdot P + 26,51$	-	0,22	2,263	3,11	2,2

Моделі, приведені в табл. 3.6, володіють достатньо високою інформаційною здатністю, про що свідчить значення розрахованого критерію Фішера над табличним. Виключенням є моделі, незалежною змінною, в яких виступає щільність розташування світлофорів. Для моделі параболі зміни швидкості руху від довжини перегону

спостерігається щільний зв'язок, для інших моделей ступінь кореляції слабкий.

Аналіз отриманих моделей дозволив зробити наступні висновки:

– довжина перегону збільшує швидкість руху, тому що вона впливає на час руху протягом якого трамвай може рухатись з максимально дозволеною швидкістю. Чим більша довжина перегону, тим більше часу на розгін та зупинку;

– зі збільшенням кількості світлофорів на шляху, зменшується швидкість руху, це пов'язано з вірогідністю затримки на світлофорі.

– моделі, представлені у табл. 3.6, відображають тенденцію впливу параметрів руху на швидкість руху. Проте використовувати дані моделі при вирішенні задачі визначення часу руху не представляє можливим внаслідок недостатньо великих коефіцієнтів кореляції. Дані моделі описують залежність швидкості руху від одного фактору. В дійсності ці фактори роблять спільний вплив на швидкість. Описати зміну даного показника в залежності від параметрів руху можливо з використанням методів множинної кореляції.

В якості вирішення задачі розробки регресійної моделі впливу умов руху на ходову швидкість руху трамваю була обрана лінійна модель:

$$y_{y,x_1,x_2,\dots,x_m} = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j \cdot x_j, \quad (3.9)$$

де x_j – величина j -ої факторної ознаки ($j = 1, 2, \dots, m$);

m – кількість факторних ознак;

a_0, a_j – параметри рівняння множинної регресії.

Розмір вибірки при розробці регресійних моделей визначався згідно рекомендаціям, за якими кількість спостережень повинна перевищувати в 6-7 разів кількість включених у модель факторів [17]. Для розрахунку коефіцієнтів регресії використовувався метод найменших квадратів. Модель зміни швидкості руху трамваю на перегонах маршруту має такий вигляд:

$$V = 18,85 + 8,02 \cdot L - 0,4 \cdot P. \quad (3.10)$$

де L – довжина перегону, км;

S – щільність розташування світлофорів, од/км.

Аналіз отриманої моделі дозволяє зробити наступні висновки:

– довжина ділянки руху збільшує швидкість руху внаслідок того, що вона впливає на час, протягом якого трамвай може рухатися з максимально допустимою швидкістю. Чим більше довжина ділянки, тим менше питома вага часу на розгін і гальмування до і після зупинки або перехрестя в загальній величині часу руху;

– щільність розміщення світлофорів негативно впливає на швидкість руху. Це пов'язано з тим, що наявність світлофорів на ділянці руху збільшує ймовірність затримки в дорозі.

Оцінку моделі проводили за відомим методам статистики [16-17, 20]. Показник тісноти зв'язку множинної кореляційної залежності, який називається коефіцієнтом множинної кореляції і визначається:

$$R_{y, x_1, x_2, \dots, x_m} = \sqrt{\frac{\sigma_{y, x_1, x_2, \dots, x_m}^2}{\sigma_y^2}}, \quad (3.11)$$

де $\sigma_{y, x_1, x_2, \dots, x_m}^2$ – факторна дисперсія, що характеризує варіацію результативної ознаки за рахунок факторних ознак, які враховуються. Її величина розраховується:

$$\sigma_{y, x_1, x_2, \dots, x_m}^2 = \frac{\sum (y_{y, x_1, x_2, \dots, x_m} - \bar{y})^2}{n}, \quad (3.12)$$

де σ_y^2 – дисперсія результативної ознаки, що розраховується:

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}. \quad (3.13)$$

Оцінка адекватності розробленої моделі проводилася за показником середньої помилки апроксимації [17], яка розраховувалась:

$$A = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{(y - y_{y, x_1, x_2, \dots, x_m})}{y} \right| \cdot 100. \quad (3.14)$$

Інформаційна здатність моделі визначається критерієм Фішера [17]. Результати розрахунків приведені у табл. 3.7.

Значення коефіцієнта множинної кореляції свідчить про достатню ступінь тісноти зв'язку між швидкістю трамваю та

відібраними факторами. Значення середньої помилки апроксимації відповідає допустимим межах. Розрахункове значення критерію Фішера значно перевищує табличне. Це говорить про те, що модель зміни швидкості трамваїв описує результати експерименту краще, ніж найпростіша, в якій при будь-якому наборі значень змінних вихід є константа, рівна середньому значенню. Критерій Фішера може використовуватися для визначення адекватності моделі, але тільки в тому випадку, якщо мають місце повторювані досліди (спостереження). В розглянутому випадку немає повторюваних дослідів тому коефіцієнт Фішера визначає інформаційну здатність моделі.

Таблиця 3.7 – Результати оцінки моделі зміни швидкості руху трамваю на перегонах маршруту

Показник	Значення
Коефіцієнт множинної кореляції	0,648
Середня помилка апроксимації	9,3
Критерій Фішера	
– розрахунковий	57,546
– табличний	3,04

В результаті проведення оціночних розрахунків можна зробити висновок про допустимість використання отриманої моделі зміни швидкості руху трамваю на перегонах маршруту в імітаційній моделі руху трамваїв.

В ході детального аналізу впливу кожного окремого фактору на швидкість руху, було встановлено, що функціональна зона міста, в якій рухається трамвай не має значного впливу. В результаті проведених розрахунків визначено, що середні ходові швидкості руху складають: в житловій зоні 23 км/год, в промисловій зоні 24 км/год, в зоні відпочинку 23 км/год.

Аналіз умов руху в транспортному потоці показав, що транспортний потік суттєво впливає на швидкість руху. При русі трамваїв в одному потоці з іншими транспортними засобами середня ходова швидкість зменшується на 22 % і складає 18 км/год, а при русі на відокремленому полотні – 23 км/год.

Щільність розташування світлофорів має вплив на швидкість. Дослідження показали, що при відстані між світлофорами:

- 300-500 м середня ходова швидкість складає 17 км/год;

- 500-700 м середня ходова швидкість складає 22 км/год;
- більше ніж 700 м середня ходова швидкість складає 24 км/год.

Залежно від об'ємів пасажирських перевезень, експлуатаційної швидкості та умов прокладки трамвайного полотна слід розрізняти такі типи трамвайних ліній:

- лінії, що забезпечують експлуатаційну швидкість до 16 км/год і характеризуються широкою маршрутизацією, з перетином транспортних потоків на одному рівні без надання пріоритету трамваю (як правило, на поєднаному з проїзною частиною полотні) – звичайний трамвай;

- лінії, що забезпечують експлуатаційну швидкість до 20 км/год і характеризуються широкою маршрутизацією з перетином транспортних потоків на одному рівні з наданням пріоритету трамваю (як правило, на відокремленому полотні) – прискорений трамвай.

- лінії, що забезпечують експлуатаційну швидкість понад 20 км/год і характеризуються обмеженою маршрутизацією (не більше двох маршрутів) з перетинанням транспортних потоків на різних рівнях на відокремленому полотні (допускається на окремих ділянках на одному рівні з наданням пріоритету трамваю) – швидкісний трамвай першого типу.

- лінії, що забезпечують експлуатаційну швидкість понад 24 км/год і мають ізольоване полотно руху з перетином транспортних і пішохідних потоків на різних рівнях, в залежності від місцевих умов окремі ділянки траси прокладаються в тунелях або на естакадах. При необхідності допускається суміщення не більше двох маршрутів – швидкісний трамвай другого типу.

За результатами обстежень можна побачити, що швидкість руху трамваю там де повинна бути 16 км/год, складає 14-15 км/год, а там де – 20 км/год, вона складає 17-18 км/год. Таке зниження експлуатаційної швидкості можна пояснити незадовільним станом рухомого складу і рельсового полотна, а також поганою організацією руху трамваїв в одному рівні з іншими транспортними засобами. Це не дозволяє трамваю розвивати максимально дозволена швидкість, а також зменшує привабливість для користувачів громадського транспорту.

Погана організація руху трамваїв в одному рівні з іншими транспортними засобами полягає у тому, що трамвай має пріоритет перед автомобілями і може рухатися незважаючи на те, що

транспортний потік стоїть в заторі. А в житті виходить так, що коли стоять автомобілі, стоїть і трамвай, тому що водії автомобілів виїжджають на рельсове полотно, перешкоджаючи руху трамваю. Якщо контролювати рух транспортних засобів в одному рівні з трамваєм або розробити певні заходи щодо недопущення виїзду автомобілів на рельсове полотно, то можливо суттєво збільшити експлуатаційну швидкість трамваю.

На рис. 3.4 наведена порівняльна характеристика швидкості руху трамвая в одному транспортному потоці з автомобілями.

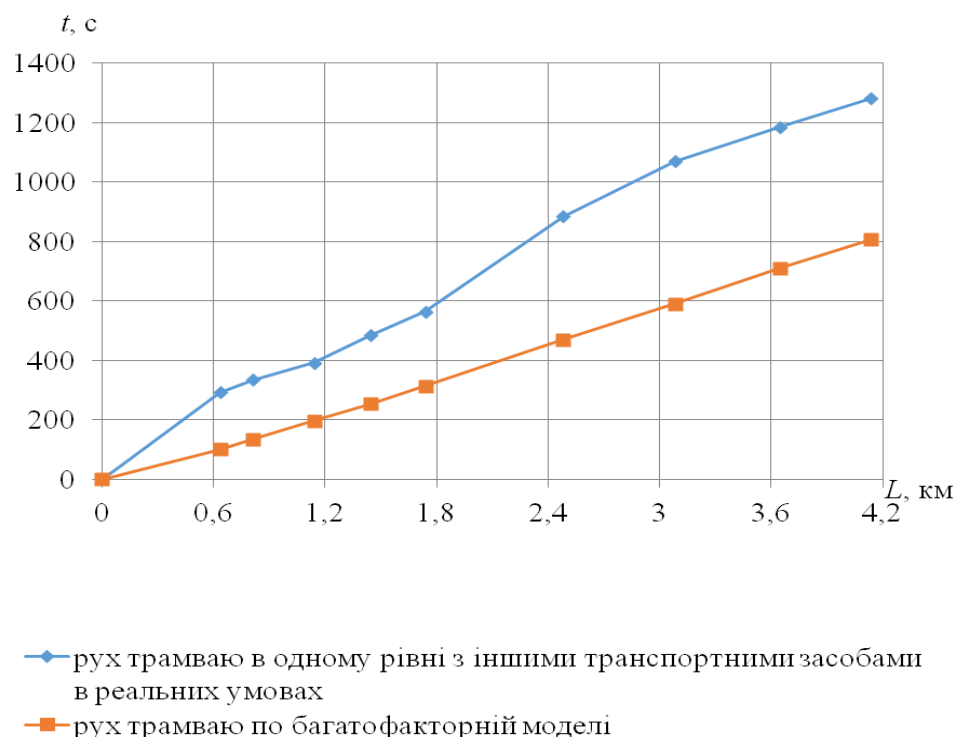


Рисунок 3.4 – Рух трамвая в одному потоці з транспортними засобами

Отримана багатофакторна модель дозволяє прогнозувати швидкість руху трамвая з існуючим терміном експлуатації при умові, що трамваю, який рухається в одному рівні з транспортними засобами, не будуть заважати автомобілі.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Визначено що на маршрутах є ділянки руху де швидкість руху змінюється в залежності від умов руху, також встановлено що

швидкість руху трамваїв на ділянках маршруту розподілена за нормальним законом.

2. В результаті дослідження визначені фактори які впливають на швидкість руху, також запропонована багатофакторна модель зміни швидкості руху від довжини перегону та щільності розташування світлофорів.

3. Встановили, що швидкість трамваю при русі в одному рівні з іншими транспортними засобами зменшується на 22 % в порівнянні зі швидкістю на відокремленому полотні.

4. В ході дослідження встановили: якщо трамвай рухається без перешкод, які йому можуть вчинити інші транспортні засоби, його експлуатаційна швидкість різко збільшується, що позитивно впливає на рівень обслуговування наземним рейковим транспортом. Це може стати однією з причин відмови від автомобіля на користь міського електротранспорту, що дозволить розвантажити основні магістралі міста і тим самим вплинути на покращення екологічної ситуації та транспортну систему в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: Учебник для студ. Учреждений сред. проф. образования / И.В. Спирин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

2. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И.С. Ефремов, В.Н. Кобозев, В.А. Юдин – М.: Высш. шк., 1980. – 535 с.

3. Спирин И.В. Перевозка пассажиров городским транспортом./ И.В. Спирин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 412 с.

4. Очеретенко С.В. Організація міського руху в умовах високої автомобілізації. // Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – вып. 88 – С. 285

5. Горбачев П. Ф. Основы теории транспортных систем. Учебное пособие / П.Ф. Горбачев, И.А. Дмитриев - Харьков: издательство ХНАДУ, 2002. - 202 с.

6. Клишковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клишковштейн, М.Б. Афанасьев – М.: Транспорт, 1992. – 207 с.

7. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков – М.: Транспорт, 1982 – 288 с.

8. Безрук М.Н., Жариков П.У., Васильчук А.А. Влияние технического состояния автомобилей на безопасность движения // Автомобильный транспорт. – К.: Техника, 1997, – №27 – с. 18-20
9. Гримкевич А.И. Автомобили: Теория /А.И. Гримкевич – Минск: Вища школа, 1986 – 183 с.
10. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут – К.: Вища школа, 1986 – 447 с.
11. Давидич Ю.А. Разработка мероприятий по сокращению времени ожидания пассажирами городских маршрутных автобусов: Дис., канд. техн. наук: 5.22.01. – Харьков, 1993. – 180 с.
12. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Мащенский, А.С. Солонисий – М.: Агропромиздат, 1986. – 183 с.
13. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт – М: Мир, 1966. – 286 с.
14. Кочерга В. И. Основы функционирования интеллектуальных транспортных систем организации движения и перевозок: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 22.05.01. – Москва: МАЛИ (ТУ). 2001. – 36 с.
15. Данилов В. И. Исследование и оптимизация скоростных режимов движения автомобилей в заданных дорожных условиях: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.03. – Харьков, 2003. – 21 с.
16. Френкель А.А. Многократные корреляционные модели производительности труда /А.А.Френкель – М.: Экономика, 1966. – 96 с.
17. Митропольский А.К. Техника статических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
18. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионного анализа / Ю.В. Завадский – М.: МАДИ, 1981. – 11 с.
19. Вашків П.Г. Теорія статистики: Навч. посібник / П.Г. Вашків, П.І. Пастер, В.П. Сторожук, Є.І. Ткач. – К. Либідь:, 2001. – 320 с.
20. Шинкаренко В.Г. Теорія статистики: Навч. посібник. / В.Г. Шинкаренко - Харків: ХНАДУ, 2005. – 168 с.

В умовах постійно зростаючих цін на основні види енергоресурсів та значної зовнішньоекономічної залежності від постачальників енергоносіїв енергозбереження та енергоефективність набувають особливої актуальності для загального підвищення економічної ефективності транспорту, зменшення його негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення високих соціальних стандартів транспортних послуг [1].

У відповідності зі стратегічними пріоритетами соціально-економічної політики України нагальним є завдання переведення національної економіки на енергозберігаючу модель розвитку, яка спрямована на суттєве скорочення енергетичної складової у собівартості виробництва та галузі послуг. Проектом Енергетичної стратегії України до 2030 року передбачається доведення показників енергетичної ефективності всіх галузей національної економіки, включаючи транспорт, до рівня відповідних показників промислово розвинених країн. Комплексна державна програма енергозбереження України визначає пріоритети державної політики в галузі енергозбереження, енергоефективності, використання нетрадиційних джерел енергії [2].

Мета даної роботи – підвищення енергоефективності транспортного процесу на автомобільному транспорті.

До основних задач, що вирішуються в роботі, відносяться:

- аналіз та угруповання існуючих проблем високої енергоемності транспортного процесу в Україні;
- визначення шляхів зниження енергоемності транспортного процесу при перевезенні вантажів та пасажирів на автомобільному транспорті;
- визначення основних заходів щодо підвищення енергоефективності в галузі утримання автомобільних доріг;
- розробка критерію оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів на автотранспортних підприємствах.

4.1 Нормування енергоспоживання

У загальному випадку енергомiсткiсть економiки – вiдношення енергоспоживання до внутрiшнього валового продукту в цiнах 2000 року з урахуванням покупної спроможностi [3].

Транспортний комплекс тiсно пов'язаний практично з усіма галузями виробництва і соціальної галузі, і тому тенденції розвитку транспорту тiсно слiдують за загальною динамiкою економiчного розвитку України. З iншого боку, транспорт, як і деякі iнші галузі економiки, все ще має багато успадкованих вiд колишнього СРСР проблем, таких як нерацiональна структура і висока енергомiсткiсть. В цiлому транспортний комплекс України використовує близько третини загального споживання нафтопродуктiв і 5 % загального споживання електроенергiї в Україні. При всiй рiзноманiтностi умов і специфіки роботи рiзних галузей транспортного комплексу ефективностi використання паливно-енергетичних ресурсiв, в загалi, є досить низькою [4].

Незадовiльний стан енергетичного господарства на транспортi обумовлено низькою iнституцiйних, економiчних, науково-технiчних, iнформацiйно-освітнiх та iнших причин.

Так, серед головних економiчних причин – загальнi макроекономiчнi проблеми нацiональної економiки, низький рiвень фiнансування з державного та мiсцевих бюджетiв навiть транспорту, який знаходиться в державному секторi, і загальна нерозвиненiсть фiнансової бази. Взагалi в економiчно - фiнансовiй галузі дуже гострими є такі проблеми, як цiнова нестабiльностi та недосконалiсть системи цiноутворення на енергоносії, якi не дають можливостi акумулювати iнвестицiйнi кошти на транспортних пiдприємствах, а також високi кредитно - банкiвськi ставки і складнiсть отримання середньо- і довгострокових кредитiв для здiйснення технологiчного оновлення та закупiвлi високоефективного обладнання [1].

Головнi iнституцiйнi проблеми – недостатня розвиненiсть ринкових вiдносин у сферi функцiонування транспорту, вiдсутнiсть дiєвих економiчних стимулiв щодо iнвестування в основнi виробничi фонди та здiйснення енергозберiгаючих проектiв, слабка координацiя мiж окремими пiдгалузями транспорту, неефективностi органiзацiї перевезень, недосконалiсть державного управлiння та регулювання в галузі енергозбереження, зокрема, на рiгiональному та мiсцевому

рівнях, а також недостатня увага щодо залучення основних верств населення до енергозбереження в транспортному комплексі, відсутність реальних засобів їх стимулювання до раціонального використання палива та енергії [1].

Науково-технічні проблеми – значна частка низькоефективної техніки та обладнання, які використовуються на транспорті, загальний низький рівень застосування передових світових досягнень науки і техніки, обмеженість у використанні сучасних енергоефективних транспортних засобів та енергозберігаючих технологій перевезення, порушення технічних регламентів експлуатації, відсутність необхідних приладів і технічних засобів регулювання енергокористування та приладів обліку й контролю [1].

В інформаційно-освітній галузі слід вказати досить низький рівень інформування про науково-технічні, організаційні, економічні та інші можливості з енергозбереження на транспорті, недостатній загальний рівень освіченості у цій галузі, відсутність чіткої статистичної інформації про основні види господарської діяльності транспорту, нестача кваліфікованих кадрів, а також досить низька стурбованість населення щодо проблематики раціонального споживання енергоресурсів [1].

Отже, для рішення проблем енергоефективності як на транспорті, так й в економіці в цілому необхідно використовувати комплексний підхід, що дозволить отримати позитивний результат з часом. Серед основних заходів, направлених на підвищення ефективності використання енергоносіїв на автомобільному транспорті можна виділити наступні:

- оптимізація дорожнього руху;
- удосконалення структури автотранспорту через технічне регулювання та введення стимулюючих диференційованих механізмів економічного характеру;
- розширення використання альтернативних видів палива, зокрема стиснутого природного газу та біопалив, добавок й присадок до палив;
- застосування енергозберігаючих технологій обслуговування та ремонту рухомого складу.

В галузі автомобільних доріг основні енергозберігаючі заходи спрямовані на:

- оптимізацію розвитку дорожнього господарства з пріоритетністю для шляхів загального користування;
- розширення використання нових технологій і матеріалів під час будівництва, ремонту та утримання автодоріг;
- зниження енерговитрат у технологічних процесах з виробництва щебеню, асфальтобетону, залізобетону і т. ін.

Енергомiсткiсть продукцiї транспорту – показник, що характеризує витрату паливно-енергетичних ресурсiв на одиницю продукцiї транспорту [5].

Автомобiльне паливо є найважливишим експлуатацiйним матерiалом. Його економне витрачання має важливе державне значення, що забезпечує зниження шкiдливих викидiв i таким чином зменшує негативний вплив автомобiльного транспорту на навколишнє середовище.

Для зниження енергомiсткостi транспортного процесу iснує два основних пiдходи [5]:

- проведення організаційно–технологічних заходів на підприємствах транспорту (проведення маршрутизації перевезень, розробка графіків сумісної роботи, підвищення рівня кваліфікації водіїв, удосконалення оперативного планування та управління перевезеннями та інші);
- нормування енергоспоживання (визначення та встановлення загальних та питомих норм витрат палива та мастильних матерiалiв).

Норми витрат палива i мастильних матерiалiв на автомобiльному транспортi призначенi для планування потреби пiдприємств, органiзацiй та установ у паливно-мастильних матерiалах i контролi за їх витратами, ведення звітностi, запровадження режиму економiї та рацiонального розроблення питомих норм витрат палива.

Нормування витрат палива – це встановлення допустимої мiри його споживання в певних умовах експлуатацiї автомобiлiв, для чого застосовуються базовi лiнiйні норми, встановленi по моделях (модифiкацiях) автомобiлiв, i система нормативiв i коефiцiєнтiв коригування, якi дозволяють враховувати виконану транспортну роботу, клiматичнi, дорожнi та iншi умови експлуатацiї [6].

Нормування витрат моторних оливи та мастил здiйснюється пропорцiйно до витрат палива згiдно зi встановленими нормативами.

Види норм витрат палива для автомобiлiв [6]:

- базова лiнiйна норма на пробiг автомобiля – на 100 км;

– норма на виконання транспортної роботи (враховує додаткові витрати палива при русі автомобіля з вантажем) – на 100 т-км;

– норма на одну тонну спорядженої маси H_s (враховує додаткові витрати палива при зміні спорядженої маси автомобіля, причепа або напівпричепа);

– норма на їздку з вантажем (враховує збільшення витрат палива, що пов'язане з маневруванням та виконанням операцій завантаження і розвантаження) – на одну їздку;

– норма на пробіг при виконанні спеціальної роботи – на 100 км;

– норма на роботу спеціального обладнання, що встановлено на автомобілях, – на годину або на виконану операцію;

– норма на роботу незалежного обігрівача – на одну годину роботи незалежного обігрівача.

Базова лінійна норма H_s встановлюється [6]:

– для вантажних автомобілів (за винятком самоскидів) – у спорядженому стані;

– для легкових автомобілів і автобусів (повна маса яких не перевищує 3,5 т) та самоскидів – з половиною навантаження;

– для автобусів (повна маса яких перевищує 3,5 т) – з повним навантаженням (повною масою);

– для вантажопасажирських автомобілів – у спорядженому стані з половиною маси пасажирів.

Базові лінійні норми витрат палива встановлені у таких одиницях виміру [6]:

– для бензинових, дизельних автомобілів та автомобілів, що працюють на зрідженому газі, – у літрах на 100 км пробігу (л/100 км);

– для автомобілів, що працюють на стиснутому природному газі, – в кубічних метрах на 100 км ($\text{м}^3/100 \text{ км}$);

– для газодизельних автомобілів норми витрат стисненого природного газу в $\text{м}^3/100 \text{ км}$, а дизельного палива – л/100 км.

Норма на виконання транспортної роботи H_w застосовується для [6]:

– бортових вантажних автомобілів і сідельних тягачів у складі автопоїздів;

– автомобілів-фургонів та вантажопасажирських автомобілів, що виконують роботу, яка вимірюється в тонно-кілометрах

– може застосовуватися для легкових автомобілів і автобусів з причепами, що виконують транспортну роботу, яка вимірюється в тонно-кілометрах.

Гранично допустимі (максимальні) норми на виконання транспортної роботи H_w в залежності від виду палива становлять [6]:

- бензин – 2,0 л/100 т-км;
- дизельне паливо – 1,3 л/100 т-км;
- скраплений газ – 2,5 л/100 т-км;
- стиснений газ – 2,0 м³/100 т-км;
- при газодизельному живленні двигуна – природного газу 1,2 м³/100 т-км і дизельного палива 0,25 л/100 т-км.

Для автопоїздів, повна маса та максимальна швидкість яких дорівнює або перевищує відповідно 40 тонн і 100 км/год (за даними заводу-виробника), гранично допустима норма на транспортну роботу складає 1,0 л дизельного палива на 100 т-км.

Також рекомендовано при магістральних перевезеннях сучасними вантажними автомобілями застосовувати норму на транспортну роботу в межах 0,6 ... 0,8 л дизельного палива на 100 т-км [6].

Фактична витрата палива на виконання транспортної роботи залежить від кількості зупинок, фаз розгону – вибігу на одиницю шляху та від рельєфу місцевості.

Право встановлення конкретних величин норм витрат палива на виконання транспортної роботи у регламентованих межах надається керівникам підприємств та затверджується наказом (розпорядженням) на підприємстві.

Норма на одну тонну спорядженої маси H_g (автопоїзда, автомобіля, причепа або напівпричепа) застосовується при розрахунках лінійної норми витрати палива при зміні спорядженої маси автомобіля щодо спорядженої маси базового автомобіля, при розрахунках лінійної норми автопоїздів тощо. Норми на одну тонну спорядженої маси H_g (л/100 т-км) залежно від виду палива прирівнюються до відповідних норм на виконання транспортної роботи [6].

Норма на їздку з вантажем H_z застосовується для автомобілів-самоскидів і автопоїздів із самоскидуючими кузовами та враховує збільшення витрат палива, пов'язане з маневруванням та виконанням

операцій завантаження і розвантаження на кожну їздку з вантажем. Норма на їздку з вантажем H_z встановлено в такому розмірі [6]:

– 0,25 л рідкого палива (0,25 м³ природного газу) на кожну одиницю самоскидуючого рухомого складу;

– 0,2 м³ природного газу і 0,1 л дизельного палива при газодизельному живленні двигуна.

Тимчасові лінійні норми витрат палива встановлюються [6]:

– для моделей й модифікацій автомобілів, які не мають важливих конструктивних відмінностей (модель двигуна та конструкція трансмісії) і не відрізняються від базової моделі спорядженою масою і габаритними розмірами, тимчасова лінійна норма витрати палива встановлюється у тому ж розмірі, як і для базової моделі;

– для моделей й модифікацій автомобілів, які не мають важливих конструктивних відмінностей, але відрізняються від базової моделі спорядженою масою (встановлення фургонів, додаткового обладнання, бронювання тощо) і не є серійними, тимчасова лінійна норма витрати палива визначається за формулою

$$H'_s = H_s + \Delta G_{\text{сп}} \cdot H_g, \quad (4.1)$$

де H'_s – тимчасова лінійна норма, л/100 км (м³/100 км);

H_s – лінійна норма для базового автомобіля, л/100 км (м³/100 км);

$\Delta G_{\text{сп}}$ – різниця споряджених мас, т;

H_g – норма на одну тонну спорядженої маси, л/100 т-км (м³/100 т-км);

– для автомобілів, на які встановлено спеціальне обладнання, лінійні норми витрат палива на пробіг (без виконання спеціальної роботи) встановлюються виходячи з лінійних норм витрат палива, розроблених для базових моделей автомобілів з урахуванням зміни спорядженої маси спецавтомобіля за формулою 4.1.

4.2 Вплив умов експлуатації на енергоспоживання

Облік дорожніх, кліматичних та інших експлуатаційних факторів проводиться за допомогою ряду коефіцієнтів коригування, наведених у формі відсотків підвищення або зниження базового значення норми [6].

Максимальні значення коефіцієнтів коригування норм витрат палива відповідають гранично допустимим нормативам для найскладніших умов експлуатації рухомого складу.

Право встановлення конкретних величин коефіцієнтів у регламентованих межах і термін їх дії надається керівникам підприємств та затверджується наказом (розпорядженням) на підприємстві.

Норми витрат палива підвищуються у таких випадках [6]:

1. Робота в зимових умовах – залежно від фактичної температури повітря:

- від 0 °С до -10 °С – до 5 %;
- від -10 °С до -20 °С – від 5 % до 10 %;
- від -20 °С і нижче – від 10 % до 15 %.

Надбавка вводиться після встановлення протягом не менше ніж трьох днів на восьму годину ранку температури в межах певного діапазону (за повідомленням територіального підрозділу державної служби гідрометеорології або за результатами власних вимірювань, належним чином задокументованих) з першого дня встановлення температури або за рішенням керівництва підприємства може переглядатися кожен день. Також при здійсненні перевезень в інші кліматичні зони, в т. ч. за кордон України, коефіцієнт коригування встановлюється з урахуванням температурних умов початкового і кінцевого (а за необхідності і проміжних) пунктів прямування.

2. Робота в гірській місцевості при висоті над рівнем моря:

- від 500 до 1500 метрів – до 5 %;
- від 1501 до 2000 метрів – до 10 %.

3. Робота на дорогах зі складним планом (наявність в середньому на 1 км шляху більше п'яти заокруглень радіусом менше 40 м, тобто на 100 км шляху не менше 501 повороту) – до 10 %. Цей коефіцієнт не застосовується під час роботи в умовах міста.

4. Робота в умовах міста:

- з населенням до 0,5 млн. осіб – 5 %;
- з населенням від 0,5 до 1,0 млн. осіб – до 10 %;
- з населенням більше 1,0 млн. осіб – до 15 %.

5. Робота, яка потребує частих зупинок (в середньому більше ніж одна зупинка на один кілометр пробігу), у т. ч. технологічних зупинок, що пов'язані з завантаженням й розвантаженням, посадкою й висадкою пасажирів (маршрутні автобуси, обслуговування поштових скриньок, інкасація грошей, обслуговування інвалідів, хворих, клієнтів тощо), а також робота в напружених дорожніх умовах у центральних частинах міст та поїздки на короткі відстані (до п'яти км) з тривалими перервами між поїздками (одна година і більше) - до 10%. Цей коефіцієнт застосовується окремо на частину маршруту з відповідними умовами руху, що має бути відповідним чином задокументовано (розпорядженнями, записами відповідальних осіб у дорожніх листах тощо).

6. Під час виконання робіт, які вимагають знижених швидкостей (до 20 км/год) у задовільних дорожніх умовах (перевезення великогабаритних, вибухонебезпечних, скляних, крихких та інших вантажів, під час виконання сільськогосподарських робіт, робота кінознімальних і аналогічних спеціальних автомобілів, рух у колонах тощо, а також рух у заторах в період годин "пік" у центральних частинах міст) – 10 %. Цей коефіцієнт застосовується окремо на частину маршруту з відповідними умовами руху, що має бути відповідним чином задокументовано (розпорядженнями, записами відповідальних осіб у дорожніх листах тощо).

7. Робота в складних дорожніх умовах (в кар'єрах, їзда по полях, на лісових чи степових ділянках, по пересіченій місцевості тощо) – до 20 %.

8. Робота в дуже складних дорожніх умовах в період сезонного бездоріжжя, снігових чи піщаних заметів, паводках та інших стихійних лихах – до 35 %.

9. При пробігу першої тисячі кілометрів новими автомобілями і тими, що вийшли з капітального ремонту – до 10 %.

10. Для автомобілів, що експлуатуються більше 8 років – до 5 %.

11. Погодинна робота вантажних автомобілів (крім самоскидів) і вантажопасажирських або їх постійна робота як технологічного транспорту чи вантажних таксомоторів – до 10 %.

12. При учбовій їзді – до 15 %.

13. У разі використання систем обігріву чи охолодження повітря в салоні автомобіля:

13.1. У разі використання кондиціонера залежно від фактичної температури повітря:

- до +25 °С – до 5 %;
- вище ніж +25 °С – від 5 % до 10 %.

13.2. У разі використання установки "клімат-контроль" залежно від фактичної температури повітря:

- від 0 °С до +25 °С – до 5 %;
- нижче ніж 0 °С або вище ніж +25 °С – від 5 % до 10 %.

13.3. У разі використання автономних систем обігріву залежно від фактичної температури повітря в холодну пору року:

- від 0 °С до +10 °С – до 5 %;
- нижче ніж 0 °С – від 5 % до 10 %.

14. Для автомобілів-фургонів та при обладнанні бортових автомобілів або автопоїздів тентами – до 5 % при їзді за межами приміської зони.

15. Для оперативних транспортних засобів, які обладнані спеціальною світловою і звуковою сигналізацією та виконують невідкладні службові завдання, що пов'язані з підвищеними швидкостями руху з відступом від окремих правил дорожнього руху:

- в межах міста – до 10 %;
- за межами міста – до 20 %.

Ці коефіцієнти коригування можуть застосовуватися тільки для наведеної категорії автомобілів і тільки на пробіг у разі виконання невідкладних службових завдань із підвищеною швидкістю руху, що має бути відповідним чином задокументовано (розпорядженнями, записами відповідальних осіб у дорожній листях тощо).

Норми витрат палива зменшуються в таких випадках [6]:

1. Робота за межами приміської зони на дорогах із цементобетону, асфальтобетону та ін. – до - 15 %.

2. Робота за межами приміської зони на дорогах із бітумомінеральною сумішшю, дьогтебетону, щебеню (гравію) – до - 5 %.

3. Експлуатація міських автобусів в режимі "на замовлення" або з іншою метою, але не на постійних маршрутах – до - 10 %.

У випадку застосування одночасно кількох коефіцієнтів коригування розраховується сумарний коефіцієнт коригування, який дорівнює сумі цих надбавок [6]:

$$K_s = K_1 + K_2 + \dots + K_n. \quad (4.2)$$

Крім нормативних витрат палива дозволяється додаткове його споживання в таких обсягах [6]:

- на внутрішньогаражні роз'їзди і технічні потреби (технічні огляди, регулювальні роботи, приробіток деталей двигуна і автомобілів після ремонту тощо) – не більше 1 % від загальної кількості палива, спожитого підприємством;

- не більше ніж 10 л рідкого палива на місяць на один газобалонний (газодизельний) автомобіль для його запуску в холодну пору року (температура навколишнього середовища нижче 0 °С). При експлуатації газобалонних (газодизельних) автомобілів на рідкому паливі зазначена надбавка не застосовується;

- при тривалих простоях автомобілів під завантаженням і розвантаженням в пунктах, де за умовами пожежної безпеки заборонено виключати двигун (нафтобази, спеціальні склади тощо), а також при тривалих простоях автомобілів в зимову і холодну пору року з працюючим двигуном (очікування інвалідів, хворих, клієнтів тощо) або при перевезенні спеціальних вантажів, які потребують постійного обігрівання салону (кузова) автомобіля, дозволяється додаткове споживання палива з розрахунку: одна година простою відповідає витраті палива за лінійною нормою на 5 км пробігу автомобіля.

Розрахунок нормативних витрат палива для різних типів рухомого складу автомобільного транспорту [6]:

- для легкових автомобілів і автобусів нормативні витрати палива розраховуються за формулою

$$Q_n = 0,01 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot K_\Sigma), \quad (4.3)$$

де Q_n – нормативні витрати пального, л (м³);

H_s – базова лінійна норма витрати палива, л/100 км (м³/100 км);

S – пробіг автомобіля, км;

K_Σ – сумарний коефіцієнт коригування, %;

- у випадку використання на легкових автомобілях чи автобусах у зимовий період незалежних обігрівачів витрата палива на роботу обігрівача враховується в загальних нормативних витратах палива таким чином

$$Q_H = 0,01 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot K_\Sigma) + H_{OH} \cdot T_{OH}, \quad (4.4)$$

де H_{OH} – норма витрат палива на роботу незалежного обігрівача, л/год.;

T_{OH} – тривалість роботи обігрівача, год.;

– для бортових вантажних автомобілів і сідельних тягачів у складі автопоїздів, автомобілів-фургонів та вантажопасажирських автомобілів, що виконують роботу, яка обліковується в тонно-кілометрах, нормативні витрати палива розраховуються за формулою

$$Q_H = 0,01 \cdot (H_{san} \cdot S + H_w \cdot W) \cdot (1 + 0,01 \cdot K_\Sigma), \quad (4.5)$$

$$H_{san} = H_s + H_g \cdot G_{пр}, \quad (4.6)$$

$$W = G_{ван} \cdot S_{ван}, \quad (4.7)$$

де H_{san} – лінійна норма витрат палива на пробіг автопоїзда, л/100 км (м куб./100 км);

H_g – норма витрати палива на одну тонну спорядженої маси причепа або напівпричепа, л/100 т-км (м куб./100 т-км);

$G_{пр}$ – споряджена маса причепа або напівпричепа, т;

H_w – норма на транспортну роботу, л/100 т-км (м куб./100т-км);

W – обсяг транспортної роботи, т-км;

$G_{ван}$ – маса вантажу, т;

$S_{ван}$ – пробіг з вантажем, км;

– для автомобілів-самоскидів та самоскидальних автопоїздів нормативні витрати палива визначаються за формулою

$$Q_H = 0,01 \cdot H_{sanc} \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot K_\Sigma) + H_z \cdot Z, \quad (4.8)$$

$$H_{sanc} = H_s + H_w \cdot (G_{пр} + 0,5 \cdot g), \quad (4.9)$$

де H_{sanc} – лінійна норма витрат палива самоскидуючого автопоїзда, л/100 км (м³/100 км);

H_s – базова лінійна норма витрат палива на пробіг автомобіля-самоскида з урахуванням транспортної роботи, л/100 км (м³/100 км);

H_w – норма витрат палива на транспортну роботу і споряджену масу причепа або напівпричепа, л/100 т-км ($\text{м}^3/100 \text{ т-км}$);

$G_{\text{пр}}$ – споряджена маса причепа або напівпричепа, т;

g – вантажопідйомність причепа, т;

H_z – норма витрат палива на їздку з вантажем автомобіля-самоскида, л (м^3);

Z – кількість їздок з вантажем, од.

Спеціалізовані автомобілі – це автомобілі, які за своєю конструкцією та обладнанням призначені для перевезення пасажирів або вантажів певних категорій [6].

Спеціальні і спеціалізовані автомобілі (спецавтомобілі) з установленим на них обладнанням поділяються на дві групи [6]:

– автомобілі, що виконують спеціальні роботи під час стоянки (автокрани, компресори, бурильні установки тощо);

– автомобілі, що виконують спеціальні роботи під час руху (снігоочисники, поливомієчні тощо).

Нормативні витрати палива для спецавтомобілів, що виконують спеціальні роботи під час стоянки, визначають таким чином [6]

$$Q_{\text{н}} = 0,01 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot K_{\Sigma}) + H_{\text{об}} \cdot T_{\text{об}} \cdot (1 + 0,01 \cdot K_{\Sigma\text{с}}), \quad (4.10)$$

де H_s – базова лінійна норма витрати палива на пробіг спеціального автомобіля, л/100 км ($\text{м}^3/100 \text{ км}$);

$H_{\text{об}}$ – норма витрат палива на роботу спеціального обладнання, л/год або літри на виконану операцію (заповнення цистерни тощо);

$T_{\text{об}}$ – час роботи обладнання, годин або кількість виконаних операцій;

K_{Σ} – сумарний коефіцієнт коригування до лінійної норми, %;

$K_{\Sigma\text{с}}$ – сумарний коефіцієнт коригування до норми на роботу спеціального обладнання, %.

У випадках, коли спеціальний автомобіль виконує транспортну роботу, яка обліковується в тонно-кілометрах, нормативні витрати палива розраховуються за формулою [6]

$$Q_{\text{н}} = 0,01 \cdot (H_s \cdot S + H_w \cdot W) \cdot (1 + 0,01 \cdot K_{\Sigma}) + H_{\text{об}} \cdot T_{\text{об}} \cdot (1 + 0,01 \cdot K_{\Sigma\text{с}}). \quad (4.11)$$

Нормативні витрати палива для спеціальних автомобілів, які виконують роботу під час руху, визначаються таким чином [6]

$$Q_n = 0,01 \cdot (H_s \cdot S + H_{sc} \cdot S_c) \cdot (1 + 0,01 \cdot K_\Sigma) + H_n \cdot N, \quad (4.12)$$

де H_s – базова лінійна норма витрати палива на пробіг спецавтомобіля (без виконання спеціальної роботи), л/100 км;

S – пробіг спецавтомобіля без виконання спеціальної роботи, км;

H_{sc} – норма витрати палива на пробіг при виконанні спеціальної роботи, л/100 км ($m^3/100$ км);

S_c – пробіг автомобіля при виконанні спеціальної роботи, км;

H_n – норма витрати палива на розкидання одного кузова піску або суміші, л;

N – кількість кузовів розкиданого піску або суміші за зміну.

4.3 Підвищення паливної економічності та екологічності автомобілів в процесі експлуатації

Автомобільний транспорт відіграє значну роль в економіці України та в житті її громадян – індивідуальних власників транспортних засобів. Підвищення економічності та екологічності автотранспорту на сьогодні є одним з пріоритетних державних завдань [2, 7].

Виконання вимог щодо підвищення показників паливної економічності та екологічності автомобільних транспортних засобів можна досягнути за рахунок [8]:

- впливу на робочий процес двигунів;
- застосування систем утилізації теплоти та нейтралізації токсичних компонентів відпрацьованих газів;
- застосування альтернативних джерел енергії силових установок тощо.

Сучасний стан техніки та прогнози розвитку автотранспортної енергетики на найближче майбутнє дозволяють стверджувати про те,

що незважаючи на стрімкий розвиток силових установок з альтернативними джерелами енергії теплові двигуни, зокрема поршневі двигуни внутрішнього згорання, ще тривалий час будуть активно використовуватись на автомобільному транспорті [8, 9].

Можливості вирішення проблем ресурсозбереження та екологічної безпеки при експлуатації двигунів внутрішнього згорання залежать від обліку всього комплексу витрат як покращення паливної економічності, так і відшкодування збитків, що викликані токсичністю двигунів [10-12].

Проблема зменшення витрат палива, зниження токсичності відпрацьованих газів на автомобільному транспорті вирішується шляхом покращення експлуатаційних факторів. В сфері експлуатації відносно зменшення витрат палива може досягати 55 % при суттєво менших відносних питомих затратах (близько 20 %) [13].

В процесі експлуатації автомобілів паливо витрачається на виробництво енергії, що використовується для виконання транспортних робіт: перевезення вантажів, пасажирів. Втрати палива в експлуатації достатньо відчутні [13]:

- прямі технологічні, що пов'язані з випаровуванням та підтіканням палива з системи живлення;
- із заправкою автомобіля;
- технічним обслуговуванням та ремонтом автомобіля;
- втрати, обумовлені неповнотою згорання палива в циліндрах двигуна, викидом незгорілої частини палива з відпрацьованими газами.

Втрати палива автомобілем середньої вантажності з карбюраторним двигуном через хімічну неповноту згорання складають 250-500 кг в рік [14].

Прямі втрати тільки при заправці автомобіля досягають 0,9-1,2 л обсягу бензобаку (для автомобілів середньої вантажності з карбюраторним двигуном). Сумарні втрати палива складають 5-7 % від загальної кількості палива, що витрачається автомобілем за рік [13].

Під економією палива на автомобільному транспорті розуміється зниження його витрат на виконання транспортних робіт. Ефективність транспортного процесу у відношенні паливовикористання може оцінюватись енергомісткістю перевезень,

що представляє собою середні витрати енергії на виконання одиниці транспортної роботи [13].

На практиці роботи автомобільного транспорту для оцінки паливовикористання використовуються два показника:

- лінійні витрати палива на пробіг автомобіля (л/100 км);
- питомі витрати палива на транспортну роботу (г/т-км, г/пас-км) (табл. 4.1) [13].

Таблиця 4.1 – Середня питома витрата палива на одиницю транспортної роботи за різними видами перевезень

Види перевезень	г/т-км (г/пас-км)
Автомобілі на транспорті загального користування:	
– з бензиновими двигунами	85
– з дизельними двигунами	44
Пасажирські перевезення:	
– автобуси з бензиновими двигунами	14,7
– автобуси з дизельними двигунами	10,8
Таксомоторні перевезення	135

В більшості випадків на витрати палива впливають дорожні умови, організація руху, професійна майстерність водіїв, технічний стан рухомого складу, культура експлуатації автомобілів.

Ефективність паливовикористання залежить від відповідності основних характеристик, транспортних засобів що використовуються структурі й обсягам перевезень вантажів і пасажирів, ефективності використання транспортних засобів за пробігом, вантажності, підвищення продуктивності рухомого складу за рахунок впровадження прогресивної технології перевезень і т. ін. [13].

Збільшення вантажності автомобіля призводить до підвищення витрати палива на 100 км пробігу, але в зв'язку зі зростанням продуктивності при цьому значно зменшується витрата на одиницю транспортної роботи. Основним напрямком підвищення ефективності використання автомобіля і, як слідство, зменшення витрат палива на виконання транспортної роботи є укрупнення перевезень з використанням транспортних засобів з більшою вантажністю.

Сучасний парк вантажних автомобілів представлений, в основному, автомобілями середньої вантажності, серед яких переважають автомобілі сімейств ГАЗ і ЗіЛ.

Нераціональна структура вантажного автомобільного парку призводить до їхнього неефективного використання, що веде за собою зниження показників паливовикористання. Нестача автомобілів вантажністю до 2 т викликає необхідність здійснювати дрібнопартійних перевезень автомобілями середньої вантажності. На пасажирських перевезеннях значного зниження витрат палива можна досягти також шляхом їх укріплення, наприклад застосуванням на міських та приміських перевезеннях спарених автобусів великої місткості.

Важливим напрямком вдосконалення структури автомобільного парку, що забезпечує зменшення витрат палива, забруднення навколишнього середовища, є дизелизація парку. На автотранспорті витрати палива на одиницю вантажообороту для дизелів більше ніж у 2 рази нижче, чим з бензиновими [13].

З метою економії рідкого палива нафтового походження, а також зменшення забруднень навколишнього середовища можна перевести частини рухомого складу автомобільного транспорту на газове пальне (зріджений та стислий природній газ).

Важливим резервом зменшення витрат палива є взаємопов'язаність структури парку й структури вантажів, що перевозяться. Створення й використання спеціалізованого рухомого складу є найважливішою умовою забезпечення високої якості перевезень, підвищення їхньої ефективності, тому питанням спеціалізації автомобільного парку приділяється велика увага. В загальній структурі автопарку питома вага спеціалізованих автомобілів складає: в Німеччині – 98 %, в США – 85 %, в Англії – 76 %, в СНД – 55 % (при необхідному рівні спеціалізації 65-70 %), тобто подальше розширення типажу й виробництва спеціалізованого рухомого складу з урахуванням галузі народного господарства є важливим завданням, що стоїть перед автомобільною промисловістю. Впровадження оптимальної структури парку вантажних автомобілів може забезпечити зниження питомої витрати палива на одиницю вантажообороту на 16-20 % [13].

Ефективність використання транспортних засобів на автомобільному транспорті оцінюється за рівнем використання автомобілів:

- за часом;
- за пробігом;
- за вантажністю;

– за швидкістю,
що безпосередньо впливає на витрати палива.

Оцінка використання рухомого складу за пробігом здійснюється за коефіцієнтами використання пробігу та нульових пробігів й залежить від взаємного розташування навантажувально-розвантажувальних пунктів, наявності вантажів в них, розміщення пункту стоянки рухомого складу відносно пунктів навантаження-розвантаження і т. ін.

Використання транспортних засобів за вантажністю виконується за двома показниками – коефіцієнтами статичного та динамічного використання вантажності.

Організація перевезень вантажів (пасажирів) оказує суттєвий вплив на витрати палива. Розробка та запровадження прогресивних технологічних рішень в системі автомобільних перевезень може забезпечувати відносне зниження витрат палива на 20-25 %. Оптимальна організація перевізного процесу, що забезпечує мінімальну тривалість його в часі й просторі та дозволяє найбільш повно використовувати потенційні енергетичні параметри рухомого складу є найважливішим напрямком роботи зі зниження витрат палива на автомобільному транспорті [13].

Рух по автомобільним дорогам характеризується швидкістю, інтенсивністю, складом транспортного потоку, його щільністю та нерівномірністю. Ці характеристики дорожнього руху суттєво впливають на витрати палива та рівень забруднення зовнішнього середовища автомобільним транспортом.

Наприклад, при русі автомобіля ЗіЛ з бензиновим двигуном зі швидкістю 25-30 км/год витрати палива на одиницю шляху в 2-3 рази вище, ніж при оптимальній швидкості руху. Витрати палива на перевезення одного пасажера легковим автомобілем зі швидкістю 30-35 км/год в 1,9-2,7 рази вище, ніж при оптимальній швидкості. При збільшенні швидкості руху вантажного автомобіля середньої вантажності з карбюраторним двигуном з 20 до 60 км/год зменшується викид CO з 83 до 27 г/км та CH з 10 до 5,8 г/км. Велика звивистість траси маршруту призводить до збільшення витрати палива на 10-20 %. Встановлено, що при повздовжньому ухилі більш 40 %, витрати палива зростають в 2,5 рази для вантажних автомобілів і в 3 рази для легкових. Витрати палива при русі вантажного автомобіля на дорозі з покриттям з щебеню в 1,65 рази, з гравійним –

в 1,85, а по ґрунтовій дорозі – в 2,82 рази більше, ніж при русі на асфальто- та цементобетонних дорогах [13].

Також на витрати палива впливає щільність дорожньої мережі. Висока щільність доріг сприяє вибору найбільш раціонального маршруту руху й зменшенню витрат палива відповідно.

Покращення дорожніх умов може забезпечити підвищення технічної швидкості вантажних автомобілів транспорту загального користування в середньому на 10-15 %, що дозволить вивільнити більшу кількість автомобілів і, як слідство, забезпечити значну економію палива та грошових засобів. В табл. 4.2 наведені дані про витрати палива та викиди відпрацьованих газів на найбільш характерних експлуатаційних режимах роботи автомобілів [13].

Таблиця 4.2 – Витрати палива й викид відпрацьованих газів на різних режимах роботи

Режими роботи	Тривалість в загальному балансі часу, %			Відносні витрати палива, %	Відносний викид відпрацьованих газів, %
	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Автобуси		
Холостий хід	22	17	29	10-14	12
Прискорення	37	42	38	45-51	47
Постійна швидкість	12	16	9	20-23	20
Уповільнення	29	25	24	8-12	21

В процесі експлуатації через зношування вузлів і деталей, порушення параметрів регулювання проходить зміна технічного стану автомобіля, що призводить не тільки до погіршення показників потужності та економічності, але й до підвищення його негативного впливу на зовнішнє середовище. В табл. 4.3 наведені експлуатаційні відмови по основним агрегатам і системам автомобіля, що впливають на витрати палива й викид токсичних речовин з відпрацьованими газами [13].

Основною системою, що найбільше впливає на зміну економічних та токсичних показників роботи двигуна є система живлення. Вплив несправностей системи живлення на збільшення витрат палива й викидів шкідливих речовин наведено в табл. 4.4 [13].

Таблиця 4.3 – Експлуатаційні відмови по основним агрегатам і системам автомобіля, що впливають на витрати палива й викид токсичних речовин з відпрацьованими газами

Система автомобіля	Відсоток відмов
Система живлення	30
Двигун	28
Система запалювання	26
Трансмісія	16

Таблиця 4.4 – Вплив несправностей автомобіля на витрати палива й кількість викидів токсичних речовин у відпрацьованих газах

Вид несправності	Збільшення витрати палива, %	Збільшення вмісту CO, г/км	Збільшення вмісту CO, г/км
Збільшення пропускної здатності головних паливних жиклерів на 10%	6,7 – 7,0	45,0	9,0
Зменшення пропускної здатності повітряних жиклерів головної дозуючої системи на 10%	1,2 – 2,0	11,0 – 15,0	6,0
Підвищення рівня палива в поплавковій камері на 4 мм	2,0 – 4,0	36,4 – 40,0	2,0
Нещільність посадки клапану економайзера	20,0	100,0 – 500,0	20,0
Передчасне включення клапана економайзера	15,0 – 17,0	200,0	25,0
Забруднення повітряного фільтра на 10%	9,0 – 10,0	150,0-200,0	130,0 – 190,0
Неправильне регулювання системи холостого ходу	30,0 – 35,0	До 500,0	100,0 – 150,0
Відхилення зазору контактів переривника-розподільювача на 0,2 мм від номінального	7,0 – 8,0	-	200,0 – 300,0
Відхилення зазору в свічках на 0,2 мм від номінального	3,0 – 5,0	-	300,0
Відмовлення однієї з свічок запалювання	20,0 – 30,0	-	500,0 – 2000,0
Відхилення купа випередження запалювання на 1% від номінального	0,3 – 0,1	-	10,0

Експлуатація автомобілів з відхиленням параметрів технічного стану від нормативних може привести до збільшення витрати палива на 20-30 %, а токсичність відпрацьованих газів – в декілька разів. Тому підтримка автомобіля в справному стані в процесі його використання є одним з головних факторів підвищення його економічності та екологічності. Цього можна досягти удосконаленням технологічного процесу технічного обслуговування

й ремонту, використанням сучасних методів і засобів діагностування автомобілів [13].

В державах колишнього СРСР прийнята планово-попереджувальна система технічного обслуговування й ремонту автомобілів, яка визначає види обслуговування й ремонту транспортних засобів, періодичність їхнього проведення, обсяг й трудомісткість виконання. Основним методом виконання контрольних робіт є діагностування, яке має за мету визначення технічного стану автомобілів, їхніх агрегатів, вузлів без розборки та технологічним елементом технічного обслуговування та ремонту [13].

На практиці застосовують три основні методи діагностування автомобілів:

– діагностування за параметрами робочих процесів (потужність двигуна, витрата палива, гальмівний шлях та ін.) Ці параметри вимірюють при русі автомобіля (в динаміці). При цьому необхідно, щоб умови (режими) роботи механізмів відповідали або були близькими до характерних умов експлуатації автомобіля;

– діагностування за параметрами супутніх процесів, які побічно характеризують технічний стан механізмів автомобіля. До непрямих параметрів можна віднести нагрів деталей, шуми, вібрації і т. ін. Ці параметри також вимірюють в динаміці, при роботі механізмів;

– діагностування за структурними параметрами (знос деталей, зазори в з'єднаннях ін.). Структурні параметри вимірюють, коли механізм не працює.

Основним завданням нормування є встановлення технічно та економічно обґрунтованих прогресивних норм витрат палива. Необхідність перегляду норм в бік їхнього зменшення є безперервним технічним процесом на транспорті, який обумовлено виробництвом транспортних засобів, що мають більш високу паливну економічність, покращенням умов експлуатації, підвищенням кваліфікації обслуговуючого персоналу і т. ін. Норми витрат палива на автомобільному транспорті включають витрати палива тільки на здійснення транспортного процесу.

Введення диференційної системи корегування нормативів, яка заснована на обліку умов експлуатації, характеру прилаштування конструкцій різних типів, марок автомобілів до цих умов, дозволяє зменшувати витрати палива. Одним з резервів зниження витрат палива може бути маршрутне нормування витрат [13].

Значна економія палива на автомобільному транспорті може бути отримана за рахунок скорочення його втрат при транспортуванні, зберіганні, роздачі, удосконалення обліку й контролю за витратами [13].

Втрати палива при зберіганні, транспортуванні й роздачі мають місце внаслідок розливання й підтікань через нещільність з'єднань, вивітрювання й випаровування через дихальний клапан й при наповненні резервуарів.

Втрати палива при заправці автомобілів внаслідок розливання, переливання можуть бути знижені за рахунок використання пристроїв автоматичного закінчення подання палива при заповненні бака до необхідного рівня.

Якісні втрати палива можуть мати місце внаслідок забруднення його механічними домішками, обводнення, змішування різних сортів і марок. Це призводить до погіршення роботи двигуна, системи живлення й запалювання, зниження паливної економічності. Для ліквідації таких наслідків сприятиме підвищення культури паливного господарства, а саме [13]:

- утримання чистими резервуарів для зберігання палива, періодична чистка резервуарів;
- нанесення антикорозійних покриттів на поверхні, що контактують з паливом;
- заправка паливних баків тільки попередньо відстояним або профільтрованим паливом;
- періодичне промивання паливних баків, слив відстою з них та ін.

Важливим резервом економії палива на автомобільному транспорті є удосконалення обліку й контролю за витрачанням палива. Система контролю первинної інформації про витрати палива дозволяє на основі порівняння нормативного й фактичного витрачання палива оцінити паливну економічність кожного автомобіля за кожну зміну й оперативно виявляти автомобілі, що мають перевитрату.

На ефективність паливовикористання суттєвий вплив має професійна майстерність водія, його кваліфікація. Наприклад, визначено, що витрати палива на одиницю транспортної роботи у водія першого класу на 10-14 %, а у водія другого класу – на 6-8 % менші, ніж у водія третього класу. Значний вплив на витрати палива

має кваліфікація водія, якість та стиль керування автомобілем, використання раціональних прийомів керування в конкретних дорожніх умовах і ситуаціях [13].

Впливає на витрати палива й вибір оптимального режиму роботи двигуна при запуску, на початку руху, на тривалих зупинках. Робота непрогрітого двигуна супроводжується збільшеною витратою палива. Зниження температури охолоджуючої рідини на кожні 10 °С призводить до погіршення паливної економічності на 2,5 % [13].

В значній мірі економії палива сприяє удосконалення організації праці водіїв й системи матеріального й матеріального стимулювання.

Стандартами всіх країн регламентуються викиди токсичних компонентів на визначених, найбільш характерних режимах роботи двигунів (стандарти першого роду) або сукупності режимів, що імітують дійсні умови експлуатації (стандарти другого роду).

Для проведення пробувань автомобіля на токсичність його встановлюють на стенд із біговими барабанами, на якому імітуються характерні умови руху в крупних містах [14].

В даний час для випробувань легкових автомобілів використовуються декілька їздових циклів, основними з яких є:

- американський FED (каліфорнійський FTR 75);
- японський;
- європейський.

З метою визначення оптимальних параметрів й регулювань двигуна за ресурсозберігаючими та екологічними показниками й розробки рекомендацій стосовно ефективного використання автомобіля в умовах експлуатації, необхідно проведення випробувань на стенді з біговими барабанами на базі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

4.4 Ефективність заходів щодо енергоспоживання на транспорті

Найважливішим завданням сучасного життя є вирішення проблеми раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Ця загальна проблема тісно пов'язана з необхідністю

впроваджувати заходи із енергозбереження та регулювання енергоспоживання [15].

Широке використання енергії та присутність вартості енергії у вартості товарів і послуг робить енергетичну проблему актуальною для всіх без виключення галузей господарства, в тому числі й автомобільного транспорту. При умовах зростання частки вартості енергії у собівартості товарів і послуг ця проблема набуває ще більшої гостроти, враховуючи необхідність створення на ринку товарів і послуг конкурентоспроможної продукції.

Проблема енергозбереження та регулювання енерговитратами не є суто технічною або економічною. Вона має також і своє політичне, соціальне та загально-екологічне значення. Зменшення енерговитрат призводить до зменшення собівартості продукції, а отже впливає на соціальний добробут. Розуміння важливості енергозбереження неодмінно формує свідомість того, що необхідно приділяти особливу увагу збереженню екології оточуючого середовища та умовам проживання. Загальновизнаним є факт, що енергозберігаючі заходи є найбільш ефективним шляхом до зменшення техногенного тиску на довкілля [15].

В умовах економічної самостійності підприємств основним критерієм оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів є прибуток, що залишається в розпорядженні підприємства. Під економічною ефективністю заходів щодо енергозбереження мається на увазі збільшення прибутку, що обумовлено впровадженням заходів по енергозбереженню, що залишилося в безпосередньому розпорядженні підприємства. Заходи щодо енергозбереження класифікуються на групи підходів, спрямованих на пряму, непряму, балансову й структурну економію паливно-енергетичних ресурсів [5].

До технологічного енергозбереження відносяться, заходи, спрямовані на пряму економію енергоресурсів і ліквідацію втрат енергії при її виробництві й передачі, що може бути отримана шляхом [16]:

- застосування досконаліших процесів виробництва енергії й палива;
- заміни енергомістких процесів менш енергомісткими й застосування маловідходних й енергозберігаючих технологій;
- заміни застарілого неекономічного енерговиробляючого й енерговикористовуючого устаткування новим, більш економічним;

– удосконалення структури енергоспоживання підприємств за рахунок використання ефективних енергоносіїв, підвищення якості використання енергоносіїв і раціоналізації енергетичних потоків, оптимізації теплових схем підприємств і окремих технологічних процесів;

– підвищення енергетичного коефіцієнту корисної дії технологічних агрегатів за рахунок поліпшення організації технологічних процесів і режимів роботи агрегатів, скорочення їхніх простоїв, скорочення невиробничих втрат енергоресурсів, удосконалення процесу спалювання палива й т. ін.

Вплив на прибуток підприємства витрат і результатів, пов'язаних з реалізацією заходів для технологічного енергозбереження, визначається співвідношенням факторів, що мають позитивний і негативний вплив на показники економічної діяльності підприємства.

До основних факторів позитивного впливу на прибуток підприємства можуть бути віднесені [16]:

– можливе збільшення продуктивності технологічних установок й устаткування у випадку впровадження заходів щодо технологічного енергозбереження, зниження питомих енерговитрат, поліпшення якості продукції й інше, що в остаточному підсумку позитивно впливає на дохід від реалізації продукції (послуги);

– економія енергоресурсів (а також можлива економія інших матеріальних ресурсів), що призводить до зниження матеріальних витрат і собівартості виробленої продукції (послуги);

– скорочення платежів підприємства за забруднення навколишнього природного середовища у зв'язку зі зменшенням кількості витрачених паливно-мастильних матеріалів.

В свою чергу, до факторів негативного впливу на прибуток можуть бути віднесені [16]:

– можливе зростання загального обсягу основних фондів підприємства;

– можливе зростання матеріальних витрат (незважаючи на економію енергоресурсів), експлуатаційних витрат за утримання енергозберігаючого обладнання та установок, чисельності обслуговуючого персоналу та інші фактори.

Обчислення економічної ефективності заходів щодо енергозбереження з урахуванням всіх факторів, які впливають на

прибуток, покладаються на планово-економічні відділи підприємств за поданням відповідних даних, що стосуються проведених заходів, технологічними службами й службою головного енергетика.

Якщо розглядається кілька заходів з енергозбереження, то першочерговому впровадженню підлягає той з них, який забезпечує максимальне збільшення маси прибутку, що залишається в безпосередньому розпорядженні підприємства, за умови виконання вимог, стандартів якості навколишнього середовища.

Для порівняння поточних економічних показників діяльності підприємств до й після реалізації заходів щодо енергозбереження використовується метод виділення із загальної величини прибутку, що залишається в розпорядженні підприємств, тієї її частини, зміна якої безпосередньо обумовлена впровадженням енергозберігаючих заходів [5, 15, 16]:

$$\Delta\Pi = \Pi_t - \Pi_t^{\circ} \rightarrow \max, \quad (4.13)$$

де Π_t, Π_t° – показники прибутку підприємства в t -ому році з реалізацією й без реалізації енергозберігаючого заходу, що розглядається.

У загальному випадку збільшення прибутку, що залишається в розпорядженні підприємства, в році t за рахунок реалізації заходів з енергозбереження визначається за формулою [16]

$$\Delta\Pi = C_t^T \cdot \Delta B_t^T + C_t^U \cdot \Delta Q_t^U + C_t^E \cdot \Delta W_t^E + \Delta\Pi_t^3 - (U_t^{Me} + e \cdot K_t^{Me}) + \Delta I_t, \quad (4.14)$$

де C_t^T – вартість умовного палива, що зберігається за діючими тарифами в році t ;

ΔB_t^T – зменшення поставок умовного палива на підприємство в році t в результаті реалізації заходу з енергозбереження;

C_t^U – тариф на покупну теплоенергію в році t ;

ΔQ_t^U – скорочення споживання електроенергії з боку в році t за рахунок заходів з енергозбереження;

C_t^E – тариф на електроенергію, яку отримують від енергосистеми в році t ;

ΔW_t^E – скорочення споживання електроенергії від енергосистеми в році t в результаті реалізації заходів з енергозбереження;

$\Delta\Pi_t^3$ – скорочення платежів підприємства за забруднення навколишнього середовища в році t , обумовлене впровадженням заходів з енергозбереження;

U_t^{Me} , K_t^{Me} – поточні витрати в році t і капітальні вкладення, пов'язані з експлуатацією, придбанням й встановленням енергозберігаючого обладнання;

e – внутрішня норма ефективності;

ΔI_t – зменшення експлуатаційних витрат на підприємстві в році t , обумовлених реалізацією заходів з енергозбереження, крім витрат на обслуговування енергозберігаючого обладнання.

Зміна величини плати підприємства за викиди шкідливих речовин в атмосферу в році t в результаті реалізації заходів з енергозбереження [16]:

$$\Delta\Pi_t^{AC} = \sum[(H_i^n \cdot \Delta M_{ii}^n) + (K_n^a \cdot H_i^n \cdot \Delta M_{ii}^{cn})] \cdot K_t^a, \quad (4.15)$$

де H_i^n – норматив плати за викиди в атмосферу 1 т i -ої шкідливої речовини в межах встановленого ліміту;

ΔM_{ii}^n – скорочення маси викиду i -ої шкідливої речовини в році t в межах ліміту за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу;

K_n^a – коефіцієнт кратності платежу за понадлімітний викид в атмосферу i -ої шкідливої речовини (встановлюється у межах від 1 до 5);

ΔM_{ii}^{cn} – скорочення в році t понадлімітного викиду в атмосферу i -ої шкідливої речовини за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу;

K_t^a – коефіцієнт, що враховує територіальні, екологічні та соціально-економічні особливості.

Прибуток автотранспортного підприємства, в більшості випадків, визначається за наступною залежністю [5]:

$$\Pi = D - \left(\sum_{i=1}^n Z_{(i)ATP} + \sum_{j=1}^m Z_{(j)TO} \right) \rightarrow \max, \quad (4.16)$$

де D – загальний дохід автотранспортного підприємства в t -ому році від надання транспортних послуг, грн.;

i, j – лічильники кількості статей калькуляції витрат за основним оборотним та необоротним фондами відповідно, од;

$Z_{(i)ATP}$ – витрати підприємства безпосередньо на утримання споруд, будівель, в тому числі витрати на енергоносії, які споживаються автотранспортним підприємством, грн.;

$Z_{(i)ТО}$ – витрати підприємства безпосередньо на виконання технологічних операцій транспортними засобами, в тому числі витрати на паливно-мастильні матеріали, грн.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Визначено, що впровадження на діючих підприємствах (об'єднаннях) заходів щодо енергозбереження у ряді випадків потребує значних капіталовкладень та експлуатаційних витрат, які є елементами суспільно необхідних витрат і в цілому сприяють зростанню ефективності суспільного виробництва.

2. В ході аналізу відзначено два основні шляхи енергозбереження на автомобільному транспорті: проведення організаційно-технологічних заходів (маршрутизація, розробка графіків спільної роботи, підвищення рівня кваліфікації водіїв і т. ін.) та нормування витрат паливно-мастильних матеріалів.

3. Запропоновано зниження енергоспоживання на автомобільному транспорті за рахунок здійснення заходів з оптимізації дорожнього руху, удосконалення структури автотранспорту через технічне регулювання й введення стимулюючих механізмів економічного характеру, використання альтернативних видів палива, застосування енергозберігаючих технологій обслуговування й ремонту транспортних засобів, а також впровадження організаційно-технологічних заходів, які дозволять зменшити енергомісткість надання транспортної послуги і як наслідок максимізувати загальний прибуток автотранспортного підприємства.

4. Як критерій оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів запропоновано використовувати величину прибутку, що отримує АТП за рахунок застосування заходів з енергозбереження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про затвердження Галузевої програми енергозбереження та впровадження альтернативних видів палива а транспорті на 2006-2010 роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uazakon.com/big/text1606/pg1.htm>
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року : розпорядження КМУ № 145 від 15 березня 2006 р. – Київ, 2010. – 129 с.
3. Мониторинг энергоэффективности и обязательства Украины перед Энергетическим сообществом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.journal.esco.co.ua/2012_9/art188.pdf.
4. Галузева Програма енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://industry.kmu.gov.ua/control/uk/archive/docview?typeId=70489>.
5. Любий Є.В., Пономарьова Н.В. Основи теорії транспортних процесів і систем: шляхи зниження енергоємності транспортного процесу // Вісник СХУ ім. В. Даля: наук. журнал. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2013. № 5(194) Ч.1. – С. 34 – 36.
6. Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.infocar.com.ua/law_ukr/law_57.html.
7. Про енергозбереження : Закон України від 1 липня 1994 року № 75/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 30. – С. 284
8. Шатров М.Г. Автомобильные двигатели : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [М.Г. Шатров, К.А. Морозов, И.В. Алексеев и др.]; под ред. М.Г. Шатрова. – М. : Издательский центр “Академия”, 2010. – 464 с.
9. Подолян О.Ю. Шляхи підвищення показників паливної економічності та екологічності дизельних двигунів // Збірник наукових праць №58. Серія : Військові та технічні науки / Державна прикордонна служба України, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2012. – С. 143 – 147.
10. Шеховцов А.Ф. Исследование нестационарных тепловых режимов поршней перспективных тракторных дизелей. Автореф. дис.... д-ра техн. наук. Харьков, 1978. – 24 с.

11. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно – энергетического критерия : Монография. – Харьков: Издательский центр НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с.

12. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Т. 5. Екологізація ДВЗ / за ред. проф. А.П. Марченка та засл. діяча науки України, проф. А.Ф. Шеховцова. – Харків : Прапор, 2004. – 360 с.

13. Підвищення паливної економічності та екологічності автомобілів в процесі експлуатації // Енергозбереження, енергетика, енергоаудит. – 2008. – №2 – С. 29 – 38.

14. Транспорт и окружающая среда: Учебник / М.М. Болбас, Е.Л. Савич, Г.М. Кухаренок, Р.Я. Пармон и др. – Мн.: Технопринт, 2003. – 262 с.

15. Самохвалов В.С. Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження. – К. Центр учбової літератури, 2008. – 224 с.

16. ДСТУ 2155-93. Держстандарт України. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. - 1994. – 20 с.

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ МЕТОДОМ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ЛИСТЯ ДЕРЕВ

В умовах промислових міст зелені насадження набувають провідної ролі в оптимізації середовища. Деревні рослини виконують різноманітні функції: санітарно-гігієнічні, структурно-планувальні, естетичні, рекреаційні.

Велика роль належить рослинам вулиць міста, які, як правило, зростають біля автодорожнього полотна. Ці рослини не тільки створюють затінок на пішохідній смузі, знижують температуру повітря під кронами влітку, але й виконують роль фільтра, поглинаючи токсичні газоподібні викиди автотранспорту та осаджуючи пил. Але у свою чергу забруднювачі довкілля несприятливо впливають на рослини цих територій через високу чутливість до газоподібних токсикантів.

Однією з реакцій на забруднення атмосферного повітря, які проявляються на рівні організму є флуктуюча асиметрія, а саме асиметрія листя. Рослини, чутливі до забруднення атмосфери, зокрема автотранспортного походження, можуть бути використані в якості біоіндикаторів стану навколишнього середовища.

Мета даної роботи – оцінка ступеню забруднення придорожнього простору за допомогою показника флуктуючої асиметрії листя берези повислої (*Betula pendula*) та липи дрібнолистої (*Tilia cordata*).

До основних задач, що вирішуються в роботі, відносяться:

- аналіз впливу забруднюючих речовин двигунів внутрішнього згоряння автотранспорту на стан рослин міського середовища;
- характеристика флуктуючої асиметрії;
- оцінка ступеню забруднення придорожнього простору за показником флуктуючої асиметрії листя берези повислої та липи дрібнолистої.

5.1 Загальна характеристика впливу антропогенних факторів на зелені насадження

Великий вплив на структуру міста надають природні фактори (рельєф, водні об'єкти, масиви насаджень), в залежності від яких схема міста може бути: компактною (єдиний масив), розчленованою (наявність річки) і розосередженою (з рівновеликими територіями) [1]. Природні фактори, або ландшафтні екотони, визначають розташування багатьох міст в місті контактів річкових долин, суші і моря, рівнин і гір.

У міру розвитку великого міста як великої поліфункціональної геоекосистеми в його структурі виділяються деякі функціональні зони: сельбищна (територія житлових районів, вулиць, площ), промислова (територія промислових об'єктів), комунально-складська (для розміщення баз, складів і депо), зона зовнішнього транспорту (аеропорти, залізничні станції, пристані) і санітарно-захисна зона (території зелених насаджень) [1]. Всі перелічені зони утворюють забудовану територію міста, поза якою розташовується лісопаркова або ландшафтно-рекреаційна територія, пристосована для масового відпочинку, спорту і розваг. Об'єкти, які формують середовище, є головними центрами тяжіння, між ними складаються масові потоки населення, що визначають конфігурацію мережі магістральних вулиць, ширина яких залежить від інтенсивності руху транспорту і пішоходів, санітарно-гігієнічних вимог.

Найважливішими є показники озеленення міст: у відсотках від загальної площі міста, у квадратних метрах на 1 жителя. Сучасні норми озеленення міст складають 40-50 % від загальної площі, площа озелених територій на 1 людину 16 м² для значних міст, 13 – для середніх, 8 – для малих [2].

В ході вивчення основних характеристик міста треба враховувати, що місто – це перш за все специфічне середовище. Міська або урбаністична система (урбосистема) – це нестійка відкрита природно-антропогенна система, що складається з архітектурно-будівельних об'єктів і різко порушених природних екосистем, тісним чином пов'язана з навколишньою територією [3].

Першорядне значення в міських умовах набувають антропогенні фактори. Основними антропогенними факторами впливу на урбанізованих територіях є [2]: зміна рельєфу; певна зміна кліматичних умов; суттєва зміна гідрологічних умов; хімічне і фізичне забруднення атмосфери, ґрунту і ґрунтових вод; надмірні рекреаційні навантаження. Взаємозалежна дія цих факторів поширюється на всі компоненти як природних, так і штучних екосистем в умовах міста.

Основне значення зелених насаджень в місті:

– виконання санітарно-гігієнічної функції, яка полягає в очищенні атмосферного повітря. Під час вегетаційного сезону рослинність збагачує повітря киснем і поглинає вуглекислий газ. З кожного гектара, зайнятого деревами, виділяється в рік до 30 кг корисних для людини ефірних масел. На земельній ділянці в 1 га, засадженому деревами та чагарниками, за одну годину поглинається весь вуглекислий газ, що виділяється за цей час 200 людьми. У зелених масивах кожне дерево поглинає в середньому за рік 30-40 кг пилу і інших твердих частинок, а дерево з багатою листяною кроною до 68 кг. Одне дерево середньої величини за добу відновлює стільки вільного кисню, скільки необхідно для дихання трьох чоловік. Деревина очищує повітря від вихлопних газів. Кожне доросле дерево щорічно поглинає такий обсяг відпрацьованих газів автомобілів, який виділяється за 25 тис. км пробігу [3].

– зелені насадження сприяють зменшенню інтенсивності сонячної радіації. Ступінь зниження її залежить від наявності листя, щільності крони дерев і чагарників, висоти стояння сонця та інших факторів. Крізь листя під полог проникає менше 10 % сонячної радіації, зменшення зімкнення на 10 % збільшує кількість сонячної радіації на 6-10 %.

– всі породи дерев і чагарників мають різний ступінь відбивання, поглинання і пропускання світлової енергії, величина якої змінюється в залежності від форми, розміру, особливостей будови і забарвлення листя, а також від форми і щільності крони. Клен платановидний, дуб звичайний, листя у яких відбиває більше 50 % світлової енергії, є найбільш ефективними в регулюванні теплового режиму. Температура повітря влітку серед насаджень в середині кварталів знижується на 7-10°C, в скверах – на 5-10°C, в однорядних вуличних посадках – на 10°C, в порівнянні з міськими вулицями і площами. Влітку, коли повітря на вулицях і в житлових

кварталах нагрівається вище 25°C, а відносна вологість знижується до 20-24 % створюються кліматичні умови подібні з кліматом пустель – висока спека і сухість повітря. Однак, відносна вологість повітря в жаркі дні в посадках на 7-40 % вище, ніж в міських кварталах, що викликано безперервним випаровуванням води рослинами [4].

– зелені масиви добре знижують шумове забруднення. При правильному розміщенні та підборі відповідних порід листяних дерев їх крона поглинає до 1/3 звукової енергії. Шум на забудованій високими будинками вулиці, позбавленої зелених насаджень, в 5 разів більше, ніж на вулиці з рядами дерев уздовж тротуарів.

– рослини впливають на іонізацію повітря. Найбільш сприятливий вплив на навколишнє середовище роблять легкі негативні іони. Носіями позитивно заряджених важких іонів звичайно є іонізовані молекули диму, водяного пилу, парів, що забруднюють повітря. Отже, чистота повітря в значній мірі визначається співвідношенням кількості легких і важких іонів. Число легких іонів в 1 см³ повітря над лісами становить 2000-3000, в міському парку – 800, в промисловому районі – 200-400, в закритому багатолюдному приміщенні – 25-100 [5].

– рослини утворюють летючі біологічно активні речовини – фітонциди, що вбивають і пригнічують ріст і розвиток мікроорганізмів. Тому в парках повітря містить в 200 разів менше хвороботворних мікроорганізмів ніж на вулицях міста. При цьому в зелених масивах вже на відстані 30 метрів від проїжджої частини вулиці в 2 рази менше мікробів ніж на транспортних магістралях.

Рослини не тільки виконують свою біологічну та екологічну функцію; їх різноманітність і барвистість завжди «радує око» людини. Декоративно-художня функція насаджень є важливою і невід'ємною частиною планування вулиць [6].

Основні екологічні фактори в містах істотно відрізняються від тих, які впливають на рослини в природному середовищі. Найчастіше звертають увагу на особливості повітряного середовища (забруднення, запиленість), що найбільш відчутно сприймається людиною. Але і інші фактори в міських умовах сильно видозмінені.

На сьогодні одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря є викиди автотранспорту. Найбільший обсяг викидів автомобілів спостерігається в мегаполісах, де частка автомобільного забруднення повітря може досягати 85-90 %.

Відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) містять близько 300 найменувань забруднюючих речовин [7].

Особливості автомобілів, як рухомих джерел забруднення навколишнього середовища, проявляються в наступному:

- в розосередженості автотранспортних засобів територією міста, що створює в безпосередній близькості до житлових районів загальний підвищений фон забруднення;

- в розташуванні джерела забруднення в безпосередній близькості від земної поверхні, що призводить до накопичення відпрацьованих газів автомобілів в зоні дихання людей;

- в швидких темпах збільшення кількості транспортних засобів в порівнянні зі зростанням числа стаціонарних джерел автотранспортної системи;

- в більш високій токсичності викидів і складній технічній реалізації засобів захисту на рухомих джерелах порівняно зі стаціонарними джерелами [2].

Перераховані особливості впливають на формування великих зон зі стійким перевищенням санітарно-гігієнічних нормативів забруднення повітря.

За своїм впливом на організм людини викиди автотранспорту поділяються на нетоксичні та токсичні.

До нетоксичних компонентів належать пари води, кисень, азот, водень, діоксид вуглецю та ін. Токсичні компоненти підрозділяються на 6 груп (табл. 5.1).

Хімічний склад викидів автотранспортних засобів залежить від виду палива, типу і технічного стану двигуна, характеру руху транспортного засобу (рух з постійною швидкістю, гальмування, розгін, робота двигуна на холостому ході та ін.). Максимальна концентрація шкідливих забруднюючих речовин спостерігається в години пік при несприятливих метеорологічних умовах, особливо в районах щільної забудови висотних будівель, а визначальна частка (до 56 %) викиду всіх шкідливих речовин належить до вантажних автомобілів [6].

Розглянемо інші фактори, які змінюються в міському середовищі.

Світловий режим характеризується значним зниженням інтенсивності сонячної радіації через запилення і задимленості повітря. У містах з багатоповерховою і щільною забудовою багато рослин опиняються в умовах прямого затінення або відчують

значне скорочення світлового дня. Також змінюється якісний (спектральний) склад світла. До числа особливостей світлового режиму для рослин в місті слід додати і такий своєрідний фактор, як вечірнє та ранкове освітлення вуличними ліхтарями: хоча його інтенсивність може бути і недостатня для впливу на процеси фотосинтезу, але, можливо, позначається на фотоперіодичних явищах [8].

Таблиця 5.1 – Основні токсичні компоненти відпрацьованих газів

Хімічна сполука	Негативний вплив
Оксид вуглецю (CO)	Впливає на кількість продихів на листі та їх роботу, активність ферментних систем, порушення фенологічних фаз розвитку.
Оксид азоту (NO), діоксид азоту (NO_2)	Бере участь в процесах регулювання росту, розвитку рослин, експресії генів, покращує стійкість до абіотичних та біотичних стрес-факторів. Прискорює старіння листя, рослини в цілому.
Альдегіди (формальдегід, акролеїн, оцтовий альдегід)	Зменшення накопичення в рослинах мікроелементів, що затримує їх розвиток.
Сажа та інші дисперсні частки	Погіршує доступ світла, негативно впливає на процес фотосинтезу, може сприяти зневодненню рослин, погіршує процес транспірації та газообміну.
Сірчисті сполуки (сірчистий ангідрид, сірководень)	Викликає некрози, плямистість листя, хвої, знижує активність фотосинтезу, порушує роботу продихів, пошкоджує мембрани клітин, знижує стійкість рослин до хвороб, прискорює старіння листя, рослин в цілому.

Через зменшення прозорості повітря в містах змінюється і якість світла – його спектральний склад. З точки зору людини істотно те, що світло містить менше ультрафіолетових променів. Для рослин ж має значення збіднення світла променями, найбільш цінними для фотосинтезу, – «фотосинтетично активною радіацією». Таким чином, міські рослини отримують світло, яке не тільки ослаблено за інтенсивністю, але і погіршено за якістю [9].

Тепловий режим міських рослин визначається досить складним і специфічним мікрокліматом міста. Для рослин істотні такі його

особливості, як денне нагрівання асфальту і кам'яних стін будинків, а вночі – посилене теплове випромінювання від них. Особливо гарячим буває шар ґрунту під самим асфальтом (температура його поверхні доходить до 50-55°C) і в пристовбурових лунках, вкритих чавунними ґратами – декоративними і тими, які захищають від витоптування. Недарма самі верхні шари міських ґрунтів практично не містять живих коренів. Таким чином, для вуличних рослин створюється незвичайна теплова ситуація: температура підземних органів у них нерідко вище, ніж надземних. У природних же умовах, навпаки, рослини існують при набагато нижчих температурах ґрунту, ніж повітря; саме до такого розподілу температур пристосовані життєві процеси більшості наземних рослин помірних широт (за винятком хіба що рослин пустель). Це робить міста більш теплим місцем життя для рослин в порівнянні з природним зональним фоном, а в окремі періоди вегетаційного сезону нагрівання рослин може досягати небезпечних меж.

Взимку температурний режим ґрунту в містах також досить суворий. У природному рослинному покриві зимове охолодження ґрунту пом'якшується шаром рослинних залишків і сніжною «шубою», тому навіть в холодні зими ґрунт далеко не скрізь промерзає (наприклад, в листяних лісах під пишною підстилкою з опалого листя). На вулицях міст, де сніг прибирають, а шар асфальту має велику теплопровідність (що сприяє втраті тепла), ґрунт охолоджуються до -10 – -13°C, що може привести до небезпечного промерзання коренів. Таким чином, річний перепад температур в міських ґрунтах становить 40-50°C, в той час як в природних умовах (для середніх широт) він не перевищує 20-25°C [5].

Водний режим рослин в містах характеризується обмеженим надходженням води в ґрунт через асфальтове покриття (хоча нерідко в межах міста опадів випадає більше, ніж в передмістях). Велика частина вологи атмосферних опадів втрачається для рослин при потраплянні в каналізаційну систему. Навіть в містах з порівняно вологим кліматом міські рослини, особливо дерева з їх величезною масою випаровування листям, можуть виявитися в умовах ґрунтової посухи. Частково надходження води виконується шляхом регульованих поливів. Разом з тим при дощах або рясному поливі можливо інше небажане явище – застій води і припинення доступу повітря до коріння [9].

У міських умовах змінюються вітрові потоки. Вітер в місті послаблюється, в середньому його швидкість на 25-35 % нижче, ніж в природі. Коефіцієнт зміни швидкості вітру (тобто відношення швидкості вітру в забудові до швидкості його на відкритому місці) істотно змінюється в залежності від типу будівель, їх взаємного розташування і віддаленості один від одного. Поблизу будівель, безпосередньо в «вітровій тіні», він може зменшуватися до 0,1 м/с, в розривах між близько розташованими будівлями може збільшуватися до 1,5 м/с [10]. Також спостерігається посилення турбулентності повітряних потоків. Це призводить до ослаблення вентиляції центральних районів міста і накопиченню шкідливих атмосферних домішок.

Ґрунтові фактори в міських умовах також досить своєрідні. Щорічне прибирання та спалювання листя в гігієнічних цілях означає для рослин відсутність повернення поживних речовин у ґрунт. Спостереження показали, що при щорічному зборі підстилки в парках протягом 20 років приріст деревини зменшується на 40-50 %. Крім того, видалення підстилки в 2-4 рази збільшує глибину промерзання ґрунту. У міських посадках використання насипних ґрунтів, будівельного сміття та ін., погіршує якість ґрунту, крім того, недостатня потужність ґрунтових горизонтів, обмеження площі харчування рослин при посадках в лунки і при асфальтовому покритті унеможливають нормальний розвиток корневих систем. На міських вулицях великі деревні рослини (наприклад, липа) зростають в умовах діжкової культури, оскільки основна маса їх коріння не йде глибше 50-60 см. Нарешті, небайдужими для рослин є такі особливості міських ґрунтів, як погана аерація їх під асфальтом, ослаблення діяльності мікроорганізмів, просочування в ґрунт сольового розчину з дорожніх покриттів.

Внаслідок дії цих факторів тривалість життя дерев у місті менше, ніж в лісі: дерева починають відмирати в 40-50 років, тобто як раз в тому віці, коли вони дають найбільший декоративний ефект та найбільшою мірою можуть впливати на мікроклімат міста [11].

Наявність забруднюючих речовин в повітрі, в тому числі автотранспортного походження, впливає на морфологічні ознаки рослин.

Листя є активним накопичувачем речовин, що забруднюють атмосферу, тому першим проявляє відповідну реакцію. За таких умов, як правило, спостерігається пригнічення їх росту, ступінь якого

залежить від характеру забруднювачів, їх концентрацій та співвідношення, виду рослин, умов їх зростання.

Дослідження, що були проведені на деревах видів *Tilia cordata* та *Platanus acerifolia* показали, що найбільший зростання площі листових пластинок під впливом викидів автомобільного транспорту пригнічується у дерев виду *Tilia cordata*, найменше цей показник змінюється в *Platanus acerifolia*. Так, середня площа листка рослин, що зазнають постійного впливу дії інгредієнтів вихлопів автотранспорту становить 77,01 % від контрольних значень для *Tilia cordata*, для *Platanus acerifolia* – 86,19 %. В умовах придорожньої зеленої смуги зменшується кількість листя на річному пагоні. Їх кількість у дерев *Tilia cordata*, що зростають за умов забруднення вихлопами автотранспорту, зменшується стосовно контролю на 34,39 %, а в більш стійких до аерогенного забруднення виду *Platanus acerifolia* кількість листя стосовно контролю зменшується на 21,48 %.

Також змінюється показник площі асиміляційної поверхні модельних гілок. У дерев *Tilia cordata* за умов росту в придорожньому вуличному насадженні асиміляційна поверхня модельної гілки становить 57,62 % до контролю. У дерев *Platanus acerifolia*, що зростають біля автошляху цей показник становить 74,62 % до контролю. Отже, негативний вплив на розвиток асиміляційної поверхні модельної гілки за дії викидів автотранспорту у дерев *Platanus acerifolia* проявляється дещо менше, ніж у *Tilia cordata* [12].

Покривна тканина, що складається з клітин епідермісу, який вкритий кутикулою, являє собою своєрідний бар'єр для проникнення токсикантів у листя. Однією з реакції рослин на інгредієнтне забруднення є збільшення товщини епідермісу листя. У забруднених умовах адаптовані види характеризувалися збільшенням товщини верхнього епідермісу. Хоча у деяких видів (клен, береза) достовірної різниці за анатомічними показниками не виявлено. При тривалому рості в умовах сильного забруднення анатомічні структури змінювалися у бік зменшення [13].

Також відбуваються зміни в товщині паренхіми листя. Ці зміни також мають неоднозначний характер. На думку одних авторів, найбільш змінюється стовпчаста паренхіма [13], на думку інших – губчаста [14]. Слід зазначити, що товщина мезофілу листків деревних рослин може як зменшуватися, так і збільшуватися за дії забруднювачів, і ці зміни пов'язані з варіабельністю як губчастого,

так і стовпчастого мезофілу [15]. За умов забруднення адаптовані види частіше характеризуються збільшенням товщини палісадної паренхіми.

Більша частина газів проникає в лист через продихи, особливо, якщо поверхня рослини суха, тому від особливостей анатомічної будови листа і ступеня відкриття продихів залежить швидкість поглинання забруднюючих газів.

На листках щільність продихів на одиницю площі епідермісу зростає на ділянці, що межує з автошляхом зі значною інтенсивністю руху автотранспорту. Найбільше ущільнення розташування продихів нижнього епідермісу спостерігається за умов високого рівня забруднення. Можливо, збільшення щільності продихів є пристосувальною реакцією рослин до дії інгредієнтів автотранспортних викидів. В.С. Ніколаєвський [16] вважає, що види з більшою кількістю дрібних продихів на одиницю поверхні здатні краще регулювати ступінь їх відкриття. Отже, збільшення щільності продихів у вищезгаданого виду можна розглядати як адаптивну реакцію на забруднення довкілля викидами автотранспорту.

Слід зазначити, що Н.В. Гетко [17] у деревних рослин також спостерігала різноспрямовану реакцію у формуванні числа продихів як відповідь на забруднення SO_2 , H_2S . У таких видів, як липа серцелиста, кінський каштан звичайний, їх кількість зменшується, у бузку звичайного, навпаки, збільшується. Навіть у одного і того ж виду їх число на одиницю поверхні листка зменшується в зоні помірного забруднення і збільшується в зоні сильного забруднення стосовно контрольних рослин.

Накопичення шкідливих інгредієнтів в деревних рослинах залежить від концентрації забруднювачів і часу дій. У більшості випадків швидкість поглинання газів і накопичення шкідливих інгредієнтів в листі і хвої обернено пропорційна інтенсивності газообміну, тому найбільшою газопоглинаючою здатністю в разі разової дії газів мають нестійкі види. У разі постійної дії підвищених концентрацій атмосферних забруднювачів у нестійких видів відбувається швидке накопичення токсикантів в листі до летальних доз, потім пошкодження і загибель листя [18]. За даними [18], з цієї причини у тополі бальзамічної за вегетацію може відбуватися багаторазова зміна листя, до 5-6 разів.

Наземні органи рослин активно реагують на підвищення концентрації хімічних елементів в ґрунті, накопичуючи їх вище рівня,

необхідного для нормального росту і розвитку рослин. Рослини можуть засвоювати і залучати до метаболізму двоокис сірки, оксиди азоту, аміак, акумулюючи їх листям подібно вуглекислому газу.

Поглиналина здатність зелених насаджень залежить від складу порід, повноти, бонітету, віку, асиміляційної поверхні крон дерев, тривалості вегетації [19]. Деревні рослини мають найбільшу поглинальну здатність, її значення знижуються в ряду – бур'яни, квіткові рослини і газонні трави. Даний показник у деревних порід прийнятий за 1, то у бур'янів він становить – 0,62, у квіткових – 0,5, у газонних трав – 0,4.

Забруднення повітря газоподібними автомобільними поллютантами впливає на пігментну систему деревних і трав'янистих рослин. З ростом техногенного забруднення в рослинах спостерігалось зменшення вмісту загальної кількості зелених пігментів у порівнянні з фоновими умовами. У листі липи на ділянці з максимальним рівнем забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами ($39,6 \text{ мг/м}^3$) вміст хлорофілу *a* і *b* нижче в 2 і 3,7 рази, в хвої ялини – в 1,5 і 1,9 рази, в листі кульбаби – в 1,3 і 1,8 рази, в листі подорожника – в 1,4 і 1,5 рази в порівнянні з контролем відповідно. При цьому в рослинах зниження рівня хлорофілу *b* відбувається в більшій мірі, ніж хлорофілу *a*, про що свідчить співвідношення спектральних форм зелених пігментів. В умовах максимального забруднення в листі липи співвідношення *a/b* збільшилось на 90 %, в листі кульбаби і хвої – в середньому на 30 %. Крім цього, на забруднених ділянках в рослинних тканинах спостерігається зниження величини суми зелених пігментів до суми жовтих на 13-80 %.

Високий рівень забруднення викликає гальмування і руйнування фотосинтезуючих пігментів і тільки при слабкому непошкодуючому впливі спостерігається стимуляція їх новоутворення. Зниження накопичення фотосинтетичних пігментів і їх деструкція, безсумнівно, призводять до зміни активності фотосинтетичного апарату, швидкості накопичення речовин і внаслідок цього – до зниження вмісту водорозчинних антиоксидантів. Зниження антиоксидантного статусу рослин в кінцевому підсумку відбивається на їх зростанні і продуктивності і може привести до ранньої загибелі рослинного організму.

При цьому вміст водорозчинних антиоксидантів знижувався зі збільшенням інтенсивності руху автотранспорту та зростанням рівня

забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами. В умовах мінімального забруднення рівень водорозчинних антиоксидантів є значно вищим за антиоксидантний статус рослин міських фітоценозів. В умовах значного забруднення антиоксидантний статус був нижче фонового в 6-8 разів.

Зі збільшенням ступеня забруднення атмосфери рівень інших пігментів – антоціанів (надають червоне, фіолетове, синє забарвлення) в досліджуваних рослинах збільшується. Активація їх біосинтезу може бути викликана накопиченням метаболітів фотолізу (супероксидний радикал, перекис водню і синглетний кисень) внаслідок дії різних фотосенсибілізаторів, наприклад, рибофлавіну або його дериватів, рівень яких зростає під дією поллютантів [19]. Флавоноїдно-пероксидазна система, локалізована в вакуолях клітин, може надавати суттєву допомогу в захисті клітини від окисного стресу. На відміну від інших активних видів кисню перекис водню стабільний. Незважаючи на відносно слабку токсичність і навіть користь в нейтралізації вірусів і бактерій, в присутності супероксидного радикала (O^{-2}) перекис індукує утворення високореактивного гідроксильного радикала. Таким чином, нейтралізація H_2O_2 антоціановими пігментами дозволяє уникнути сильного окисного стресу, що виникає в результаті дії атмосферних поллютантів. Здатність антоціанів руйнувати супероксидний радикал за типом флавонолів (наявність вільних гідроксильних груп визначає реакційну здатність) дозволяє їм функціонувати як ендogenous антиоксидантам, що зменшує киснево-радикальну токсичність, доповнювати або компенсувати недолік таких ендogenous антиоксидантів, як глутатіон, флавоноли або аскорбат, виступаючи в них як донор електронів для пероксидазної реакції [20]. Крім цього, рівень антоціанових пігментів може використовуватися як індикатор або для визначення рівня O^{-2} і активності супероксиддисмутази (СОД) [20].

Пил – різні за походженням, розмірами і хімічними властивостями частки, які надходять в повітря в результаті природних і технологічних процесів. У випадку автотранспорту пил складається з часток дорожнього покриття, зношених шин та ін. Осадження пилу на листя рослин з одного боку, призводить до очищення повітря, з іншого боку – робить негативний фізичний, а часто і хімічний вплив на рослини.

Значною здатністю до уловлювання аерозолів і пилу мають в'яз, шовковиця, горобина, бузок, бузина. Найкращі пилозахисні функції характерні для в'яза і бузку. Крони ялин на одному гектарі насаджень затримують на рік до 32 т пилу, сосни – до 36 т, дуба – до 56 т, бука – до 63 т, в середньому хвойні породи – 40 т, а листяні – близько 100 т. Протягом вегетаційного періоду дерева зменшують запиленість повітря на 42 %, в безлистяний період – на 37 % [8].

Кількість пилу, що вловлюється, залежить від багатьох факторів:

- висоти і щільності посадки;
- видового складу;
- морфології листя і їх фізіологічного стану;
- метеорологічних умов;
- характеристик пилу.

На шорсткуватих, опушених або листі, що виділяє смолисті речовини, пилу затримується більше, ніж на гладких. Дрібне листя зазвичай краще осаджує частки пилу, ніж велике. У центрі крони осідає до 30 % всіх часток в порівнянні з її периферійною частиною. Максимальний ефект пилоочищення рослинністю досягається за допомогою штучних насаджень шириною 10-30 м.

Листя деревних рослин затримують 20-40 % валової кількості пилу, що потрапляє в повітря, ця величина становить 1,2-3,2 г/м² листової поверхні. Найбільшу пилофільтруючу здатність має береза повисла. Встановлено, що широколисті породи в місті осаджують до 30 % і хвойні до 42 % пилу. Її кількість, що осідає на деревних рослинах, становить 3,93-9,89 г/м². Таким чином, ліс може акумулювати до 330 кг/га в рік, тобто 2,73 г/м² листової поверхні при загальній кількості пилу – 1187 кг/га. Міські насадження шириною 5 м, що примикають безпосередньо до автомагістралей, затримують 40-45 % пилових часток, а при ширині 25 м – до 70 % [3].

Пил і сажа, що осідають на листя, діють як екран, це знижує освітленість і доступ фотосинтетично активної радіації, що підсилює поглинання теплової радіації і нагрів листа. Запиленість повітря порушує роботу продихового апарату рослин. В результаті продуктивність фотосинтезу рослин знижується приблизно на 20-25 %. Вплив забрудненого повітря на рослину відбувається як шляхом прямого впливу газів на асиміляційний апарат, так і шляхом непрямого впливу через ґрунт [2].

Пил може осідати на всій поверхні дерева. Гігроскопічний пил здатний «висмоктувати» з листя воду через епідерміс і таким чином знижувати ступінь гідrataції цитоплазми, необхідну для нормального обміну речовин, що в ряді випадків призводить до всихання листя.

Пилоподібні частки, які осіли на листках і пагонах обпадають при коливанні, здуваються вітром або змиваються опадами. Кількість видалених частинок зменшується з підвищенням шорсткості, гофрування листової пластинки. Осіли на них частки зазвичай утримуються міцно і повністю, не змиваючись найтривалішим дощем. З листя, що мають рівну глянсувату поверхню, вони легко видаляються. Таким чином, ґрунт і рослини є основними накопичувачами забруднюючих речовин [21].

Кількість утримуваних на листках твердих частинок мінлива в часі, особливо в період випадіння опадів. Дощова вода не повністю змиває осіли на листя пилоподібні частки, розчиняє солі і сприяє їх проникненню у внутрішні тканини [22].

В містах спостерігається ксерофітизація: дерева мають рідку крону, дрібні листя, змінюється ритм росту пагонів, з'являються некрози. Промислові гази в певному діапазоні концентрації (ГДК більше 1) викликають появу некрозів на листках і хвої деревних рослин, прискорення всихання нижніх гілок [18].

В урбоекосистемах відбувається порушення фенологічного розвитку рослин: прискорюються початкові фази розпускання бруньок, облистнення пагонів, початку цвітіння, початку листопада. Ослаблення міських деревних насаджень призводить до появи шкідників і хвороб, що погіршують їх стан та є причиною загибелі. Комплекс негативних чинників в урбанізованому середовищі призводить до скорочення життя і розвитку рослин в 2-3 рази.

При інтродукції рослин в міському середовищі відбуваються зміни в сезонному збільшенні пагонів. Сезонна періодичність росту деревних рослин змінюється на різних вікових етапах. Молоді рослини ростуть триваліше, ніж рослини старшого віку. Протягом життєвого циклу змінюється не тільки тривалість росту, але і величина сезонного приросту пагонів. Деякі рослини (переважно тіньовитривалі) в перші роки життя дають невеликий приріст, який поступово збільшується і досягнувши максимуму, зменшується. Інші ж, головним чином світлолюбиві, мають значний сезонний приріст з перших років життя. З настанням періоду старості у всіх видів

деревних рослин різко скорочується як тривалість росту, так і величина сезонного приросту пагонів.

Характер росту пагонів залежить також від їх положення в кроні дерева. Чим нижче по стовбуру розташована гілка, тим коротше у неї період сезонного росту і менший сезонний приріст [23].

При інтродукції характер росту і розвитку рослин визначається родовими ознаками, які реалізуються відповідно до зовнішніх умов. Якщо нові умови не різко відрізняються від умов природного росту рослини, то воно приживається або адаптується, не змінюючи ритміку росту в межах пристосувальних можливостей виду. Більш теплолюбні види сильніше реагують на нестаток тепла, внаслідок чого збільшується період росту пагонів. В результаті цього виділяють кілька особливостей росту і розвитку інтродуцентних видів рослин. По-перше, відзначається пряма залежність росту пагонів від кліматичних умов сезону. По-друге, терміни початку і закінчення росту пагонів служать показником їх зимостійкості. По-третє, величина сезонного приросту залежить від температури і вологості повітря в період росту.

Таким чином, міське середовище характеризується значною кількістю факторів, що негативно впливають на рослини. Одним з цих факторів є інгредієнтне забруднення автотранспортного походження. Забруднення атмосферного повітря газоподібними викидами та твердими частками призводить до порушення структури та функції в першу чергу листя. Порушуються процеси фотосинтезу, газообміну, транспірації, що призводить до пошкодження як окремих листових пластин, так і рослини в цілому. Фізіолого-біохімічна стійкість визначається індивідуальними особливостями метаболізму рослин, швидкістю протікання біохімічних реакцій, здатністю акумулювати і утилізувати забруднюючі речовини.

5.2 Методи визначення флюктууючої асиметрії

Під флюктууючою асиметрією (ФА) розуміють незначні і випадкові відхилення від суворої білатеральної симетрії біооб'єктів [24]. Відсутність абсолютно симетричних організмів є наслідком

недосконалості механізмів, контролюючих онтогенез, що виявляється в їх нездатності протистояти негативному впливу факторів зовнішнього середовища. У зв'язку з цим, ФА організмів по білатеральним ознаками є макроскопічною подією, що полягає в незалежному прояві або на лівій, або на правій, або на обох сторонах тіла, але в різному ступені виражених ознак, що дозволяє на макроскопічному рівні використовувати цю асиметрію в якості інструменту в оцінці стабільності розвитку організму [25]. Рівень морфогенетичних відхилень (тобто ФА) від норми виявляється мінімальним лише при певних (оптимальних) умовах середовища і неспецифічно зростає при будь-яких стресових впливах. У зв'язку з цим оцінка ФА дає можливість діагностувати відхилення від умовної норми на більш ранніх стадіях патологічного стану дерева, коли за іншими критеріями воно є ще «здоровим». Таким чином, стабільність розвитку, що оцінюється за рівнем ФА, є чутливим індикатором стану природних популяцій [26].

Аналіз флуктуючої асиметрії як показника індивідуального розвитку є перспективним біоіндикаційним методом. Важлива перевага онтогенетичного підходу є можливість виявлення змін стану організму при різних видах забруднення, коли ні за показниками біорізноманіття (на рівні спільнот), ні за популяційними показниками зміни зазвичай не спостерігаються [25]. На сьогодні накопичено багато даних, які переконливо доводять чутливість рівня флуктуючої асиметрії до різних за походженням антропогенних впливів.

Оцінка якості середовища передбачає аналіз найбільш звичайних фонових видів (модельних об'єктів) різних груп тварин і рослин.

Для характеристики стану екосистеми рекомендуються наступні критерії відбору модельних об'єктів, а саме вибір:

- представників різних систематичних груп, що займають різне місце в екосистемах;
- видів, звичайні міграції яких не виходять за межі досліджуваних територій;
- щодо великих організмів, які в меншій мірі залежать від мікробіотопічних умов в межах досліджуваних середовищ існування та придатні для характеристики досліджуваної території в цілому;
- фонових видів для загальної характеристики місцеперебування і можливості збору необхідного матеріалу на всіх досліджуваних ділянках протягом обмеженого проміжку часу;

– об'єктів для екстраполяції одержуваних даних на людину [27].

Для дерев таким об'єктом може бути береза повисла, дуб черешчатий, клен гостролистий, вільха сіра.

Збір матеріалу слід проводити після зупинки росту листя (в середній смузі починаючи з липня). Кожна вибірка повинна включати в себе 100 листів (по 10 листків з 10 рослин). Листя з однієї рослини зберігаються окремо для того, щоб в подальшому можна було проаналізувати отримані результати індивідуально для кожної особини (зібрані з одного дерева листя пов'язують за черешки). Все листя, зібране для однієї вибірки, необхідно скласти в поліетиленовий пакет, туди ж вкласти етикетку. В етикетці вказати номер вибірки, місце збору (роблячи максимально детальну прив'язку до місцевості), дату збору.

При виборі дерев важливо враховувати, по-перше, чіткість визначення приналежності рослини до досліджуваного виду. По-друге, листя повинні бути зібрані з рослин, що знаходяться в подібних екологічних умовах (враховується рівень освітленості, зволоження і т.д.). Рекомендується вибирати дерева, що ростуть на відкритих ділянках (галявинах, узліссях), так як умови затінення є стресовими для берези і істотно знижують стабільність розвитку рослин. По-третє, при зборі матеріалу має бути враховано віковий стан дерев. Для дослідження вибирають дерева, які досягли генеративного вікового стану.

У берези повислої збирають листя з нижньої частини крони дерева з максимальної кількості доступних гілок рівномірно навколо дерева. Тип пагону також не повинен змінюватися в серії порівнюваних вибірок. Листя слід збирати тільки з укорочених пагонів. Розмір листя повинен бути подібним, середнім для даної рослини. Пошкоджені листя можуть бути використані для аналізу, якщо не порушені ділянки, з яких будуть знімати вимірювання. З рослини збирають трохи більше листя, ніж потрібно, на той випадок, якщо частина листя через пошкодження не зможе бути використана для аналізу.

Для деревних рослин важливо мати стандартні за розміром листові пластини. Ширина листової пластини повинна дорівнювати:

- берези повислої (*Betula pendula* Roth) – 2,5-3 см;
- клена європейського (*Acer platanoides*) – 6,5-8,0 см;
- дуба черешчатого (*Quercus robur*) – 3,5-4,5 см;
- тополі чорної (*Populus nigra*) – 2,5-3,0 см;

– липи дрібнолисної (*Tilia cordata* Mill) – 3,0-4,0 см [27].

При проведенні досліджень виконують на листі берези повислої такі операції. Для вимірювання лист берези поміщають перед собою червону (внутрішню) стороною вгору. Червоний називають стороною листа, звернену до верхівки пагону. З кожного листа знімають показники за п'ятьма промірами з лівого і правого боків аркуша (рис. 5.1).

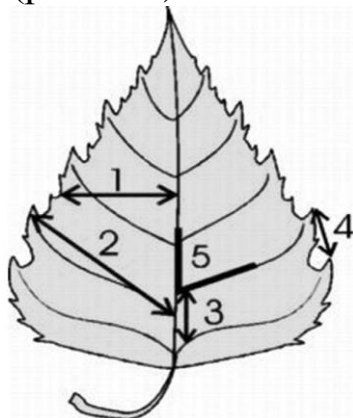


Рисунок 5.1 – Схема вимірювання листової пластини для визначення флуктуючої асиметрії

Для досліджень потрібні циркуль-вимірювач, лінійка і транспортир. Проміри 1-4 знімають циркулем-вимірником, кут між жилками (ознака 5) вимірюють транспортиром. Для цього центр підстави віконця транспортира суміщають з точкою відгалуження другої жилки другого порядку від центральної жилки. Ця точка відповідає вершині кута. Крайку

підстави транспортира треба поєднати з променем, що йде з вершини кута і проходить через точку відгалуження третьої жилки другого порядку. Другий промінь, який утворює вимірюваний кут, отримують використовуючи лінійку. Цей промінь йде з вершини кута і проходить по дотичній до внутрішньої сторони другої жилки другого порядку. Результати досліджень заносять в таблицю.

Величина ФА була визначена за формулою

$$\Phi A = \frac{1}{5} \sum |L - R| / (L + R), \quad (5.1)$$

де L і R – проміри ознак з лівого і правого боку листа.

Для оцінки якості середовища була використана п'ятибальна шкала ступеня порушення стабільності розвитку берези повислої, розроблена В.М. Захаровим і співавторами (табл. 5.2) [26].

Значення інтегрального показника асиметрії, що відповідають першому балу, зазвичай спостерігаються в вибірках рослин з сприятливих умов зростання, наприклад, в природних заповідниках. П'ятий бал – критичне значення, такі значення показника асиметрії

спостерігаються вкрай несприятливих умовах, коли рослина перебуває в сильно пригніченому стані.

Флуктуюча асиметрія є однією з неспецифічних відповідей на стресовий вплив, що проявляється на рівні окремого організму. Одним з об'єктів, на яких доцільно аналізувати флуктуючу асиметрію є листова пластина таких дерев як береза повисла, липа дрібнолиста, дуб черешчатий. Рекомендована кількість ознак, що аналізується – 5.

Таблиця 5.2 – Бальна шкала оцінки якості середовища за величиною флуктуючої асиметрії (ФА) листа берези повислої

Бали	Якість середовища	ФА
I	Умовно нормальне	<0,040
II	Початкові (незначні) відхилення від норми	0,040...0,044
III	Середній рівень відхилень від норми	0,045...0,049
IV	Істотні (значні) відхилення від норми	0,050...0,054
V	Критичний стан	>0,054

5.3 Використання показника флуктуючої асиметрії для визначення рівня забруднення атмосферного повітря

Для встановлення зв'язку між якістю атмосферного повітря та станом урбоєкосистеми проводилось експериментальне біоіндикаційне дослідження. Біоіндикація проводилася в м. Харків, де техногенний вплив обумовлений забрудненням атмосфери автомобільним транспортом.

Для проведення дослідження було обрано ділянки – пр. Перемоги та пр. Науки, на яких дерева зростають на відстані 10, 30 та 50 м від проїзної частини. Інтенсивність руху на ділянках складає приблизно 1200 авт./год. Автотранспортний потік характеризується переважною кількістю легкових автомобілів (76 % легкових автомобілів, 19 % вантажних автомобілів, 5 % автобусів). Такий транспортний потік певною мірою можна вважати типовим для значних міст.

Потужність емісії забруднюючих речовин окремо для кожного компонента відпрацьованих газів на конкретній ділянці дороги визначали за формулою

$$Q_i = 0,206m * [(\Sigma G_{iK} * N_{iK} * K_K) + (\Sigma G_{iD} * N_{iD} * K_D)], \quad (5.2)$$

де m – коефіцієнт, що враховує дорожні та транспортні умови залежно від середньої швидкості транспортного потоку V (км/год);

G_{iK} , G_{iD} – середня експлуатаційна витрата палива для даного типу карбюраторних і дизельних автомобілів відповідно, л/км;

N_{iK} , N_{iD} – інтенсивність руху кожного виділеного типу карбюраторних і дизельних автомобілів відповідно, авт./год;

K_K , K_D – коефіцієнти, що приймаються для даного компонента забруднення з карбюраторними і дизельними типами двигунів відповідно.

Концентрації забруднення атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих газів на різному віддаленні від дороги розраховували використовуючи модель Гауса розподіл домішок в атмосфері на невеликих висотах:

$$C_j = \frac{2q_i}{\sqrt{2\pi\sigma v_B \sin \varphi}} + F_j, \quad (5.3)$$

де σ – стандартне відхилення розсіювання Гауса;

v_B – швидкість вітру, що переважає на момент проведення розрахунку;

φ – кут між напрямом вітру та віссю дороги;

F_j – фонова концентрація забруднення повітря, мг/м³.

Результати розрахунку наведено в табл. 5.3

Для оцінки стабільності розвитку і стресового впливу на рослини факторів середовища, застосовують коефіцієнт флюктуючої асиметрії листової пластинки. Оскільки з усіх органів лист найбільш пластичний і, в першу чергу, підпадає під вплив негативних чинників, його будова, в більшій мірі, відображає вплив будь-яких змін умов навколишнього середовища. Найбільш апробованими і часто використовуваними об'єктами є береза повисла *Betula pendula* і липа дрібнолиста *Tilia cordata*.

Береза повисла (*Betula pendula*) – листопадне дерево родини березових, висотою до 30 м з гладкою, білою, легко розшаровуємою корою. У старих дерев кора відстає від стовбурів з глибокими тріщинами, чорно-сіра. Стовбур прямий, гілки зазвичай повислі, молоді пагони червоно-бурі, голі, покриті смолистими залозками –

«бородавочками». Листя чергові, трикутно-яйцевидні до ромбічних, по краях двоякогострозубчаті, тонкошкірні, гладкі, темно-зелені, молоді – клейкі, довжиною 3-7 см, шириною 2,5-5 см. Майже яйцевидно-конусоподібні, завдовжки 3-5 мм і товщиною 2-5 мм, злегка загострені, прямі, блискучі з восковим, зазвичай клейким нальотом. Чоловічі сережки довжиною 5-6 см, 2-3 на кінцях гілок; жіночі сережки циліндричні, довжиною 2-3 см, поодинокі, на коротких бічних гілочках. Плід – довгасто-еліптичний горішок з двома перетинчастими крилами, які в 2-3 рази перевищують ширину горішка. У сережці міститься близько 500 горішків. Цвіте в травні – червні; плоди дозрівають в серпні-вересні. Живе 100-120 років.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку концентрації забруднюючих речовин, мг/м³

Речовина	Кут між напрямом вітру та віссю дороги	Відстань, м		
		10	30	50
NO ₂	φ = 30°	0,116	0,049	0,035
	φ = 60°	0,067	0,026	0,021
	φ = 90°	0,058	0,025	0,018
SO ₂	φ = 30°	0,013	0,005	0,0025
	φ = 60°	0,007	0,0025	0,0017
	φ = 90°	0,006	0,002	0,0012
CO	φ = 30°	0,853	0,354	0,265
	φ = 60°	0,49	0,195	0,14
	φ = 90°	0,426	0,158	0,122
Сажа	φ = 30°	0,018	0,01	0,006
	φ = 60°	0,01	0,0055	0,0029
	φ = 90°	0,0095	0,005	0,002

Betula pendula утворює ліси, що виникають на місці вирубаних або згорілих сосняків, ялиників, лиственничників, дубняків. Вона швидко заселяє території, що звільнилися і панує на них, створюючи лише тимчасові угруповання; надалі витісняється іншими деревними породами. Корінні деревостани утворює лише в лісостепових і степових областях. Часто зустрічається в різних типах лісу в якості домішки. Зростає на сухих і вологих піщаних, суглинних, чорноземних і кам'янисто-щебністих ґрунтах; світлолюбна. Виносить різні кліматичні умови, тому росте від тундри до степової зони. Росте швидко, добре відновлюється порослю та самосівом.

Липи – листопадні дерева з простим черговим листям серцеподібної форми, гострозубчаті по краю, з виїмчастою, несиметричною підставою і загостреною вершиною. Квітки запашні

двостатеві, правильні, в щитковидних суцвіттях з плівчастим листоподібним приквітником, який приріс до середини паростка суцвіття. Плід – односім'яний горішок. Всі види лип мають гарну, густу крону, легко піддається формуванню. Доповненням до декоративних якостей, якими вони володіють, служать рясні, запашні квіти. Липа дрібнолиста, або серцеподібна, серцелиста (*Tilia cordata* Mill) – дерево, висота якого може перевищувати 30 м, діаметр стовбура більше 1 м. У несприятливих умовах, наприклад, під густим пологом, зустрічається у вигляді чагарника-підліску або в другому ярусі [27].

Липи добре пристосовані до умов зростання, стійкі до шкідників і хвороб, що робить їх незамінними в декоративних посадках.

Природний ареал липи дрібнолистої ширше, ніж у інших видів лип, які зустрічаються рідше і переважно у вигляді штучних посадок. Він охоплює велику територію Європи і частково Азії. Однак поширення липи дуже нерівномірно і залежить від різноманітності природних умов і діяльності людини.

Кора стовбура липи в молодості гладка, до старості стає глибокобороздчатою, з поздовжніми тріщинами, темно-сірого кольору, з сильно вираженою кіркою. Верхні гілки крони зазвичай направлені вгору, середні йдуть майже горизонтально, нижні, особливо у дерев на узліссі, звисають вниз. Пагони у липи блискучі, червонувато-бурого кольору. Розташування листя чергове. Листова пластинка несиметрична. Листя прості, шкірясті, до 6 см завдовжки, з серцеподібною підставою, по краях дрібнозубчасті, з відтягнутою верхівкою, зверху темно-зелені, голі, іноді блискучі, з нижнього боку сизі; восени вони набувають красивого світло-жовтого забарвлення. Черешок довжиною 1-3 см з повстятим опушенням, до осені стає голим, червонуватим.

Залежно від умов липа дрібнолиста зацвітає в кінці червня - початку липня, середня тривалість цвітіння 12-17 днів. Липа, яка виросла з насіння, починає цвісти, як правило, на 5-10 років раніше дерев порослевого походження. З віком кількість квіток на дереві збільшується.

Липа тіньовинослива, морозостійка, чутлива до посухи, середньо вимоглива до ґрунтових умов. Вона досить добре переносить міські умови, прекрасно витримує формовку крони і тому широко використовується в садах і парках регулярного стилю. Підходить для створення живоплоту. Добре переносить пересадку.

Цінний медонос. Розмножується насінням, відведеннями, поросллю, живцями, щепленням. До глибокої старості утворює поросль. Живе до 400 і більше років [27].

Показники флуктуючої асиметрії листя берези повислої наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Показники флуктуючої асиметрії листових пластинок берези повислої

Місце відбору проб	Ознаки					Середнє значення	Рівень забруднення
	1	2	3	4	5		
Відстань до проїзної частини 10 м	0,046/ 0,048	0,03/ 0,037	0,057/ 0,054	0,078/ 0,072	0,058/ 0,052	0,055/ 0,053	5
Відстань до проїзної частини 30 м	0,028/ 0,023	0,029/ 0,023	0,073/ 0,077	0,051/ 0,057	0,046/ 0,019	0,047/ 0,044	3
Відстань до проїзної частини 50 м	0,022/ 0,03	0,035/ 0,025	0,049/ 0,042	0,057/ 0,05	0,032/ 0,026	0,041/ 0,043	2

Аналіз даних свідчать, що найбільші значення коефіцієнтів флуктуючої асиметрії на всіх ділянках мають показники: відстань між основами першої і другої жилок і відстань між кінцями першої і другої жилок. Низькими значеннями флуктуючої асиметрії характеризується показник: довжина другої жилки від основи листка.

Найбільший середній показник коефіцієнтів ФА відзначений для відстані від проїзної частини 10 м, дана територія може бути віднесена до 5 ступеня шкали оцінки відхилень від норми (вкрай несприятливі умови). Дані ФА для відстані від проїзної частини 30 м оцінюються як середньо забруднена територія (3 ступінь). Коефіцієнти ФА листя *Betula pendula* на відстані 50 м від проїзної частини відповідає 2 ступеню забруднення (слабкий вплив несприятливих факторів).

Згідно з середніми значеннями коефіцієнта ФА листя *Betula pendula* можна відзначити, що даний показник значно перевищує норму ($<0,04$). Високий рівень асиметрії листя на відстані 10 та 30 м можна пояснити комплексним впливом пилу та забруднюючих речовин відпрацьованих газів ДВЗ.

Показники флуктуючої асиметрії листя липи дрібнолистої *Tilia cordata* наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Показники флюктуючої асиметрії листових пластинок липи дрібнолистої

Місце відбору проб	Ознаки					Середнє значення	Рівень забруднення
	1	2	3	4	5		
Відстань до проїзної частини 10 м	0,058/ 0,05	0,048/ 0,04	0,044/ 0,055	0,08/ 0,081	0,038/ 0,045	0,053/ 0,05	4
Відстань до проїзної частини 30 м	0,025/ 0,036	0,036/ 0,036	0,047/ 0,023	0,047/ 0,046	0,05/ 0,04	0,048/ 0,049	3
Відстань до проїзної частини 50 м	0,029/ 0,025	0,035/ 0,037	0,045/ 0,049	0,054/ 0,051	0,056/ 0,034	0,042/ 0,04	2

Найбільші значення коефіцієнта флюктуючої асиметрії мають показники: відстань між основами першої і другої жилок і відстань між кінцями першої і другої жилок. Найбільш низькими значеннями ФА характеризується показник: довжина другої жилки від основи листка.

Найбільший середній показник коефіцієнтів ФА відзначено для відстані від проїзної частини 10 м, дана територія може бути віднесена до 4 ступеня шкали оцінки відхилень від норми (значні відхилення від норми). Дані ФА для відстані від проїзної частини 30 м оцінюється як середньо забруднена територія (3 ступінь). Коефіцієнти ФА листя *Tilia cordata* на відстані 50 м від проїзної частини відповідає 2 ступеню забруднення (слабкий вплив несприятливих факторів).

Таким чином, з урахуванням апробованих біоіндикаторів визначено ступінь забруднення вивчених територій. Виявлено, що сильно забрудненими ділянками є території на відстані від проїзної частини приблизно 10 м (5 балів). Дані території розташовуються в безпосередній близькості до автомагістралей, піддаючись в більшій мірі впливу негативних факторів, таких як пилове забруднення від транспортного потоку та інгредієнтне забруднення. Менш забруднені території на відстані приблизно 30 м (3 бали). Найменший ступінь забруднення відзначено на територіях на відстані більш 50 м від автомагістралей (2 бали), ці території характеризуються значним зменшенням ступеня пилового та інгредієнтного забруднення.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Міське середовище характеризується значною кількістю факторів, що негативно впливають на рослини. Одним з цих факторів є інгредієнтне забруднення автотранспортного походження. Це забруднення порушує процеси фотосинтезу, газообміну, транспірації, що призводить до пошкодження як окремих листових пластин так і рослини в цілому.

2. Фізіолого-біохімічна стійкість визначається індивідуальними особливостями метаболізму рослин, швидкістю протікання біохімічних реакцій, здатністю акумулювати і утилізувати забруднюючі речовини. Флуктуюча асиметрія є однією з неспецифічних відповідей на стресовий вплив, що проявляється на рівні окремого організму.

3. Рівень флуктуючої асиметрії листя берези повислої (*Betula pendula*) та липи дрібнолистої (*Tilia cordata*) корелює з рівнем автотранспортного забруднення атмосфери біля автомагістралей. Найбільше значення флуктуючої асиметрії виявлено на відстані 10 м від проїзної частини, де рівень забруднення є максимальним, найменше – на відстані 50 м, де рівень забруднення значно знижується.

4. *Betula pendula* та *Tilia cordata* є чутливими до рівня забруднення атмосфери і можуть використовуватися в біоіндикаційних дослідженнях для визначення ступеня забруднення міських територій. При цьому *Betula pendula* є більш чутливим видом ніж липа дрібнолиста *Tilia cordata*.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Горохов В.А. Зеленая природа города: Учеб. Пособие для вузов. Издание 2-е, доп. и перераб. / В.А. Горохов – М.: Архитектура-С, 2005. – 528 с.,

2. Мониторинг состояния лесных и городских экосистем : Монография / Под ред. В.С. Шалаева, Е.Г. Мозолевской. – М.: МГУЛ, 2004. – 253 с.

3. Кучерявый В.А. Зелёная зона города / В.А. Кучерявый. – К.: Наук. думка, 1981. – 246 с.

4. Культиасов М.В. Экология растений / М.В. Культиасов. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 343 с.
5. Сазонов Э.В. Экология городской среды: Учебное пособие / Э.В. Сазонов. – С-Пб.: ГИОРД, 2010. – 312 с.
6. Курбатова А.С. Экология города / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимова. – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.
7. Павлова, Е.И. Экология транспорта: Учебник для вузов / Е.И. Павлова, Ю.В. Буралев. – М.: Транспорт, 2012. – 232 с.
8. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина, К.Е. Ведерников. – Ижевск.: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
9. Боговая И.О., Теодоронский В.С. Озеленение населенных мест / И.О. Боговая, В.С. Теодоронский. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
10. Влияние загрязнений воздуха на растительность. Причины, воздействие, ответные меры / С. Бортитц, Х.Г. Деслер, Х. Эндерляйн и др. – Л.: Лесная промышленность, 1981. – 181 с.
11. Жиров В.К. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения / В.К. Жиров, Е.И. Голубева, А.Ф. Говорова и др. – М.: Наука, 2007. – 166 с.
12. Капелюш Н.В. Вплив аерогенного забруднення на показники асиміляційного апарату деревних рослин міста Запоріжжя / Н.В. Капелюш // Вісник Запорізького національного університету. – 2012. - №3. – С. 111-115
13. Джиган О.П. Вплив інгредієнтів викидів автотранспорту на анатомічну будову листків *Tagetes Patula* L. та *Salvia Splendens* Ker.-Gawl. в умовах Дніпропетровського мегаполісу. / О.П. Джиган // Питання біоіндикації та екології. – 2014. – Вип. 19, № 2. – С. 103-120
14. Красинський Н.П. Дымоустойчивые ассортименты / Н.П. Красинський, Е.И. Князева // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. – Горький-Москва, 1950. – С. 297–304.
15. Сергейчик С.А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде / С.А. Сергейчик. – Минск: Наука і техника, 1994. – 279 с.
16. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 276 с.

17. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде / Н.В. Гетко. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
18. Чернышенко О.В. Древесные растения в экстремальных условиях города / О.В. Чернышенко // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: науч. труды. Выпуск 307(1). – М.: МГУЛ, 2001. – С. 140-146
19. Краснощекова Н.С. Эколого-экономическая эффективность зеленых насаждений: Обзорная информация / Н.С. Краснощекова. – М.: ЦЕНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1987. – 44 с.
20. Чупахина Г.Н. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта. / Г.Н. Чупахина // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2 (18). С. 171–185
21. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – К.: Наукова думка, 1978. – 246 с.
22. Иванова Р.Р. Устойчивость многолетних декоративных растений в городской среде / Р.Р. Иванова, Л.П. Ефремова // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: матер. Всерос. науч. конф. – Пушкино, 2008. – С. 422-423.
23. Овчинникова Т.М. Анализ изменений сроков сезонных явлений у древесных растений заповедника в связи с климатическими факторами/ Т.М. Овчинникова, В.А. Фомина, Е.Б. Андреева и др // Хвойные бореальные зоны. – 2011. – № 1/2. – С. 54-59.
24. Гуртяк А.А. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора / А.А. Гуртяк, А.А. Углев // Известия Томского политехнического университета. 2010.- Т. 317.- №1- С. 200-204.
25. Захаров В.М. Гомеостаз развития как общая характеристика состояния организма: скоррелированность морфогенетических и физиологических показателей у березы повислой / Захаров В.М. Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г. // Доклады РАН. – 1997. – Т. 357. – №2. – С. 281–283.
26. Захаров В.М. Здоровье среды: практика оценки. / Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С. и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 318 с.
27. Баранов С.Г. Оценка стабильности развития. Методические подходы : учеб. пособие / С. Г. Баранов, Н. Е. Бурдакова. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 72 с.

Інтенсивним зростанням автомобілізації у великій мірі можна пояснити не тільки стан міського транспорту, але і спосіб життя населення. Розвиток транспортної інфраструктури явно відстає від транспортних потоків, що збільшуються, через брак коштів, нерозуміння важливості загальної проблеми, тільки часткового впровадження проектних пропозицій. На шляху приєднання до Європейського Співтовариства (ЄС) Україна зобов'язана у всіх сферах життя, в тому числі і в міській транспортній системі, застосовувати вимоги ЄС, а саму систему розвивати за принципами сталого розвитку. Способи рішень проблем, що виникли, повинні бути обґрунтовані і оцінені не тільки за технічними параметрами, але і з урахуванням соціально-економічних та екологічних наслідків.

Мета моделювання – призначення меж і центрів транспортних районів повинне виконуватися так, щоб всі пересування усередині транспортних районів здійснювалися б пішки, а всі пересування між транспортними районами зводилися б до пересуваннями між їхніми центрами.

Отже, розробка програм транспортного моделювання та нових методів маршрутизації сприяє не тільки підвищенню продуктивності роботи автотранспортних засобів (АТЗ), як наслідок, скороченню шкідливих впливів на навколишнє середовище (НС).

Метою даного дослідження є аналіз існуючих програмних продуктів для транспортного моделювання.

До основних задач, що вирішуються в роботі, відносяться:

- визначення основних переваг та недоліків, а також сфери використання існуючих програмних продуктів для транспортного моделювання;
- охарактеризувати зручність користування інтерфейсами програмних продуктів, які розроблені для побудови транспортних систем міст;
- оцінити функціональні особливості програмних продуктів для користувачів.

6.1 Підходи до моделювання транспортних мереж

Більшість завдань транспортного планування перевезень вирішується з використанням транспортної мережі або як елемент розглянутої системи, або як елемент зовнішнього середовища. Така значимість транспортної мережі підкреслена в списках елементів транспортної системи при рішенні завдань в області організації перевезень і дорожнього руху.

Найпростішим прикладом моделі транспортної мережі може служити звичайний атлас автомобільних доріг. Простота моделі означає і її обмежені можливості. Користуючись атласом можна прокласти маршрут руху між двома пунктами або розрахувати відстань між ними.

Але для рішення завдань створення або організації роботи навіть щодо простих транспортних систем таких можливостей явно недостатньо. Для одержання прийняттого рішення найчастіше потрібен перегляд значної кількості станів транспортної системи, причому кожному стану властивий свій варіант трасування шляхів проходження транспорту. Виконати такі розрахунки без застосування ЕОМ практично неможливо. Тому основним завданням моделювання транспортних мереж вважається створення моделей, придатних для проведення розрахунків на ЕОМ.

У цей час розроблена досить велика кількість варіантів моделювання транспортної мережі, що відповідають цим вимогам. Класифікація методів моделювання наведена на рис. 6.1. Варто враховувати, що при рішенні завдань, крім опису шляхів пересування розглянутого виду транспорту, звичайно потрібні додаткові характеристики й у моделі транспортної мережі повинна бути передбачена можливість їхнього включення.

Координатне моделювання являє собою створення цифрового аналога карти, як моделі транспортної мережі.

Повний варіант координатного методу є найпростішим. У ньому об'єкт, який моделюється представляється в прямокутній системі координат.

Далі здійснюється перехід від графічного до цифрового подання інформації. Для цього вводяться прямокутні матриці відповідним координатним вісям розмірності, у яких відображаються об'єкти, що

моделюються. Отже, одною матрицею можна описати транспортну мережу, в іншій – задати ємності об'єктів щодо генерації й поглинання обсягів вантажів. У матриці транспортної мережі одиниця означає можливість проїзду відповідною ділянкою місцевості, нуль – відсутність транспортних комунікацій.



Рисунок 6.1 – Підходи до моделювання транспортних мереж

Далі здійснюється перехід від графічного до цифрового подання інформації. Для цього вводяться прямокутні матриці відповідним координатним вісям розмірності, у яких відображаються об'єкти, що моделюються. Отже, одною матрицею можна описати транспортну мережу, в іншій – задати ємності об'єктів щодо генерації й поглинання обсягів вантажів. У матриці транспортної мережі одиниця означає можливість проїзду відповідною ділянкою місцевості, нуль – відсутність транспортних комунікацій..

Цей метод моделювання є універсальним. З його допомогою можна описати велику кількість характеристик транспортної мережі, що досягається уведенням відповідних матриць. Але ця універсальність має й зворотну сторону, методи розрахунків є не тільки дуже простими в програмній реалізації, але й дуже неефективними. Для розрахунку найкоротших відстаней потрібен багаторазовий перегляд матриці транспортної мережі й скоротити кількість розрахунків не представляється можливим.

Причини цього недоліку криються в тім, що тут моделюються не тільки об'єкти, які мають безпосереднє відношення до розв'язуваного завдання, але й всі інші об'єкти. Для частини інформації, що безпосередньо не відноситься до транспортної мережі, можливі більш компактні способи подання. Це повною мірою відноситься до ємнісних характеристик транспортних об'єктів. Вони можуть описуватися простими лінійними масивами, тому як до числа їхніх змістовних характеристик додаються координати об'єкта.

Для розрахунку найкоротших відстаней потрібен багаторазовий перегляд матриці транспортної мережі й скоротити кількість розрахунків не представляється можливим.

Основним способом підвищення точності є скорочення розмірів координатної сітки. Зазначені недоліки викликали появу спрямованого координатного методу, при якому моделюються тільки об'єкти, що мають безпосереднє відношення до завдання, що розглядається. Так як сама транспортна мережа не піддається спрямованому моделюванню то, по суті, цей метод являє собою відмову від моделювання транспортних магістралей у координатній сітці.

Координати тут характеризують тільки розташування кореспондуючих і поглинаючих пунктів. Таке спрощення, безсумнівно, повністю звільняє координатний метод від зайвої інформації. Але, разом з тим, воно позбавляє його й основної переваги моделі транспортної мережі – можливості точного розрахунку відстаней між об'єктами.

У випадку спрямованого координатного методу відстані між об'єктами моделюються двома способами:

- за допомогою регресійних залежностей;
- шляхом встановлення бар'єрів.

У першому випадку, на основі реальних даних про відстань між об'єктами по повітряній лінії й по транспортній мережі, визначаються регресійні залежності виду

$$l_{ijm} = f(l_{ijn}), \quad (6.1)$$

де l_{ijm} і l_{ijn} – відповідно відстань між об'єктами i й j по транспортній мережі й по повітряній лінії.

Потім ці залежності можуть бути використані для розрахунку відстаней між об'єктами, що моделюються, тому що відстань по повітряній лінії легко визначається залежністю

$$l_{ij} = \mu \sqrt{|x_i - x_j|^2 + |y_i - y_j|^2}, \quad (6.2)$$

де x_i, x_j, y_i, y_j – координати x, y об'єктів i і j ;

μ – масштабний коефіцієнт.

Звичайно, такий спосіб не може гарантувати високий ступінь точності моделювання відстаней між об'єктами, особливо для таких випадків, як наявність річок або інших природних перешкод між об'єктами.

Другий варіант саме дозволяє усунути цей недолік, оскільки в ньому встановлюються бар'єри, проїзд через які неможливий. Бар'єри являють собою прості геометричні фігури, які повністю характеризуються своїми кутовими координатами. Обсяг інформації в моделі не має таких катастрофічних розмірів, як при повному координатному методі й у той же час є цілком достатнім для відносно точного розрахунку відстаней і створення швидких алгоритмів рішення цього завдання.

Реальна точність моделювання, що досягається за допомогою обох варіантів координатного методу, дозволяє вирішувати велике коло завдань у транспортній галузі. Однак їхні здатності щодо вирішення все ж таки серйозно обмежені й значно більшого поширення отримав інший спосіб моделювання – топологічний метод.

Топологічний метод є прикладом подання досліджуваних об'єктів у вигляді багаторівневих систем. Досліджуваний об'єкт представляється як сукупність двох елементів – наборів вершин і ланок, кожний з яких, у свою чергу, складається з декількох елементів. Транспортна мережа представляється як граф, що складається з N вершин і A ребер (ланок) $G=[N, A]$.

Розмірність графу визначається кількістю вершин у ньому. При заданій кількості вершин, кількість ланок для різних об'єктів звичайно коливається незначно. Топологічна схема транспортної мережі, зображена на рис. 6.2.

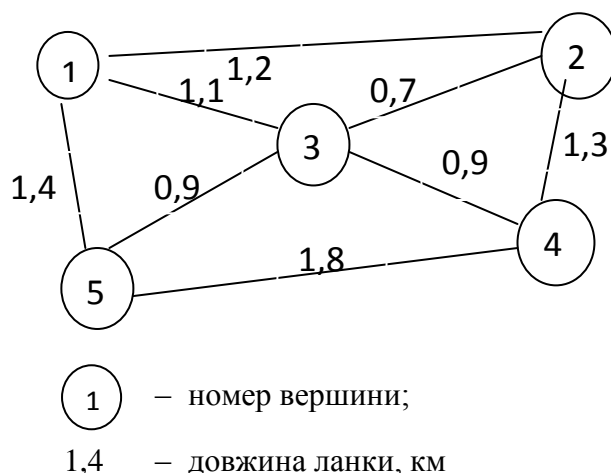


Рисунок 6.2 – Топологічна схема транспортної мережі

У більшості випадків нумерація районів не носить принципового характеру й може бути вільною.

Топологічна схема транспортної мережі є проміжним етапом моделювання, а кінцевою метою є математична модель транспортної мережі. Для її формування необхідно представити топологічну мережу у вигляді набору впорядкованих масивів, аналогічно тому, як це зроблено в координатному методі.

Описом транспортної мережі при топологічному методі моделювання називається впорядковане перерахування ланок транспортної мережі з указівкою їхніх характеристик.

Тому на етапі математичного опису топологічної схеми так важливий порядок опису транспортної мережі. Він має подвійне призначення:

- з одного боку, він покликаний полегшити введення інформації про транспортну мережу для зниження ймовірності виникнення помилок опису;

- з іншого боку, отриманий масив упорядковується для спрощення пошуку й усунення можливих помилок опису мережі.

Метою більшості розрахунків, проведених з транспортними мережами, є одержання характеристик зв'язків між вершинами, тобто отримання більш складних й інформативних моделей транспортної мережі для подальшого використання. З погляду способів подання інформації це виглядає як перетворення лінійних масивів з характеристиками вершин і ланок на початку розрахунків у квадратні масиви з характеристиками зв'язків між ними.

Як характеристики ланок можуть виступати: довжина ділянки транспортної мережі, час проїзду ділянкою і пропускна здатність

ділянки, якісні характеристики ділянки (можливість проїзду тим або іншим видом транспорту) і т. ін.

Можливі характеристики вершин: обсяг зародження й поглинання кореспонденцій різного виду, просторові характеристики вершин, якісні ознаки. Ця вихідна інформація після розрахунків перетвориться в характеристики зв'язків, до числа яких можуть відноситися:

- взаємні кореспонденції вантажів або пасажирів;
- відстані або час проходження між районами;
- покажчик на найкоротший шлях;
- характеристики шляху проходження (можливість проїзду тим або іншим видом транспорту);
- інші характеристики зв'язків.

Звичайно характеристики зв'язків є тільки проміжним етапом у пошуку оптимального варіанту управління об'єктом. Однак, як вже відзначалося раніше, при описі транспортних мереж серйозною проблемою є значна трудомісткість цього процесу й, як слідство, висока ймовірність виникнення помилок опису. І, в окремих випадках, доцільно відмовитися від можливості характеризувати довжину кожної ланки в обох напрямках для скорочення обсягу інформації, що вводиться. Для цього робиться припущення про те, що довжина всіх ділянок транспортної мережі, що моделюються, однакова за напрямками. Такому припущенню відповідає симетричний граф.

Симетричний граф – це граф, характеристики ланок якого однакові в прямому й зворотному напрямках.

Використання симетричного графа дозволяє вдвічі скоротити обсяг опису транспортної мережі, істотно знизити ймовірність виникнення помилки опису й полегшити їхній пошук і усунення.

Симетричні графи використовуються в моделях об'єктів, що мають більшу розмірність і не потребують високої точності розрахунку відстаней.

У порівнянні з координатним методом моделювання, топологічні схеми мають вагомі переваги, обумовлені їхньою спеціалізацією. На відміну від координатного підходу, що може використовуватися для подання найрізноманітніших об'єктів, графи, в основному, створені для моделювання саме таких об'єктів як транспортні мережі.

Але у топологічного підходу існує й недолік, що здобуває досить серйозний характер при моделюванні транспортної мережі для рішення завдань у сфері організації дорожнього руху (ОДР). Він укладається у відсутності просторової орієнтації графа.

Для усунення цього недоліку при проведенні відповідних розрахунків використовується комбінований координатно-топологічний метод, при якому в число характеристик вершин графа включаються їхні координати.

Введення координат дозволяє легко розрахувати кут повороту дороги в транспортній мережі при перетинанні вершини й визначитися з напрямком руху. Цей спосіб також дозволяє спростити процес опису графа транспортної мережі, тому що при рішенні завдань у сфері ОДР вершинами графа служать перехрестя, а більшість ділянок є прямими, що з'єднують сусідні перехрестя.

У класифікації методів моделювання транспортної мережі також виділені два різних підходи до формування топологічних схем – монотранспортний і політранспортний.

Більшість завдань у сфері організації перевезень вирішується для одного виду транспорту й стандартний варіант топологічного методу призначений для моделювання монотранспортної мережі. Однак існують завдання в сфері організації пасажирських перевезень і дорожнього руху, при яких необхідно виділяти кілька видів транспортних засобів, для яких будуть відрізнятися можливості проїзду різними ділянками транспортної мережі. У цій ситуації застосовуються два види моделювання.

У першому випадку створюється стільки монотранспортних графів, скільки видів транспортних засобів розглядаються в завданні. Однак цей метод не дуже ефективний, тому що об'єктивно єдина транспортна мережа представляється декількома графами й у моделі складно відстежити взаємодію між різними видами транспортних засобів.

У другому випадку застосовуються політранспортні графи, які відрізняються від монотранспортних розширеним списком характеристик ланок. У них включена характеристика можливості проїзду відповідним видом транспорту.

У галузі організації вантажних перевезень вершинами графа представляються вантажоутворюючі та вантажопоглинаючі об'єкти. До них відносяться станції, заводи, склади, магазини й т. ін. У цьому

випадку для будь-якої кількості об'єктів, що описуються вершинами в графі транспортної мережі можна записати нерівність

$$\sum_i^{n_e} S_i \ll S_m, \quad (6.3)$$

де n_e - кількість вершин у графі транспортної мережі;

S_i - площа об'єкту, що представляється i -ою вершиною графа транспортної мережі;

S_m - площа міста, для якого складається модель транспортної мережі.

Для даного випадку характерні проблеми з точним поданням транспортної мережі. Справа в тому, що сама транспортна мережа в основному описується перехрестями транспортних магістралей, але оскільки розташування об'єктів визначається далеко не цілями моделювання, то розміщення об'єктів на перехресті є частковим випадком.

Хоча, можливо, вийшов би й інший варіант, оскільки тут довелося приймати рішення в умовах неоднозначності. При цьому варіанті не всі ділянки транспортної мережі описані графом, що спричиняє істотне зниження точності розрахунків. І ще один недолік такого моделювання – втрата наочності топологічної схеми, що серйозно позначається на можливостях візуального контролю якості моделювання.

Допомогти в описі транспортної мережі, для цих випадків, покликані вузли транспортної мережі або інакше, транспортні вузли.

Транспортний вузол – це елемент опису транспортних мереж, що служить винятково для опису перетинання магістралей і не має місткісних характеристик.

Цей варіант є, безсумнівно, більш точним, у порівнянні з попередніми, і менш трудомістким. Єдиним обмеженням на використання транспортних вузлів є ресурсні можливості програмного забезпечення, з використанням якого складається модель транспортної мережі. Сумарна кількість вершин і вузлів у графі транспортної мережі не повинна перевищувати максимально допустимого розмірності графу.

У сфері організації пасажирських перевезень (ОПП) та дорожнього руху (ОДР) при моделюванні виникає проблема іншого

роду. У цих випадках принаймні частину об'єкта перевезень становлять пасажирів, а в якості пасажироутворюючих і пасажиропоглинаючих об'єктів може виступати практично вся територія міста й нерівність для цього випадку приймає наступний вид

$$\sum_i^{n_g} S_i \approx S_m, \quad (6.4)$$

І, відповідно, практично вся територія міста повинна бути розбита на транспортні райони й коректно представлена в топологічній схемі. Необхідно згадати, що транспортні райони представлені крапкою (вершиною) на графі транспортної мережі. Домогтися повної відповідності між об'єктом і моделлю в даних умовах неможливо й основне питання тут – досягнення максимально можливої точності моделювання.

Якби моделювання транспортної мережі було самостійним завданням, а не проміжним етапом у рішенні завдань транспортного планування, то відповідь на питання про максимальний ступінь відповідності моделі й об'єкта був би дуже простий – чим більше вершин у графі транспортної мережі, тим краще. Межа розмірності графа – дозволяючи здатності програмного забезпечення.

Але кінцевою метою моделювання є одержання максимально точних або достовірних результатів вибору оптимального стану системи. З обліком цього, вибір оптимальної розмірності графа транспортної мережі здійснюється на підставі трьох основних вимог.

Топологічна схема повинна забезпечувати:

1. Коректність подання реальних об'єктів вершиною графа транспортної мережі.
2. Можливість одержання об'єктивної інформації про транспортні райони.
3. Стабільність характеристик транспортних районів при зміні структури об'єктів.

Для виконання першої вимоги кількість транспортних районів повинна прагнути до максимуму.

Друга вимога пов'язана з необхідністю проведення досліджень для визначення характеристик вершин графа. При більших розмірах транспортного району (ТР) їхні характеристики підкорюються закону більших чисел. Зі скороченням розмірів ТР, тобто збільшенням їхньої

кількості, чинність закону більших чисел послабляється, і для одержання об'єктивної інформації про вершини потрібне проведення великої кількості досліджень.

Наприклад, при зменшенні розмірів ТР і, відповідно, кількості жителів у ньому, може знадобитися перехід від середньої величини як характеристики ємності району по відправленню, до закону розподілу через значні коливання пасажирів, що виїжджають, у період проведення обстеження.

Крім того, діє ще одна, більш проста лінійна залежність: чим більше ТР, тим більше необхідно досліджень для визначення їхніх характеристик. Звідси треба, що для виконання другої вимоги кількість ТР повинна прагнути до мінімуму.

Третя вимога визначає необхідність використання такої моделі, вихідні дані якої не змінюються внаслідок рішення завдання. Тобто, повинні бути забезпечені досить чіткі границі системи, при яких характеристики зовнішнього середовища не залежать від стану системи.

Наприклад, ємності зупиночних пунктів (ЗП) по відправленню й прибуттю можуть змінитися внаслідок рішення завдання маршрутизації через перехід пасажирів на нові варіанти шляхів пересування. Але, чим більше ЗП буде входити в ТР, тим менше його ємності будуть піддаватися змінам, оскільки новий для пасажира ЗП не може розміщатися далеко від колишнього. Таким чином, третя вимога також визначає зворотний зв'язок між кількістю районів і стабільністю їхніх характеристик – чим менше ТР, тим краще.

Для одержання конкретних розмірів графа відповідно до описаних вимог необхідно провести додаткові дослідження, щоб визначити точний вид залежностей, зображених на графіку.

6.2 Основні правила мікрорайонування міста

У цей час питання визначення оптимальних розмірів графа й конфігурації ТР зважується на рівні вказівки цілей моделювання і її конкретизації в правилах транспортного

мікрорайонування. Ці вказівки розроблені для моделювання транспортних мереж при рішенні завдань у сфері ОПП.

Мета моделювання – призначення меж і центрів ТР повинне виконуватися так, щоб всі пересування усередині ТР здійснювалися б пішки, а всі пересування між ТР зводилися б до пересуваннями між їхніми центрами.

Тут, крім задоволення вищевказаним вимогам, відбувається виділення об'єкта дослідження – транспортні пересування пасажирів. Найпоширенішою ознакою розподілу території міста на ТР є території поштових відділень зв'язку.

Однак далеко не завжди границі відділень зв'язку відповідають меті моделювання й необхідна їй подальша конкретизація в правилах мікрорайонування.

Основні правила мікрорайонування міста:

1. Максимальна площа ТР 2,5 км², максимальна відстань і час підходу пасажирів до зупинки 800 м або 10 хв.

2. Ріки, ж/д шляхи, яри й ін. перешкоди, а також границі адмінрайонів міста служать природними границями ТР і не повинні перебувати всередині нього.

3. Границі ТР не повинні ділити будинки, парки, заводські території.

4. Великі пасажиропоглинаючі об'єкти із прилягаючими до них територіями виділяються в окремі ТР.

5. Межа ТР не може проходити по великих магістралях з маршрутом міського пасажирського транспорту (МПТ) і повинна перетинати її під прямим кутом.

6. Зв'язок між сусідніми ТР повинен здійснюватися по одній транспортній магістралі, виключення становлять дві паралельні вулиці із зустрічним рухом.

7. Межі ТР не повинні перебувати поблизу зупиночних пунктів з великим пасажирообміном.

8. Всі тупикові ділянки транспортної мережі із прилягаючими до них територіями виділяються в окремі ТР.

9. На території ТР не повинно перебувати більше одного перетинання транспортних магістралей.

10. Якщо руху МПТ здійснюється по двох паралельних вулицях з різною пропускною здатністю, то в деяких випадках доцільно вулицю з меншою пропускною здатністю охопити територією ТР і не розглядати її в якості окремої транспортної магістралі.

11. У ТР із тупиковою ділянкою транспортної мережі за центр приймається кінець тупикової ділянки.

12. У ТР із вузлом перетинання транспортних ліній за центр приймається крапка цього перетинання.

13. Центри ТР повинні, по можливості, розташовуватися рівно віддалено від границь між ТР, не тільки по відстані, але й за часом підходу, зручності й т.д.

14. За центр ТР приймається одна із входних у нього зупинок МПТ, як правило, з найбільшим пасажирообміном, при наявності станції метро вона є центром ТР.

Ці правила не можуть служити чіткими вказівками до мікрорайонування, оскільки вони не дають відповіді на всі питання мікрорайонування й, у ряді випадків суперечать один одному. При виникненні невизначеності або спірної ситуації варто вертатися до мети моделювання транспортної мережі й вирішувати ці ситуації, орієнтуючись на неї.

Для завдань у сфері ОДД подібних вказівок до теперішнього часу не розроблено, що пов'язане з відносно слабким розвитком методів мережного керування ДД у містах. Відсутність програмного забезпечення для рішення цих завдань поки дозволяє обходитися без правил мікрорайонування і їхня розробка – справа майбутнього.

6.3 Сучасні інструменти транспортного моделювання автотранспортних систем

В даний час, коли людство безпосередньо зіштовхнулося з великими наслідками транспортних проблем, їх вирішення в розвинених країнах обов'язково проводиться за допомогою спеціалізованих пакетів транспортного планування, метою яких є надання кількісної оцінки основних параметрів транспортного процесу. Ця інформація є необхідною для прийняття зважених рішень в транспортній галузі шляхом порівняння альтернативних варіантів розвитку міст, регіонів та країн в цілому.

Зараз вже розроблено дуже багато програмних продуктів, які дозволяють проводити кількісну оцінку. Таких програм настільки

багато, що створюється враження: перед фахівцями з транспортного планування не стоїть питання вибору якогось певного підходу чи методу моделювання транспортної системи міста або регіону. Необхідно лише обрати інструмент для транспортного планування, який має достатню варіативність прийняття рішень при розробці моделей транспортного попиту та пропозиції [1].

Однак це зовсім не так, тому що жоден з програмних продуктів не забезпечує абсолютну точність прогнозу та не надає вказівок до вибору того чи іншого інструментарію. Вони лише з більшим або меншим успіхом програмно реалізують відомі наукові методи моделювання, кількість та якість програмної реалізації яких саме і визначає рівень та корисність програмного продукту. Тому аналіз існуючих програмних пакетів транспортного моделювання проводиться з точки зору набору інструментів, який вони мають та можливостей їхнього застосування при формуванні моделей транспортних систем міст і регіонів.

Найбільш відомим прикладом поширення і використання програмних продуктів для транспортного моделювання можна розглянути перелік програмного забезпечення, що рекомендовано до використання Федеральною адміністрацією швидкісних автомагістралей США (US Department of Transportation, FHWA) [2]. Слід відзначити, що в даному звіті представлено основні програмні продукти за областями їхнього застосування, серед яких виділені: ескізне планування; оптимізація транспортних потоків; макроскопічні, мезоскопічні, мікроскопічні симуляційні моделі, інтегровані інструменти для аналізу транспортних потоків, НСМ методологія, моделювання попиту на переміщення.

На територіях колишнього СНД серед розробок для вирішення задач транспортного планування можна виділити наступні: програма Transnet (Інститут системного аналізу РАН, Москва); програмне забезпечення, розроблене НДПІ територіального розвитку та транспортної інфраструктури (Санкт-Петербург); ПКМ МАДИ (Москва); програмний комплекс щодо техніко-економічного обґрунтування рішень на федеральній мережі автомобільних доріг (ГіпродорНІІ, Москва); автоматизована методика розрахунку пасажиропотоків в генпланах міст і КТС (ЦНІП містобудування, Москва) [3].

Але перераховані вище програмні продукти не отримали суттєвого застосування, так як мають ряд недоліків:

- створювалися виключно під конкретних користувачів і для вирішення конкретних завдань;
- математичний апарат, що в них використовується, заснований на спрощених методиках і алгоритмах;
- емпіричні дані отримані, як правило, за результатами досліджень, виконаних в епоху будівництва соціалізму, і не відповідають сучасним реаліям.

Слід також відзначити і те, що на ринку імітаційних пакетів представлений досить широкий спектр інструментів, призначених для моделювання транспортних потоків на мікрорівні. Серед них, наприклад, можна відзначити ті пакети, що найбільше використовуються в європейських країнах: AIMSUN2, DRACULA, Paramics, SISTM, VISSIM.

Для вирішення питань побудови транспортних систем міст (регіонів) розроблено досить велику кількість програмних продуктів. Необхідно відзначити, що більша частина з них дає можливість моделювання об'єктів як для систем громадського транспорту, так і індивідуального. Наприклад, такими можливостями відрізняється програма AIMSUN, що представляє собою повнофункціональний комплекс інструментів аналізу транспортних потоків і пасажирських перевезень [4]. Цей програмний продукт здатний імпортувати і обробляти дані від різних геоінформаційних систем, включаючи ESRI, Tele Atlas, NAVTEQ та ін. Також в ньому підтримуються формати даних і інших додатків, в число яких входять, наприклад, EMME/2, CONTRAM, SATURN, TRANSYT-7F, TRANSYT/12, VS-PLUS. На рис. 6.3 представлено інтерфейс програми AIMSUN.

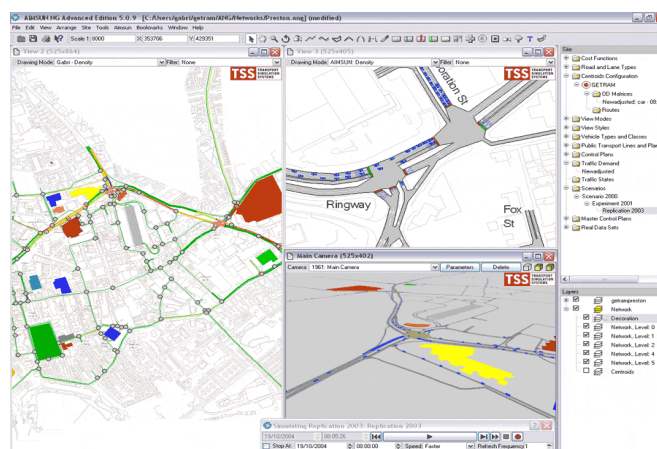


Рисунок 6.3 – Інтерфейс програми AIMSUN

AIMSUN2 (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks) являє собою програмне забезпечення, здатне відтворювати реальні умови руху в міській мережі, які можуть містити і швидкісні автомагістралі. Пакет заснований на мікроскопічному підході моделювання. Поведінка кожного окремого транспортного засобу в мережі постійно коригується у часі згідно з деякими моделям поведінки водія. AIMSUN2 поєднує дискретно-безперервний підхід до моделювання: в ньому є ряд елементів транспортних систем (транспортні засоби, детектори), стан яких постійно змінюється протягом періоду моделювання, а є й інші елементи (світлофори, входи), стан яких змінюється дискретно в задані моменти моделювання. Пакет дуже детально моделює потоки в мережі: розрізняються окремі види транспортних засобів та їх водіїв, вирішується широкий спектр мережевої геометрії, враховуються типові інциденти і т. ін. AIMSUN2 інтегрований в імітаційну середу GETRAM (узагальнена середа для аналізу і моделювання транспортних потоків), яка складається з графічного редактора мережі, бази даних мережі, статичної моделі задач, тимчасових моделей і модуля для зберігання і представлення результатів [3]. На рис. 6.4 представлений інтерфейс програми AIMSUN2.

DRACULA (Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Micro-simulation). Даний пакет мікромоделювання розроблений в Інституті транспортних досліджень (Університет м. Лідса, Великобританія). Він є складовою частиною пакета програм SATURN, розроблених за підтримки консалтингової компанії WS Atkins consultants. Розвиток та апробація даної моделі здійснювалися за рахунок великих грантів Ради з науково-технічних і фізичних досліджень Великобританії, а також за підтримки DRIVE II Telematics programme Європейського союзу. В даний час дана модель допрацьовується і вже в найближчому майбутньому буде включати вивчення витрат на поїздки з урахуванням автомобільних заторів в режимі реального часу, динамічного маршрутного орієнтування, впровадження відокремлених смуг руху для громадського транспорту, процедури евакуації в разі надзвичайних ситуацій (наприклад, хімічних аварій, повеней), а також стратегічне (міжміське) моделювання. В даний час DRACULA дозволяє моделювати наслідки політики попиту та пропозиції в мережі маршрутів, але є плани розширити цей діапазон можливостей для

заповнення більш високих рівнів вибору, що стосуються способів пересування та локалізації місць проживання і місць роботи [5].

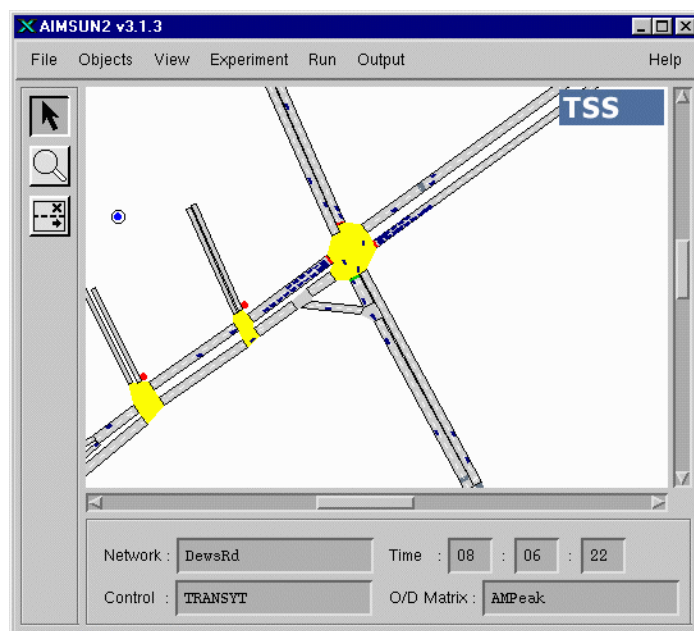


Рисунок 6.4 – Інтерфейс програми AIMSUN

Наприклад, вибір маршруту може бути змодельований на рівні індивідуального водія або на сумарному рівні; односекундний інтервал мікромодельовання може бути використаний для руху по обраному шляху або можуть бути використані макромоделі руху; вибір маршруту може розглядатися як вибір водіїв або він може бути зафіксований, можливий вибір часу поїздки за маршрутом у відповідь на несподівані ситуації, деталізується вибір смуги руху, щоб уникнути попадання в смугу з великим затором. Вибір конкретного набору параметрів супермоделі викликає конкретну модель з пакету DRACULA. З точки зору моделювання спеціальних умов, таких як нещасні випадки, лиха чи погодні умови, які негативно відбиваються на пропускній здатності доріг, пакет DRACULA ідеальний. Він надає можливість моделювати реакцію водіїв на інформацію в дорозі (коли, наприклад, спостерігається затор або по радіо надається відповідна інформація), беручи до уваги те, як вони використовують свій практичний досвід (збережений в їх особистому файлі історії) з подолання надзвичайних ситуацій [5].

PARAMICS (PARAllel MICROscopic Simulation, Quandstone Ltd., United Kingdom) – набір програмних інструментів для моделювання трафіку на мікрорівні. Даний пакет широко використовується у

Великобританії і США. Він призначений для моделювання транспортних вузлів у містах (перехрестя, регульовані правилами пріоритету і світлофорами, транспортні розв'язки і т. ін.), перевантажених автострад, а також для моделювання оптимізації роботи громадського транспорту, з'їздів з автомагістралей, регулювання маршрутів громадського транспорту, світлофорів і т. ін. [6].

PARAMICS дозволяє реалізувати підходи до моделювання потоків на транспортній мережі будь-якого розміру, починаючи з простого перехрестя і закінчуючи національною транспортною мережею. Основними обмеженнями на розмір мережі є обсяг пам'яті і потужність комп'ютера. Пакет підтримує можливість індивідуального переміщення близько 200 тис. автомобілів в одиницю часу. Задано сім класів транспортних засобів, проте користувач може створити свій власний транспортний засіб. Вибір маршруту автомобілем визначається заданою таблицею вартостей. У кожного транспортного засобу є заданий інтервал часу (в середньому одна секунда), через який перевизначається його положення на мережі і його поведінка. Зміна смуги на дорозі виконується з урахуванням інтервалу часу і попередньої «історії» автомобіля. В пакеті реалізований алгоритм, який задає рух автомобіля за заданою траєкторією маршруту. Рух регулюється фізичними атрибутами автомобіля і його поточною швидкістю. Підтримується можливість визначення маршруту згідно матриці кореспонденцій. В PARAMICS реалізовані можливості збору статистики і формування всебічних звітів про аналіз транспортної мережі. Передбачені 2D/3D візуалізація, створення презентацій та відеороликів [6]. На рис. 6.5 наведено користувальницький інтерфейс програми.

SISTM (Simulation of Strategies for Traffic on Motorways) – програмний пакет, призначений для вивчення дорожнього руху в обмежених умовах з метою розробки та оцінки різних стратегій, спрямованих на зменшення заторів. Його розробка розпочата в 1988 році. SISTM може оцінювати: різні розташування автомагістралей (включаючи їх перетини); змінні системи обмеження швидкості; пандуси вимірювальних систем; змінені характеристики транспортних засобів; зміну поведінки водіїв. Продукт розроблений у Великобританії (Highways Agency) і доступний для всіх осіб, які потребують моделювання автомобільних доріг. Це мікроімітація автомагістралі з автомобілями, які слідуєть алгоритму з

використанням зміненого рівняння Гіппса. Поведінка кожного водія описується двома параметрами – агресивністю і розумінням. Ці параметри використовуються для отримання бажаного розподілу швидкостей і побічно бажаних інтервалів між транспортними засобами. Часовий інтервал, що використовується в моделі складає 5-8 секунд. Зміна смуги контролюється спеціальним параметром із зазначенням користувачем бажання такої зміни, коли здійснюється маневр зміни смуги, водієві дозволяється приймати тимчасово «небезпечне» просування вперед. Це дозволяє згладжувати ефект в тих випадках, коли водій рухається по вибраній смугі [6].

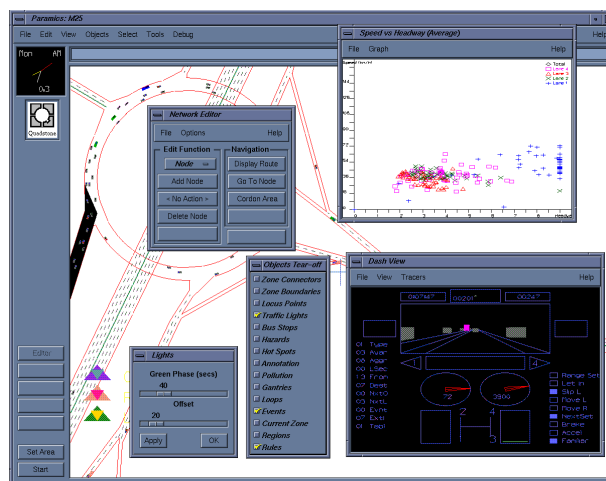


Рисунок 6.5 – Користувальницький інтерфейс програми PARAMIC

Інший програмний продукт, ЕММЕ – повна система моделювання попиту на пересування для прогнозування транспортної ситуації на міському, регіональному та національному рівнях. Програмне забезпечення ЕММЕ використовується більш ніж у половині найбільших міст світу і забезпечує роботу декількох найскладніших у світі моделей транспортного прогнозування [7].

Система AnyLogic підтримує три технології створення імітаційних моделей: процесно-орієнтований (дискретно-подієвий), системно динамічний і агентний, а також будь-яку їх комбінацію. Графічний інтерфейс AnyLogic, інструменти та бібліотеки дозволяють швидко створювати моделі для широкого спектра задач від моделювання виробництва, логістики, бізнес-процесів до стратегічних моделей розвитку компанії і ринків [8]. Також є приклади застосування AnyLogic для моделювання окремих

елементів транспортної системи міського пасажирського транспорту, а саме, окремих маршрутів [9].

Arena, розроблене компанією Systems Modeling Corporation програмне забезпечення для імітаційного моделювання, дозволяє створювати рухомі комп'ютерні моделі, використовуючи які можна адекватно представити дуже багато реальних систем. Сфера основних додатків системи – імітаційне моделювання виробничих технологічних процесів, проектування шляхів сполучення, транспортних завдань [10].

Найбільшого поширення в галузі транспортного планування отримав програмний комплекс PTV Vision®. Він включає в себе ряд програмних продуктів, розроблених в Німеччині, які використовують сукупність складних, достовірних і перевірених часом моделей.

До складу програмного комплексу PTV Vision® входять інструменти для планування транспортної мережі на всіх рівнях, починаючи від простого перехрестя (PTV Vision® VISSIM) до транспортної мережі всього міста, регіону чи навіть країни (PTV Vision® VISUM).

VISSIM – багатоцільовий пакет для моделювання транспортних потоків на мікрорівні. Він широко використовується в Європі, США та інших країнах. Пакет призначений для аналізу, реінженірінга та оптимізації міських та міжміських транспортних сполучень.

Програмне забезпечення дозволяє моделювати міські перехрестя будь-якої складності і типу регулювання, аналізувати пропускну здатність транспортних систем і тестувати схеми транзитних пріоритетів. Пакет дозволяє управляти системами контролю альтернативних маршрутів і контролю трафіку, аналізувати ємність стоянок і моделювати потоки різних транспортних засобів з перетинами, пересадками на різних рівнях (автобусний маршрут, залізниця, метро, ескалатор і т. ін.). Реалізована можливість підключення матриць кореспонденцій пакетів VISUM і Emme 2/3. Реалізований інтерфейс з такими пакетами, як TEAPACK і SYNCHRO. В VISSIM реалізована модель Відерманна, яка описує поведінку водія за кермом. У ній враховуються психофізичні можливості людини: зниження уваги і часу реакції; час, необхідний для прийняття рішення в умовах навколишнього середовища [3].

VISSIM надає можливість збору статистики на будь-якій ділянці транспортної мережі та формування звітів, створення презентацій та відеороликів. На рис. 6.6 показано інтерфейс програми VISSIM.

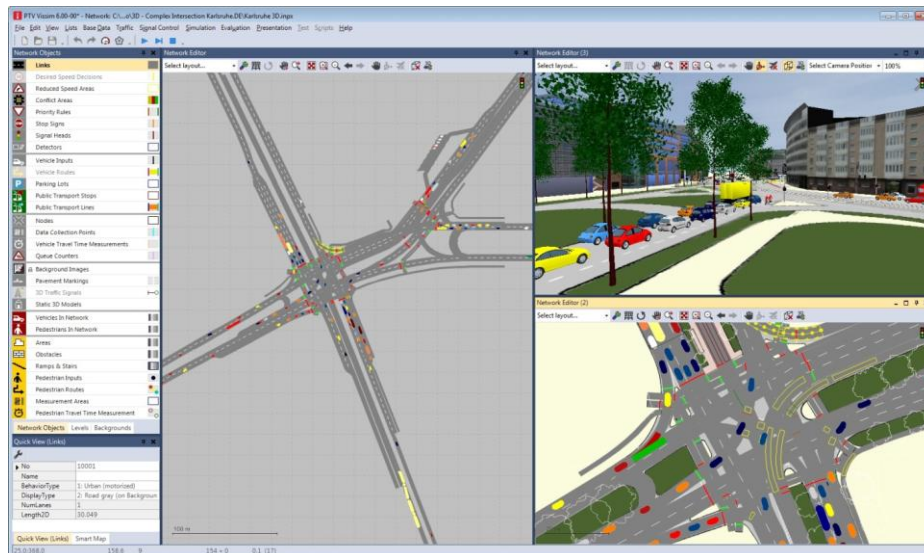


Рисунок 6.6 – Інтерфейс програми VISSIM

Також необхідно відзначити і програмний продукт PTV Vision® VISWALK. З його допомогою можна моделювати пішохідний рух і використовувати для планування міста, зручного, насамперед для пішохода, а не автомобіля [11]. Дуже важливим для розглянутої задачі, з врахуванням перспектив розвитку моделювання автотранспортних потоків на мережі автомобільних доріг загального користування державного значення, є можливість обміну даними між всіма пакетами транспортного моделювання програмним комплексом PTV Vision®.

Схожі функціональні можливості з програмним комплексом PTV Vision® має TRANSCAD [12]. На рис. 6.7 наведено інтерфейс програми.

В результаті проведеного огляду до числа досить апробованих в розвинених країнах світу програмних продуктів, призначених для транспортного моделювання можна віднести наступні пакети: TransCad® (Caliper Corp., USA); EMME/2™ (Montreal University); TRIPS (MVA UK); CUBE (<http://www.citilabs.com>); SATURN (Leeds University, UK, тільки для транспортних потоків); VISUM (компонент пакета PTV Vision, PTV AG, Karlsruhe, Germany). Порівняємо їхні можливості більш детально.

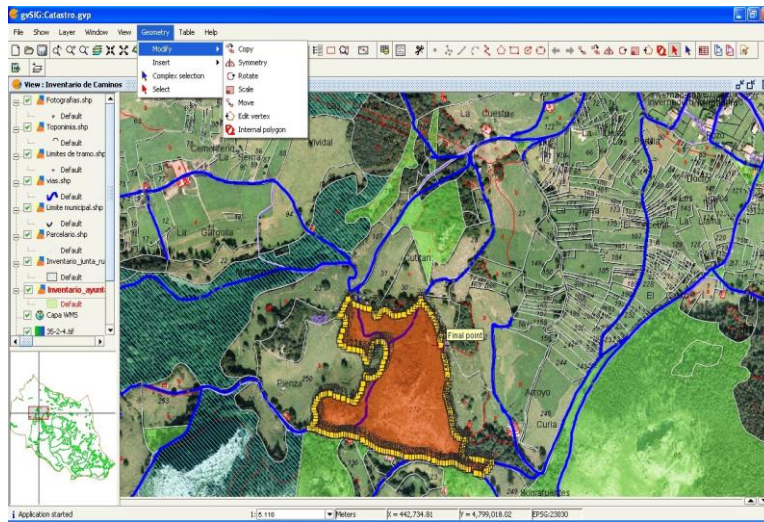


Рисунок 6.7 – Інтерфейс програми TRANS CAD

Cube (Розробник Citilabs, США). Має хороші умови для моделювання та управління різними сценаріями. Можливість моделювати сценарії та управляти додатками дозволяє використовувати різні підходи до процесу моделювання. Програмний пакет складається з базового інтерфейсу Cube та бібліотеки програм для виконання різних процесів моделювання. Базовий Cube інтегрований з ArcGIS, щоб забезпечити доступ до баз геоданих, редагування транспортної мережі моделі і відображення картографічних даних. Модуль Cube Voyager використовується для моделювання попиту пасажирів. Cube – це програма, що керується на основі сценаріїв (скриптів) і використовує скриптову мову, схожу на TRANPLAN.

EMME 2/3 (Розробник INRO, Канада) надає відкритий підхід до моделювання, і робить можливим розробку моделі, заснованої на місцевих потребах. Програмне забезпечення надається в окремих модулях і користувач самостійно обирає набір модулів в залежності від потреб моделювання. Плагін для моделі EMME дозволяє інтеграцію з програмним забезпеченням ArcGIS. Модель вимагає дуже інтенсивну обробку даних і не має параметрів за замовчуванням, які є корисними при розробці простих моделей попиту з обмеженими ресурсами та досвідом. Програмне забезпечення особливо корисне при аналізі декількох систем з декількома видами транспорту.

TransCAD (Розробник Caliper, США) – це програмне забезпечення, поєднано з ArcGIS в єдину інтегровану платформу і включає в себе складні функції геоінформаційних систем (ГІС).

TransCad використовує унікальну програмну мову GISDK, яка дозволяє моделювати транспортні процеси та додаткові функції, що не є доступними за замовчуванням. TransCad надає декілька альтернативних методик для кожного кроку процесу транспортного моделювання, а також має ряд інструментів для аналізу та відображення результатів. Пакет програмного забезпечення може бути інтегрований з TransModeler для моделювання руху та 3-D візуалізації. Недоліком програми є висока ціна та необхідність використання нетипової мови програмування (GISDK) для керування програмою.

VISSUM (Розробник PTV AG, Німеччина) є зручним програмним пакетом, який дозволяє інтегрувати відповідні види транспорту в одну послідовну модель мережі. VISUM використовує ГІС для відображення і редагування мережі. Програмне забезпечення інтегровано з VISSIM, популярним інструментом для мікро-моделювання. VISUM пропонує різні варіанти подальшого аналізу розподілу транспортних потоків (ТП), в тому числі ізохрони часу на переміщення і моделювання перехресть. VISUM дозволяє з легкістю імпортувати моделі з інших програмних пакетів, включаючи Cube, TransCad, EMME/2 [13 - 15].

Результати проведеного аналізу свідчать про наявність двох основних підходів до побудови математичних моделей транспортних потоків:

- на вихідному наборі гіпотез відразу будується закінчена аналітична модель (характерно для макромоделей);
- застосовується модель з додатковим використанням закодованих алгоритмів поведінки (імітаційні моделі для мікрорівня).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Аналіз показав, що моделі, які використовуються в розвинених країнах світу, вимагають обережного застосування, принаймні, з двох причин: по-перше, є специфіка в організації руху; по-друге, поведінка вітчизняних водіїв на дорозі не відрізняється високою дисциплінованістю.

2. Сучасні вимоги до транспортних моделей є такими, що вони повинні мати можливості для інтегрування з ГІС-моделями і базами даних з параметрами вулично-дорожньої мережі.

3. Визначили, що серед програмних продуктів для моделювання транспортних процесів існують два сімейства:

– для вирішення задач на макрорівні (прогноз кореспонденцій і потоків, реалізований на загальноприйнятій чотирьохетапній моделі розрахунків), в основі розрахунків лежить алгоритм пошуку рівноважного розподілу потоків;

– для вирішення задач на мікрорівні (аналіз параметрів руху, затримок і пропускних спроможностей на локальних ділянках мережі). Ці завдання вирішуються в основному із застосуванням імітаційного моделювання.

4. Встановлено, що всім вимогам до програмного забезпечення, яке повинне виконувати завдання якісного моделювання транспортних систем міст відповідає пакет транспортного планування VISUM. Окрім того, що в нього вбудовані практично всі відомі на цей час методи та моделі виконання кожного етапу моделювання потоків, він має супровід з програм мікромоделювання, що забезпечує безперешкодний розвиток моделі транспортних систем міст та її подальше використання з метою підвищення ефективності та безпеки дорожнього руху на них, а це, в свою чергу, дозволить знизити інгредієнтний та механічний вплив автотранспорту на навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Любий Є.В. Основи теорії транспортних процесів і систем: моделювання маршрутних систем пасажирського транспорту міст / Є.В. Любий, С.В. Свічинський // Вісник НТУ «ХП»: зб. наук. праць. – Х.: НТУ «ХП» - 2012. - № 44(950). – С. 55-60.

2. Appendix E: Traffic Analysis Tools by Category / U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol2/sectapp_e.htm#top.

3. Бекмагамбетов, М.М. Анализ современных программных средств транспортного моделирования [Текст] / М.М. Бекмагамбетов, А.В. Кочетков // Журнал ААИ. Секция «Исследования, конструкции,

технологии». №6 (77). – М.: ООО «Издательский Дом ААИ ПРЕСС», 2012. – С. 25-34.

4. Пакет имитационного моделирования Aimsun / Сайт компанії AGA Group Inc. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.againc.net/ru/production/its/programms/aimsun>.

5. Транспортное моделирование в мегаполисах республики Казахстан / Сайт Поволжского учебно-исследовательского центра «Волгодортранс». [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.volgodortrans.ru/articles/27.pdf>.

6. Использование возможностей имитационного моделирования для анализа транспортных узлов / Сайт GPSS имитационное моделирование систем // И. В. Яцкив, Е. А. Юршевич, Н. В. Колмакова. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.gpss.ru/immod05/s3/yackiv/2.html>.

7. Emme 4. Более совершенное моделирование / Сайт компанії Inrosoftware // Презентація програмного продукту Emme 4. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.inrosoftware.com/pdf/emmebrochure-ru.pdf>.

8. Инструмент имитационного моделирования AnyLogic: обзор / Сайт компанії AnyLogic. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.anylogic.ru/overview>.

9. Моделирование пассажирского автобусного маршрута в AnyLogic / Сайт компанії AnyLogic // А. В. Липенков, О. А. Маслова, М. Е. Елисеев. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.anylogic.ru/articles/modelirovanie-passazhirskogo-avtobusnogo-marshruta-v-anylogic>.

10. Разработка компьютеризированной системы принятия решений при проектировании автомобильных дорог / Офіційний портал магістрів ДонНТУ // Шаповалова Е.А. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2005/kita/shapovalova/links>.

11. Средства моделирования PTV Vision®: транспортное планирование городов / Офіційний блог Дмитрия Беспалого // В. Швецов, Д. Беспалов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://bespalovdotme.files.wordpress.com/2012/07/8_transport_logistika_fevr4.pdf.

12. Презентация программного продукта TRANSCAD / Офіційний сайт компанії Caliper. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://caliper.com/tcovu.html>.

13. The Future of Transportation Modeling, Final Report / M.P. Boile, K. Ozbay, N. Aboobaker: New Jersey Department of Transportatoion and Federal Highway Administration – 2005. – 124 p.

14. Travel Demand Modeling for the Small and Medium Sized MPOs in Illinois / M.S. Ullah, U. Molakatalla, R. Morocoima-Black, A. Z. Mohideen – Research Report ICT-11-091 – Illinois Center for Transportation, 2011. – 124 p.

15. Weeks Andrew. Vermont Statewide Travel Demand Model-A Preliminary Evaluation / A. Weeks – No. UVM TRC Report# 10-007. – Burlington, 2010. – 46 p.

16. Горбачов П. Ф. Основи теорії транспортних систем : учеб. допомога / П. Ф. Горбачов, И. А. Дмитрієв. – Харків : Изд. ХНАДУ, 2002. - с. 163-191.

17. Горев А. Э. Основи теорії транспортних систем: учеб. допомога / А. Э. Горев. – Спбгасу. – Спб., 2010. – с. 46-78.

ЗМІСТ

ВСТУП	3	
Розділ 1	ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТРАНСПОРТНОГО ШУМУ НА ВУЛИЧНО- ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА	5
	1.1 Основні аспекти оцінки шумового навантаження на навколишнє середовище...	6
	1.2 Дослідження акустичного навантаження примагістральної території.....	10
	1.3 Обґрунтування природоохоронного заходу щодо покращення екологічних характе- стик інфраструктури транспорту.....	19
	Висновки до розділу 1.....	25
	Перелік посилань.....	26
Розділ 2	ВПЛИВ ОБ'ЄКТІВ ПАРКУВАННЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ	27
	2.1 Характеристика об'єктів паркування як джерел екологічної небезпеки.....	28
	2.2 Оцінка впливу автостоянки на рівень забруднення атмосферного повітря рекреаційної зони.....	36
	2.3 Природоохоронні вимоги до об'єктів паркування.....	51
	Висновки до розділу 2.....	55
	Перелік посилань.....	55
Розділ 3	РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В МІСТАХ	59
	3.1 Види міського пасажирського транспорту....	60
	3.2 Теоретичні дослідження маршрутів руху.....	66
	3.3 Експериментальні дослідження маршрутів руху.....	72
	Висновки до розділу 3.....	85
	Перелік посилань.....	86

Розділ 4	ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЕМНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ	88
	4.1 Нормування енергоспоживання.....	89
	4.2 Вплив умов експлуатації на енергоспоживання.....	95
	4.3 Підвищення паливної економічності та екологічності автомобілів в процесі експлуатації.....	101
	4.4 Ефективність заходів щодо енергоспоживання на транспорті.....	110
	Висновки до розділу 4.....	115
	Перелік посилань.....	116
Розділ 5	ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ МЕТОДОМ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ЛИСТЯ ДЕРЕВ	118
	5.1 Загальна характеристика впливу антропогенних факторів на зелені насадження.....	119
	5.2 Методи визначення флуктуючої асиметрії... ..	132
	5.3 Використання показника флуктуючої асиметрії для визначення рівня забруднення атмосферного повітря.....	136
	Висновки до розділу 5.....	142
	Перелік посилань.....	142
Розділ 6	МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ	145
	6.1 Підходи до моделювання транспортних мереж.....	146
	6.2 Основні правила мікрорайонування міста....	155
	6.3 Сучасні інструменти транспортного моделювання автотранспортних систем.....	157
	Висновки до розділу 6.....	167
	Перелік посилань.....	168
	СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	173
	ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	174
	ДОДАТОК	175

|| СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АТЗ	– автотранспортні засоби
ВДМ	– вулично-дорожня мережа
ГДК	– гранично-допустима концентрація
ГІС	– геоінформаційні системи
ДВЗ	– двигун внутрішнього згоряння
ДД	– дорожній рух
ДТП	– дорожньо-транспортна пригода
ЗП	– зупиночний пункт
МПТ	– міський пасажирський транспорт
ОДР	– організація дорожнього руху
ОПП	– організація пасажирських перевезень
ТП	– транспортний потік
ТС	– транспортна система
ТР	– транспортний район
ФА	– флуктуюча асиметрія

|| ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Лежнева Олена Іванівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра Екології (Україна, м. Харків).

Желновач Ганна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра Екології (Україна, м. Харків).

Очеретенко Сергій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра Транспортних систем і логістики (Україна, м. Харків).

Пономарьова Надія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра Транспортних систем і логістики (Україна, м. Харків).

Прокопенко Наталія Вікторівна – кандидат біологічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра Екології (Україна, м. Харків).

Любий Євген Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра Транспортних систем і логістики (Україна, м. Харків).

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF TRAFFIC NOISE ON THE ROAD NETWORK OF THE CITY

Lezhneva E. – PhD (Eng.), Assoc. Prof., Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of Ecology (Ukraine, Kharkiv).

Abstract. Noise pollution was estimated as anthropogenic load factor on the environment, a noise map of the microdistrict is constructed and an environmental measure is developed to improve the environmental characteristics of the transport infrastructure.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТРАНСПОРТНОГО ШУМУ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

Анотація. Оцінено шумове забруднення як фактор антропогенного навантаження на навколишнє середовище, побудовано карту шуму мікрорайону та розроблено природоохоронний захід щодо покращення екологічних характеристик інфраструктури транспорту.

IMPACT OF PARKING FACILITIES ON THE ECOLOGICAL QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR OF RECREATIONAL ZONES OF URBANIZED AREAS

Zhelnovach G. – PhD (Eng.), Assoc. Prof., Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of Ecology (Ukraine, Kharkiv).

Abstract. The influence of the parking facilities on the quality of the atmospheric air of the recreational zone is assessed using the example of the Central Park of Culture and Leisure named after M. Gorky of the city of Kharkiv. It wasn't established significant level of such influence. Recommendations are proposed to prevent an increase the level of environmental load at the research site.

ВПЛИВ ОБ'ЄКТІВ ПАРКУВАННЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Анотація. Оцінено вплив об'єктів паркування на якість атмосферного повітря рекреаційної зони на прикладі Центрального парку культури і відпочинку ім. М. Горького міста Харкова. Встановлено не значний рівень такого впливу. Запропоновано рекомендації для запобігання підвищення рівня екологічного навантаження на об'єкті дослідження.

DEVELOPMENT OF THE INFRASTRUCTURE OF ELECTRIC TRANSPORT IN CITIES

Ocheretenko S. – PhD (Eng.), Assoc. Prof., Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of Transport Systems and Logistics (Ukraine, Kharkiv).

Abstract. The analysis of traffic on tram routes in Kharkov is carried out. The factors influencing to the speed of movement were determined. It was established that the speed of the trams on the sections of the route is distributed according to the normal law. Multifactor model of motion changes speed, depending on the length of the distance and the location density of traffic lights was proposed.

РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В МІСТАХ

Анотація. Проведено аналіз руху на трамвайних маршрутах в м. Харкові. Визначені фактори, що впливають на швидкість руху. Встановлено, що швидкість руху трамваїв на ділянках маршруту розподілена за нормальним законом. Запропонована багатofакторна модель зміни швидкості руху від довжини перегону та щільності розташування світлофорів.

DECLINE WAYS OF TRANSPORT PROCESSES POWER-HUNGRYNESS

Ponomaryova N. – PhD (Eng.), Assoc. Prof., Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of Transport Systems and Logistics (Ukraine, Kharkiv).

Abstract. The existing problems of high energy consumption of the transportation process in Ukraine have been analyzed and grouped. The possible ways of reducing the transportation process energy consumption

for the carriage of goods and passengers by road transport have been determined. As a criterion to evaluate the cost-effectiveness of energy-saving actions the amount of profit earned by the motor company through the use of energy-saving actions has been proposed to consider.

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

Анотація. Проаналізовані та згруповані існуючі проблеми високої енергоємності транспортного процесу в Україні. Визначені можливі шляхи зниження енергоємності транспортного процесу при перевезенні вантажів та пасажирів на автомобільному транспорті. Як критерій оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів запропоновано використовувати величину прибутку, що отримує АТП за рахунок застосування заходів з енергозбереження.

ESTIMATION OF CONTAMINATION OF ROADSIDE AREA BY THE METHOD OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF TREE LEAVES

Prokopenko N. – PhD (Biol.), Assoc. Prof., Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of Ecology (Ukraine, Kharkiv).

Abstract. The basic anthropogenic factors affecting on the plants in conditions of urban ecosystems, as well as structural and functional plant changes that arise, were analyzed. The use as indicators of extent of air pollution in the roadside area such as fluctuating asymmetry of silver birch leaves (*Betula pendula*) and small-leaved lime (*Tilia cordata*) was proposed.

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ МЕТОДОМ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ЛИСТЯ ДЕРЕВ

Анотація. Проаналізовано основні антропогенні фактори, що впливають на рослини в умовах урбоєкосистеми та структурно-функціональні зміни рослин, які виникають. Запропоновано використання показників флуктуючої асиметрії листя берези повислої (*Betula pendula*) та липи дрібнолистої (*Tilia cordata*) для визначення ступеню забруднення повітря при магістральній території.

MODELING OF TRANSPORT NETWORKS

Lyuby E. – PhD (Eng.), Assoc. Prof., Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of Transport Systems and Logistics (Ukraine, Kharkiv).

***Abstract.** The existing software products for transport modeling were analyzed in the present article, their areas of application, advantages and limitations were highlighted. The ease of use of the interface of the software designed for the construction transport systems of cities (regions) was characterized. The functional features of the considered software products for users were assessed. The reasons of using models in Ukraine, which used in developed countries were mentioned. The modern requirements of transport models, which should be able to integrate with GIS models and databases to the connecting road network, were characterized. Highlighting that package transport planning VISUM is one of the best from the software, in performing transport modeling of cities and regions.*

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ

***Анотація.** Проведено аналіз існуючих програмних продуктів для транспортного моделювання, виділено їх основні переваги та недоліки, а також сфери використання. Охарактеризовано зручність користування інтерфейсами програмних продуктів, які розроблені для побудови транспортних систем міст. Оцінено функціональні особливості розглянутих програмних продуктів для користувачів.*

Коллективні і авторські монографії НК "СТіЕМ"

НК "СТіЕМ" надає можливість опублікувати результати досліджень в колективних монографіях, які є колективною науковою працею, а також в авторських монографіях.

Книги видаються в твердій палітурці з присвоєнням УДК, ББК та ISBN, а також робиться розсилка екземплярів у ключові бібліотеки України для можливості ознайомитися з ними широкому колу вчених.

Матеріали, що опубліковані в монографіях, відображаються в реферативних базах даних: Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського НАН України, eLIBRARY, CYBERLENINKA, Index Copernicus, що дозволяє відстежити цитованість монографії в наукових виданнях.

Будемо раді бачити Ваші роботи за наступними напрямками:

- Екологія міських систем;
- Екологічні характеристики транспортних систем;
- Екологічна безпека транспортних потоків;
- Транспортні системи;
- Міська логістика (City Logistics);
- Організація дорожнього руху;
- Організація пасажирських перевезень;
- Організація вантажних перевезень;
- Транспортні технології.

Контакти:

050-60-70-395; 093-031-28-23; 099-273-29-03

www.stiem.info

Наукове видання

О.І. Лежнева, Г.М. Желновач, С.В. Очеретенко,
Н.В. Пономарьова, Н.В. Прокопенко, Є.В. Любий

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Монографія

Підписано до друку 23.03.2017 р.
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 10,0
Наклад 300 прим. Зам. № 172413

Видавництво «Смугаста типографія»
31002, м. Харків, вул. Чернишевська, 28А
Тел.: (057) 754-49-42
e-mail: zebra-zakaz@mail.ru

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
серія ДК №4863 від 12.03.2015 р.