

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавра

на тему: **«ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕМЕЛЬ
ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА КИЇВ»**

Виконала: студентка 4 курсу, групи ГКЗ 2022-1

Спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

ОП Геодезія, картографія та землеустрій



Гримашевич Вероніка Олександрівна



Керівник: Радзінська Юлія Борисівна

Рецензент:



Мамонов Костянтин Анатолійович

2026 рік

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
Освітня програма Геодезія, картографія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ЗА та ГІС
д.е.н., проф. Мамонов К. А.

 Восстановимая подпись

X 

Подписано: f054cc53-ba06-45d3-8422-a8d59cd399bb






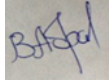
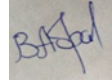
«25» травня 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Гримашевич Вероніці Олександрівні

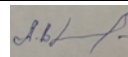
1. Тема проекту (роботи) Геоінформаційне моделювання земель транспортної інфраструктури міста Київ
керівник проекту (роботи) Радзінська Юлія Борисівна, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 441-03
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18 червня 2026 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) відкриті просторові дані OpenStreetMap, картографічні матеріали, наукові публікації, нормативно-правові документи
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Теоретичні основи геоінформаційного моделювання земель транспортної інфраструктури, формування геопросторової бази даних земель, геоінформаційне моделювання земель транспортної інфраструктури міста Київ.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) тематичні карти, ГІС модель, карти щільності.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Радзінська Юлія Борисівна, доцент		
2	Радзінська Юлія Борисівна, доцент		
3	Радзінська Юлія Борисівна, доцент		
4	Абракітов В. Е. доцент кафедри О.П. та БЖД		

7. Дата видачі завдання 25 травня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Формування інформаційної бази	25.05.26	Виконано
2.	Розробка та написання першого розділу роботи	03.06.26	Виконано
3.	Розробка та написання другого розділу роботи	09.06.26	Виконано
4.	Розробка та написання третього розділу роботи	12.06.26	Виконано
5.	Розробка та написання розділу з охорони праці	15.06.26	Виконано
6.	Оформлення роботи та нормоконтроль	18.06.26	
7.	Попередній захист роботи		
8.	Захист дипломної роботи у ДЕК		

Студентка



Гримашевич В. О.

Керівник проекту (роботи)



Радзінська Ю. Б.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 67 с., 20 рис., 1 табл., 24 джерела, 22 слайдів презентації.

ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА, ПРОСТОРОВІ ДАНІ,
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, БАЗА ДАНИХ,
ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ.

Об'єкт проектування – землі транспортної інфраструктури міста Київ.

Мета дипломної роботи – геоінформаційне моделювання земель транспортної інфраструктури міста Київ на основі сучасних геоінформаційних технологій та просторових даних для аналізу структури транспортної мережі та оцінки особливостей її територіальної організації.

Предмет проектування – процеси геоінформаційного моделювання земель транспортної інфраструктури на основі просторових даних.

Впровадження результатів дослідження сприятиме підвищенню ефективності застосування методів геоінформаційного аналізу, просторового моделювання, картографування, системного аналізу, обробки геопросторових даних, буферного аналізу, мережевого аналізу та засобів геоінформаційних систем.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні геоінформаційної моделі земель транспортної інфраструктури міста Київ, яка може використовуватися для проведення просторового аналізу транспортної мережі, оцінки транспортної доступності територій, підтримки прийняття рішень щодо розвитку транспортної інфраструктури та вдосконалення управління міськими територіями.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	10
1.1 Поняття та склад земель транспортної інфраструктури.....	10
1.2 Геоінформаційні системи у дослідженні транспортних територій	13
1.3 Просторові дані транспортної інфраструктури міста Київ	17
1.4 Нормативно-правове забезпечення використання земель транспорту	21
2 ФОРМУВАННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ БАЗИ ДАНИХ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА КИЇВ.....	26
2.1 Характеристика території дослідження.....	26
2.2 Формування бази геоданих на основі OpenStreetMap	30
2.3 Структура транспортної мережі міста Київ	37
2.4 Підготовка даних для геоінформаційного моделювання	42
3 ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА КИЇВ.....	44
3.1 Моделювання транспортного каркасу міста.....	44
3.2. Аналіз щільності транспортної мережі	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
4.1 Концептуальні засади безпеки праці	54
4.2 Організація робочого простору та управління безпекою	55
4.3 Аналіз виробничих факторів та параметрів середовища.....	57
4.4 Забезпечення електробезпеки.....	58
4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях та пожежна безпека.....	60
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Геоінформаційне моделювання – це процес створення цифрової просторової моделі території або окремих об'єктів у середовищі геоінформаційних систем з метою їх аналізу, візуалізації та використання для прийняття управлінських рішень.

ГІС-технології – це сукупність програмних, технічних і методичних засобів, що забезпечують роботу з геопросторовими даними, створення цифрових карт, виконання просторового аналізу та формування картографічних матеріалів.

Просторові дані – це цифрові відомості про місце розташування, геометричні параметри та атрибутивні характеристики об'єктів, що використовуються для аналізу й моделювання території.

Геопросторова база даних – це база даних, яка містить інформацію про просторове положення об'єктів, їх геометрію, властивості та взаємозв'язки між елементами території.

QGIS – це відкрите програмне забезпечення для створення, редагування, аналізу, моделювання та візуалізації геопросторових даних.

ArcGIS – це програмний комплекс для створення, оброблення, аналізу, моделювання та візуалізації геопросторових даних у середовищі геоінформаційних систем.

OpenStreetMap – це відкрита картографічна база даних, що містить інформацію про дороги, вулиці, залізниці, зупинки громадського транспорту, станції метро, мости, транспортні вузли та інші об'єкти інфраструктури.

ГІС – географічна інформаційна система.

ЦМР – цифрова модель рельєфу.

ДЗК – Державний земельний кадастр.

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі.

ВСТУП

Сучасний розвиток міст супроводжується постійним зростанням навантаження на транспортну інфраструктуру, яка є одним із основних елементів функціонування урбанізованих територій. Ефективність транспортної системи безпосередньо впливає на соціально-економічний розвиток міста, рівень мобільності населення, інвестиційну привабливість території та якість міського середовища. Особливої актуальності набувають питання управління землями транспортної інфраструктури в умовах інтенсивного розвитку міських агломерацій, збільшення транспортних потоків та необхідності забезпечення сталого просторового розвитку територій.

Місто Київ є найбільшим транспортним вузлом України, у межах якого функціонує складна система автомобільних доріг, вулиць, магістралей загальноміського значення, мостових переходів, об'єктів залізничного транспорту, метрополітену та інших елементів транспортної інфраструктури. Рациональне використання земель, зайнятих транспортними об'єктами, потребує застосування сучасних інструментів збору, обробки, аналізу та моделювання просторових даних. У цьому контексті особливого значення набувають геоінформаційні системи, які забезпечують інтеграцію різномірної інформації, створення цифрових моделей територій та підтримку прийняття управлінських рішень.

Геоінформаційне моделювання дозволяє здійснювати комплексний аналіз просторової структури транспортної мережі, оцінювати рівень забезпеченості територій транспортною інфраструктурою, визначати зони впливу транспортних коридорів, виконувати аналіз доступності та прогнозувати можливі напрями розвитку транспортної системи. Використання сучасних відкритих геопросторових даних, зокрема даних OpenStreetMap, створює можливість формування актуальних цифрових моделей міських територій та проведення комплексних досліджень без необхідності залучення дороговартісних комерційних наборів даних.

Питанням застосування геоінформаційних систем у транспортному плануванні та моделюванні присвячено праці багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. Значний внесок у розвиток методології геоінформаційного аналізу транспортних систем зробили дослідники у галузях геодезії, землеустрою, транспортного планування, міського розвитку та геоінформатики. Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, питання створення актуальних геоінформаційних моделей земель транспортної інфраструктури великих міст України залишаються актуальними та потребують подальшого вдосконалення.

Актуальність теми роботи визначається необхідністю створення сучасних цифрових моделей земель транспортної інфраструктури міста Київ із використанням геоінформаційних технологій, що забезпечують можливість комплексного просторового аналізу транспортної мережі, оцінки її функціональних характеристик та формування інформаційної основи для прийняття управлінських рішень у сфері розвитку міської транспортної системи.

Метою дипломної роботи є геоінформаційне моделювання земель транспортної інфраструктури міста Київ на основі сучасних геоінформаційних технологій та просторових даних для аналізу структури транспортної мережі та оцінки особливостей її територіальної організації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити теоретичні основи функціонування земель транспортної інфраструктури та особливості їх використання в межах міських територій;
- проаналізувати можливості застосування геоінформаційних систем для дослідження транспортної інфраструктури;
- охарактеризувати просторові дані, що використовуються для моделювання транспортних мереж;
- сформувати геопросторову базу даних земель транспортної інфраструктури міста Київ;
- виконати аналіз просторової структури транспортної мережі міста;

– здійснити геоінформаційне моделювання транспортного каркасу території дослідження.

Об’єктом дослідження є землі транспортної інфраструктури міста Київ.

Предметом дослідження є методи та технології ГІС-моделювання земель транспортної інфраструктури на основі просторових даних.

Методи дослідження включають методи геоінформаційного аналізу, просторового моделювання, картографування, системного аналізу, обробки геопросторових даних, буферного аналізу, мережевого аналізу та засоби геоінформаційних систем.

Інформаційну основу дослідження становлять відкриті просторові дані OpenStreetMap, картографічні матеріали, наукові публікації, нормативно-правові документи у сфері земельних відносин, транспорту та геоінформаційних технологій.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні геоінформаційної моделі земель транспортної інфраструктури міста Київ, яка може використовуватися для проведення просторового аналізу транспортної мережі, оцінки транспортної доступності територій, підтримки прийняття рішень щодо розвитку транспортної інфраструктури та вдосконалення управління міськими територіями.

Структура роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. У роботі послідовно розглянуто теоретичні аспекти геоінформаційного моделювання земель транспортної інфраструктури, виконано формування геопросторової бази даних та реалізовано комплексне геоінформаційне моделювання транспортної системи міста Київ.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

1.1 Поняття та склад земель транспортної інфраструктури

Розвиток сучасних міст неможливий без функціонування ефективної транспортної системи, яка забезпечує переміщення населення, вантажів, матеріальних ресурсів та інформаційних потоків між окремими територіями. Одним із ключових елементів транспортної системи виступають землі транспортної інфраструктури, що формують просторову основу для розміщення транспортних комунікацій та об'єктів транспортного обслуговування [6]. В умовах інтенсивної урбанізації, збільшення чисельності населення та зростання рівня автомобілізації питання раціонального використання земель транспортної інфраструктури набувають особливого значення для забезпечення сталого розвитку територій [10].

У системі земельних відносин України землі транспорту належать до окремої категорії земель за основним цільовим призначенням. Відповідно до положень Земельного кодексу України до земель транспорту належать земельні ділянки, надані підприємствам, установам та організаціям транспорту для виконання покладених на них функцій щодо експлуатації, утримання та розвитку транспортної інфраструктури. Особливістю цієї категорії земель є їх безпосередня участь у забезпеченні функціонування транспортних процесів та створенні умов для просторової взаємодії між окремими територіями [1].

Транспортна інфраструктура являє собою складну багаторівневу систему взаємопов'язаних інженерних споруд, транспортних комунікацій, технічних засобів та територій, які забезпечують безперервність транспортних процесів. Землі транспортної інфраструктури виступають просторовою основою розміщення таких об'єктів та визначають можливості розвитку транспортної мережі в межах певної території [2, 3].

У сучасній науковій літературі транспортну інфраструктуру розглядають як сукупність матеріальних об'єктів та територій, необхідних для забезпечення

перевезення пасажирів і вантажів усіма видами транспорту. При цьому землі транспортної інфраструктури охоплюють не лише безпосередньо транспортні комунікації, але й значну кількість допоміжних територій, які забезпечують функціонування транспортного комплексу [8].

До складу земель транспортної інфраструктури входять території, зайняті автомобільними дорогами, вулицями, проспектами, магістралями, шляхопроводами, мостами, транспортними розв'язками, залізничними коліями, станціями, вокзалами, метрополітеном, аеропортами, річковими портами, зупинками громадського транспорту, транспортно-пересадочними вузлами, гаражами, паркінгами, логістичними центрами та іншими об'єктами транспортного призначення [2].

З позиції просторової організації території землі транспортної інфраструктури виконують декілька важливих функцій. Передусім вони забезпечують транспортну доступність окремих районів міста та зв'язок між різними функціональними зонами. Крім того, транспортні коридори формують планувальну структуру населених пунктів, впливають на характер забудови та визначають напрямки подальшого територіального розвитку. У багатьох випадках саме транспортна мережа виступає каркасом, навколо якого формується міське середовище.

Для великих міст характерна складна структура земель транспортної інфраструктури, що включає декілька рівнів транспортних мереж. На верхньому рівні розташовуються магістральні транспортні коридори загальноміського та міжрегіонального значення. До них належать автомобільні магістралі, основні залізничні лінії, лінії метрополітену та інші транспортні артерії, які забезпечують основні транспортні потоки. Наступний рівень формують вулиці районного значення, колекторні дороги та місцеві транспортні мережі, що забезпечують доступ до окремих кварталів та об'єктів.

Особливе місце у структурі земель транспортної інфраструктури займають території транспортних вузлів. Саме тут відбувається взаємодія різних видів транспорту, здійснюється пересадка пасажирів та перевантаження вантажів. До таких об'єктів належать залізничні вокзали, автовокзали, станції

метрополітену, транспортно-пересадочні вузли, аеропорти та річкові порти. Як правило, ці території характеризуються високою концентрацією інженерних споруд та значним транспортним навантаженням [2].

Важливою особливістю земель транспортної інфраструктури є наявність зон обмежень та спеціальних режимів використання. Навколо автомобільних доріг, залізниць, мостових споруд та інших транспортних об'єктів встановлюються охоронні, санітарні та технічні зони, які впливають на можливість використання суміжних територій. Такі обмеження необхідно враховувати під час виконання землепорядних робіт, розроблення містобудівної документації та планування розвитку населених пунктів [2, 3].

У сучасних умовах особливого значення набуває інтеграція земель транспортної інфраструктури з концепціями сталого розвитку та розумного міста. Транспортні системи дедалі більше орієнтуються на забезпечення екологічної безпеки, підвищення енергоефективності та оптимізацію використання міського простору. У зв'язку з цим зростає роль велосипедної інфраструктури, громадського транспорту, мультимодальних транспортних вузлів та цифрових систем управління транспортними потоками [10].

Показовим прикладом складної транспортної системи є місто Київ, яке виконує функції головного транспортного вузла України. Територія столиці характеризується розвиненою мережею автомобільних доріг, трьома лініями метрополітену, значною кількістю залізничних об'єктів, мостових переходів через річку Дніпро та численними транспортними вузлами. За даними відкритих картографічних ресурсів та міських інформаційних систем, у межах Києва функціонують тисячі кілометрів вулично-дорожньої мережі, десятки транспортних розв'язок різного рівня складності та сотні об'єктів громадського транспорту. Саме тому землі транспортної інфраструктури займають значну частину міської території та відіграють визначальну роль у забезпеченні життєдіяльності міста [20].

З точки зору геоінформаційного моделювання землі транспортної інфраструктури є надзвичайно цінним джерелом просторових даних. Кожний транспортний об'єкт може бути представлений у вигляді точкових, лінійних

або полігональних геооб'єктів, що дозволяє виконувати широкий спектр аналітичних операцій. Серед них особливе значення мають мережевий аналіз, аналіз транспортної доступності, визначення зон впливу транспортних коридорів, оцінка щільності транспортної мережі та моделювання перспектив розвитку транспортної інфраструктури [8].

Таким чином, землі транспортної інфраструктури являють собою складну багатокомпонентну систему територій та об'єктів, що забезпечують функціонування транспортного комплексу держави та окремих населених пунктів. Їх раціональне використання є необхідною умовою сталого розвитку міських територій, а застосування геоінформаційних технологій відкриває нові можливості для дослідження, аналізу та управління транспортною інфраструктурою. Для міста Київ, яке характеризується високою складністю транспортної системи та значними обсягами транспортних потоків, геоінформаційне моделювання земель транспортної інфраструктури виступає важливим інструментом підтримки прийняття управлінських рішень та планування подальшого розвитку міського середовища.

1.2 Геоінформаційні системи у дослідженні транспортних територій

Сучасний розвиток транспортної інфраструктури характеризується значним зростанням обсягів просторової інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень, планування територій та забезпечення ефективного функціонування транспортних систем. Транспортні мережі великих міст являють собою складні просторово розподілені об'єкти, що включають тисячі взаємопов'язаних елементів різного призначення. Ефективне управління такими системами потребує використання сучасних інформаційних технологій, здатних забезпечити накопичення, зберігання, обробку, аналіз та візуалізацію значних масивів геопросторових даних. Одним із найбільш ефективних інструментів вирішення цих завдань є геоінформаційні системи [8].

Геоінформаційна система являє собою комплекс апаратних засобів, програмного забезпечення, просторових даних, методів аналізу та

організаційних процедур, призначених для роботи з інформацією, яка має географічну прив'язку. Основною особливістю ГІС є можливість інтеграції просторових та атрибутивних даних в єдиному інформаційному середовищі, що дозволяє досліджувати закономірності територіального розвитку та аналізувати просторові взаємозв'язки між об'єктами [9].

У транспортній галузі геоінформаційні системи почали активно використовуватися наприкінці ХХ століття, коли розвиток цифрових технологій дозволив здійснювати комп'ютерне моделювання транспортних мереж. З того часу ГІС стали невід'ємною складовою транспортного планування, логістики, управління дорожнім господарством, моніторингу транспортних потоків та підтримки прийняття управлінських рішень [8].

Основною перевагою геоінформаційних систем у дослідженні транспортних територій є можливість одночасного аналізу великої кількості просторових факторів. Транспортна інфраструктура тісно пов'язана з особливостями рельєфу місцевості, характером забудови, щільністю населення, функціональним використанням територій, інженерними мережами та природними умовами. Використання традиційних методів аналізу таких взаємозв'язків часто є складним або неможливим, тоді як ГІС забезпечують комплексний підхід до дослідження транспортних систем [8].

Одним із ключових напрямів використання геоінформаційних систем є створення цифрових моделей транспортної інфраструктури. У межах таких моделей усі транспортні об'єкти представляються у вигляді геопросторових елементів. Автомобільні дороги, залізничні колії та маршрути громадського транспорту описуються лінійними об'єктами. Зупинки, станції метрополітену, транспортно-пересадочні вузли та логістичні центри відображаються як точкові об'єкти. Території вокзалів, паркінгів, транспортних підприємств та аеропортів можуть бути представлені полігональними об'єктами. Така структура даних дозволяє виконувати різноманітні аналітичні операції та формувати тематичні карти для підтримки управлінських рішень [10, 11].

Важливим інструментом дослідження транспортних територій є мережевий аналіз. Його сутність полягає у вивченні транспортної мережі як

сукупності вузлів та зв'язків між ними. За допомогою геоінформаційних систем можна визначати оптимальні маршрути руху, оцінювати доступність територій, аналізувати завантаженість окремих ділянок транспортної мережі та прогнозувати наслідки змін у транспортній інфраструктурі. Особливо важливим мережевий аналіз є для великих міст, де навіть незначні зміни транспортних потоків можуть суттєво впливати на функціонування всієї транспортної системи [8].

Одним із найбільш поширених видів геоінформаційного аналізу транспортних територій є аналіз транспортної доступності. Він дозволяє оцінити можливість досягнення певних об'єктів або територій за встановлений проміжок часу. Для цього використовуються цифрові транспортні мережі та алгоритми розрахунку маршрутів. Результати такого аналізу широко застосовуються при плануванні нових житлових районів, розміщенні об'єктів соціальної інфраструктури та розробленні транспортної політики міст.

Значну роль у дослідженні транспортної інфраструктури відіграє буферний аналіз. Цей метод дозволяє формувати зони впливу транспортних об'єктів на навколишні території. Наприклад, за допомогою буферизації можна визначити території, що знаходяться в межах пішохідної доступності до станцій метро або зупинок громадського транспорту. Аналогічно можуть формуватися санітарно-захисні зони вздовж магістральних доріг або залізничних ліній. Такі дослідження широко використовуються у містобудуванні та просторовому плануванні [11].

Сучасні геоінформаційні системи дозволяють здійснювати просторове моделювання транспортних потоків. Поєднання даних про транспортну мережу, чисельність населення, функціональне використання територій та результати транспортних спостережень дає змогу прогнозувати інтенсивність руху на окремих ділянках доріг. Подібні моделі активно використовуються у найбільших містах світу для планування розвитку транспортної інфраструктури та оптимізації роботи громадського транспорту [11].

В останні роки значного поширення набули концепції інтелектуальних транспортних систем (Intelligent Transportation Systems, ITS), які базуються на

інтеграції геоінформаційних технологій із засобами телеметрії, супутникової навігації, датчиками руху та технологіями Інтернету речей. ГІС складова таких систем забезпечує просторову прив'язку даних та їх подальший аналіз у режимі реального часу. Завдяки цьому стає можливим оперативне управління транспортними потоками та реагування на надзвичайні ситуації [17].

Важливим етапом розвитку ГІС-технологій стало впровадження відкритих просторових даних. Одним із найбільш масштабних проєктів у цій сфері є OpenStreetMap, який являє собою глобальну відкриту геоінформаційну базу даних. Станом на сьогодні OpenStreetMap містить детальну інформацію про мільйони кілометрів автомобільних доріг, залізниць, велодоріжок, транспортних вузлів та інших об'єктів транспортної інфраструктури. Для дослідження транспортних територій OpenStreetMap є цінним джерелом актуальних геопросторових даних, які можуть використовуватися у геоінформаційному моделюванні без значних фінансових витрат.

У сфері транспортного планування широко використовуються програмні комплекси ArcGIS, QGIS, MapInfo Professional, TransCAD, PTV VISUM, SUMO та інші системи. Вони забезпечують виконання просторового аналізу, побудову цифрових моделей транспортних мереж, прогнозування транспортних потоків та створення тематичних карт. Особливої популярності останніми роками набуває програмне забезпечення QGIS, яке завдяки відкритому програмному коду дозволяє виконувати широкий спектр аналітичних операцій та інтегрувати дані з різних джерел [15, 16].

Сучасні тенденції розвитку геоінформаційних систем пов'язані з активним використанням технологій тривимірного моделювання, великих даних, штучного інтелекту та машинного навчання. У транспортній сфері такі підходи застосовуються для прогнозування транспортного попиту, автоматичного виявлення проблемних ділянок транспортної мережі, аналізу мобільності населення та підтримки стратегічного планування розвитку міст.

Показовим прикладом використання геоінформаційних систем є транспортна інфраструктура міста Київ. Столиця України характеризується складною багаторівневою транспортною системою, яка включає автомобільні

магістралі, мережу метрополітену, залізничні комунікації, транспортні розв'язки, мостові переходи через Дніпро та значну кількість об'єктів громадського транспорту. Управління такою системою неможливе без використання сучасних геоінформаційних технологій. Дані OpenStreetMap, муніципальні геопортали та інші цифрові джерела забезпечують можливість формування детальних геопросторових моделей транспортної інфраструктури Києва та виконання комплексних аналітичних досліджень [12].

Для даної роботи геоінформаційні системи виступають основним інструментом дослідження земель транспортної інфраструктури міста Київ. Саме завдяки використанню ГІС забезпечується формування цифрової бази геоданих, виконання просторового аналізу транспортної мережі, створення тематичних карт та побудова геоінформаційних моделей, які відображають сучасний стан транспортної інфраструктури столиці.

Отже, геоінформаційні системи є одним із найбільш ефективних інструментів дослідження транспортних територій. Вони забезпечують комплексне поєднання просторових даних, аналітичних методів та засобів візуалізації, що дозволяє виконувати детальний аналіз транспортної інфраструктури, оцінювати її просторові характеристики та формувати науково обґрунтовані рішення щодо подальшого розвитку транспортних систем. Саме тому геоінформаційні технології сьогодні є невід'ємною складовою сучасних досліджень у галузі транспорту, землеустрою та територіального планування.

1.3 Просторові дані транспортної інфраструктури міста Київ

Сучасні геоінформаційні дослідження транспортних територій базуються на використанні значних обсягів просторових даних, які відображають розташування, геометрію, функціональні характеристики та взаємозв'язки між окремими об'єктами транспортної інфраструктури. Якість, повнота та актуальність геопросторової інформації безпосередньо впливають на достовірність результатів аналізу, моделювання та прийняття управлінських рішень. Особливої актуальності це питання набуває для великих міст, де

транспортні системи характеризуються складною структурою та високою динамікою змін [8].

Місто Київ є найбільшим транспортним вузлом України та одним із найбільших центрів транспортної активності у Східній Європі. Столиця виконує функції адміністративного, економічного, наукового та культурного центру держави, що обумовлює значну концентрацію транспортних потоків. Через територію міста проходять основні автомобільні, залізничні та авіаційні комунікації країни, які забезпечують зв'язок між різними регіонами України та міжнародними транспортними коридорами [20].

Просторові дані транспортної інфраструктури являють собою сукупність цифрових відомостей про місце розташування, геометричні параметри та атрибутивні характеристики транспортних об'єктів. У геоінформаційних системах такі дані використовуються для створення цифрових моделей транспортних мереж, виконання просторового аналізу та моделювання транспортних процесів. Основною особливістю транспортних даних є їх просторова прив'язка до конкретної території та можливість відображення взаємозв'язків між окремими елементами транспортної системи [8].

Залежно від форми подання просторові дані транспортної інфраструктури можуть бути представлені у вигляді точкових, лінійних та полігональних об'єктів. До точкових об'єктів належать зупинки громадського транспорту, станції метрополітену, світлофори, транспортні вузли, паркування, автостанції та інші локалізовані елементи інфраструктури. Лінійними об'єктами є автомобільні дороги, вулиці, проспекти, залізничні колії, трамвайні маршрути, велосипедні доріжки та інші транспортні комунікації. Полігональні об'єкти відображають території транспортних підприємств, вокзалів, депо, аеропортів, логістичних центрів, транспортно-пересадочних вузлів та інших площинних елементів транспортної системи [9].

Однією з найважливіших складових транспортної інфраструктури Києва є вулично-дорожня мережа. Вона включає магістралі загальноміського значення, районні вулиці, місцеві проїзди, транспортні розв'язки різних рівнів та мостові переходи через річку Дніпро. У структурі просторових даних дорожня мережа

виступає основним каркасом транспортної системи та використовується для виконання більшості аналітичних операцій. Кожна ділянка дороги може містити атрибутивну інформацію про категорію дороги, кількість смуг руху, тип покриття, швидкісний режим, напрямок руху та інші характеристики.

Особливе значення для транспортної системи Києва мають мостові переходи через Дніпро. Річка фактично розділяє місто на правобережну та лівобережну частини, тому мости є критично важливими елементами транспортної інфраструктури. До найбільш відомих належать Північний міст, міст Метро, Патона, Дарницький міст, Південний міст та Подільський мостовий перехід. У геоінформаційних моделях такі об'єкти розглядаються як ключові транспортні вузли, через які проходять значні обсяги транспортних потоків.

Важливу роль у структурі просторових даних відіграє система громадського транспорту. Київський метрополітен є одним із найбільших в Україні та складається з трьох основних ліній, що об'єднують десятки станцій та забезпечують перевезення значної частини пасажирів міста. Крім того, транспортна система включає мережі автобусних, тролейбусних та трамвайних маршрутів. У геоінформаційних системах такі дані можуть використовуватися для аналізу транспортної доступності, оцінки рівня забезпеченості населення громадським транспортом та планування нових маршрутів.

Ще однією важливою складовою транспортної інфраструктури Києва є залізнична мережа. Через місто проходять основні напрямки залізничного сполучення між західними, східними, південними та північними регіонами України. Центральним елементом системи є залізничний вокзал Київ-Пасажирський, який виступає найбільшим транспортним вузлом держави. Просторові дані залізничної інфраструктури включають інформацію про колії, станції, платформи, депо, сортувальні вузли та інші об'єкти.

Сучасний розвиток транспортних систем передбачає також врахування велосипедної та пішохідної інфраструктури. У Києві протягом останніх років активно розвивається мережа велосипедних маршрутів та велодоріжок, які поступово інтегруються у загальну транспортну систему міста. Дані про такі

об'єкти використовуються для аналізу сталої мобільності населення та оцінки рівня розвитку альтернативних видів транспорту [22].

Для формування геоінформаційних моделей транспортної інфраструктури використовуються різноманітні джерела просторових даних. До основних належать результати топографо-геодезичних робіт, матеріали дистанційного зондування Землі, цифрові топографічні карти, державні кадастрові ресурси, відкриті геопортали та спеціалізовані бази геоданих. В останні роки особливого значення набули відкриті джерела просторової інформації, які забезпечують можливість отримання актуальних даних без значних фінансових витрат [9].

Одним із найбільш поширених джерел транспортних даних є проєкт OpenStreetMap. Його особливістю є можливість накопичення та постійного оновлення інформації великою спільнотою користувачів. База даних OpenStreetMap містить детальну інформацію про автомобільні дороги, транспортні розв'язки, мости, залізничні колії, станції метро, зупинки громадського транспорту, велодоріжки та інші об'єкти транспортної інфраструктури. Саме дані OpenStreetMap використовуються як основне джерело інформації для даного дослідження [13].

Особливістю використання OpenStreetMap для дослідження транспортної інфраструктури Києва є наявність великої кількості тематичних атрибутів. Для кожного транспортного об'єкта можуть бути доступні дані про його функціональне призначення, категорію, стан, режим експлуатації та інші характеристики. Це дозволяє виконувати поглиблений просторовий аналіз та формувати деталізовані геоінформаційні моделі транспортної системи.

Під час геоінформаційного моделювання особливу увагу приділяють структурі бази геоданих. Як правило, транспортні об'єкти групуються у тематичні шари відповідно до їх функціонального призначення. Окремо формуються шари автомобільних доріг, залізниць, мостових споруд, метрополітену, громадського транспорту, велосипедної інфраструктури та транспортних вузлів. Такий підхід забезпечує зручність виконання просторового аналізу та подальшого картографування.

У межах даної роботи просторові дані транспортної інфраструктури міста Київ будуть використані для створення комплексної геоінформаційної бази даних, що включатиме основні елементи транспортної системи. На основі отриманих даних планується виконати аналіз структури транспортної мережі, дослідити особливості просторового розподілу транспортних об'єктів, провести буферний аналіз транспортних коридорів та побудувати геоінформаційні моделі транспортного каркасу міста.

Використання сучасних геопросторових даних дозволяє перейти від традиційного описового аналізу транспортної інфраструктури до кількісного дослідження її просторових характеристик. Це створює передумови для більш обґрунтованого планування розвитку транспортних систем, оцінки ефективності існуючих транспортних рішень та формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо вдосконалення транспортної інфраструктури міста Київ.

Таким чином, просторові дані виступають основою сучасних досліджень транспортної інфраструктури та забезпечують можливість створення цифрових моделей транспортних територій. Для міста Київ, яке характеризується складною багаторівневою транспортною системою, використання актуальних геопросторових даних є необхідною умовою виконання якісного геоінформаційного моделювання та проведення комплексного аналізу земель транспортної інфраструктури.

1.4 Нормативно-правове забезпечення використання земель транспорту

Рациональне використання земель транспортної інфраструктури є одним із важливих напрямів державної політики у сфері земельних відносин, містобудування та розвитку транспортних систем. Ефективне функціонування транспортної мережі неможливе без належного правового регулювання порядку надання, використання, охорони та управління земельними ділянками, на яких розміщуються транспортні об'єкти. Саме тому в Україні сформовано

комплексну систему нормативно-правового забезпечення, яка регламентує використання земель транспорту та визначає особливості їх правового режиму.

Основа правового регулювання земель транспортної інфраструктури становить Конституція України, яка закріплює принципи використання земельних ресурсів як основного національного багатства держави. Конституційні положення визначають право власності на землю, гарантії її захисту та необхідність використання земельних ресурсів в інтересах суспільства і держави. Ці принципи є базовими для формування всієї системи земельного законодавства, включаючи правове регулювання земель транспорту.

Ключовим нормативним актом у сфері земельних відносин є Земельний кодекс України, який встановлює класифікацію земель за основним цільовим призначенням та визначає правовий режим окремих категорій земель. Відповідно до положень Кодексу землі транспорту належать до категорії земель промисловості, транспорту, електронних комунікацій, енергетики, оборони та іншого призначення. Такі землі використовуються для забезпечення діяльності підприємств та організацій транспортного комплексу, а також для розміщення та експлуатації транспортних об'єктів [1].

Особливістю земель транспорту є їх функціональне призначення, яке безпосередньо пов'язане із забезпеченням транспортних перевезень та експлуатацією транспортної інфраструктури. У зв'язку з цим законодавством встановлюються спеціальні умови використання земельних ділянок, вимоги до їх охорони та обмеження щодо здійснення певних видів діяльності в межах транспортних територій.

Важливе значення у системі правового регулювання має Закон України «Про транспорт», який визначає загальні правові, економічні та організаційні засади діяльності транспортного комплексу держави. Закон встановлює принципи функціонування транспортної системи, регулює взаємовідносини між суб'єктами транспортної діяльності та визначає основні напрями розвитку транспортної інфраструктури [2]. Одним із важливих аспектів цього нормативного акту є закріплення вимог щодо забезпечення безпеки

транспортних перевезень та утримання транспортних об'єктів у належному технічному стані.

Правове регулювання окремих видів транспорту здійснюється спеціалізованими законодавчими актами. Зокрема, діяльність автомобільного транспорту регулюється Законом України «Про автомобільний транспорт», автомобільні дороги, Законом України «Про автомобільні дороги», функціонування залізничного транспорту, Законом України «Про залізничний транспорт», а сфера авіаційних перевезень регулюється Повітряним кодексом України. Кожний із зазначених нормативних актів містить положення щодо використання земельних ділянок, необхідних для експлуатації відповідних транспортних об'єктів [3-5].

Особливу роль у правовому забезпеченні земель транспортної інфраструктури відіграє Закон України «Про автомобільні дороги». Він визначає правовий статус автомобільних доріг загального користування, порядок їх утримання та розвитку, а також особливості використання земель, які входять до складу дорожнього господарства. Закон передбачає створення смуг відведення автомобільних доріг, встановлення охоронних зон та визначає вимоги щодо забудови прилеглих територій [3].

У межах транспортної інфраструктури значне поширення мають різноманітні обмеження у використанні земель. Такі обмеження пов'язані з необхідністю забезпечення безпечної експлуатації транспортних об'єктів, захисту населення від негативного впливу транспортних процесів та збереження інженерних споруд. Для автомобільних доріг встановлюються смуги відведення та придорожні захисні смуги. Для залізничних ліній передбачаються охоронні зони, а для аеропортів - спеціальні території з обмеженим режимом використання земель.

Важливим елементом нормативного регулювання є містобудівне законодавство. Закони України «Про регулювання містобудівної діяльності» та «Про основи містобудування» визначають принципи просторового розвитку територій та встановлюють вимоги щодо врахування транспортної інфраструктури під час розроблення містобудівної документації. У генеральних

планах населених пунктів, комплексних планах просторового розвитку територій та детальних планах територій обов'язково передбачаються заходи щодо розвитку транспортної мережі та резервування земель для майбутнього будівництва транспортних об'єктів [6].

Суттєве значення для управління землями транспортної інфраструктури має система державного земельного кадастру. Відомості про земельні ділянки транспортного призначення вносяться до кадастрової системи із зазначенням їх місця розташування, площі, форми власності, цільового призначення та існуючих обмежень у використанні. Використання кадастрової інформації дозволяє забезпечити належний контроль за використанням земель транспорту та підвищити ефективність управління територіальними ресурсами.

У сучасних умовах дедалі більшого значення набувають цифрові інформаційні системи управління просторовими даними. Прийняття Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» створило нормативну основу для формування єдиного геоінформаційного простору держави. Одним із завдань національної інфраструктури геопросторових даних є забезпечення доступу до актуальних просторових відомостей про транспортну інфраструктуру, що має важливе значення для виконання геоінформаційного аналізу та моделювання [7].

На міжнародному рівні важливий вплив на розвиток правового забезпечення транспортних територій здійснюють документи Європейського Союзу та міжнародних організацій. Значну роль відіграє директива INSPIRE, яка спрямована на створення єдиної інфраструктури просторових даних у країнах Європи. Одним із тематичних наборів даних, передбачених цією директивою, є транспортні мережі. Реалізація принципів INSPIRE сприяє гармонізації геопросторових даних та підвищує ефективність управління транспортною інфраструктурою [19].

Для міста Київ питання правового забезпечення використання земель транспортної інфраструктури мають особливе значення. Столиця характеризується високою щільністю забудови, значними транспортними потоками та постійною потребою у розвитку транспортної мережі. Будівництво

нових транспортних розв'язок, мостових переходів, ліній метрополітену та інших об'єктів потребує дотримання вимог земельного, містобудівного та транспортного законодавства. Водночас складність міського середовища зумовлює необхідність узгодження інтересів транспортного розвитку з питаннями охорони навколишнього середовища, захисту історико-культурної спадщини та забезпечення комфортних умов проживання населення.

У процесі геоінформаційного моделювання земель транспортної інфраструктури нормативно-правова база виконує функцію регулятора використання просторових даних та інтерпретації результатів аналізу. Саме законодавчі вимоги визначають допустимі параметри транспортних зон, межі охоронних територій, режими використання земель та критерії оцінки ефективності транспортної інфраструктури. Тому врахування нормативно-правових аспектів є необхідною умовою створення достовірних геоінформаційних моделей та формування обґрунтованих рекомендацій щодо розвитку транспортних територій.

Таким чином, нормативно-правове забезпечення використання земель транспорту являє собою багаторівневу систему законодавчих та нормативних актів, які регулюють порядок використання, охорони та управління земельними ресурсами транспортного призначення. Поєднання положень земельного, транспортного, містобудівного та геоінформаційного законодавства створює правову основу для ефективного функціонування транспортної інфраструктури та забезпечує можливість її сталого розвитку в умовах сучасного міського середовища. Для міста Київ дотримання вимог нормативно-правової бази є важливою передумовою реалізації проєктів розвитку транспортної системи та підвищення ефективності використання земель транспортної інфраструктури.

2 ФОРМУВАННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ БАЗИ ДАНИХ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА КИЇВ

2.1 Характеристика території дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі є територія міста Київ, яке є столицею України, найбільшим адміністративним, економічним, науковим та транспортним центром держави. Київ виконує функції головного вузла національної транспортної системи та забезпечує взаємодію між регіонами країни, міжнародними транспортними коридорами, логістичними центрами та об'єктами транспортної інфраструктури різних видів транспорту. Високий рівень урбанізації, значна концентрація населення та інтенсивний розвиток міського середовища формують складну структуру землекористування, у якій особливе місце займають землі транспортної інфраструктури (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Територія дослідження в межах міста Київ

Місто розташоване у північній частині України на берегах річки Дніпро та займає вигідне географічне положення на перетині найважливіших транспортних напрямків державного та міжнародного значення. Географічні координати центральної частини міста становлять приблизно 50°27' північної широти та 30°31' східної довготи. Київ знаходиться в межах Придніпровської височини та Поліської низовини, що зумовлює різноманітність природних умов та особливості формування транспортної мережі.

Загальна площа території міста становить близько 84 тис. га. Київ поділяється на десять адміністративних районів: Голосіївський, Дарницький, Деснянський, Дніпровський, Оболонський, Печерський, Подільський, Святошинський, Солом'янський та Шевченківський. Кожен район характеризується власною структурою забудови, рівнем транспортного навантаження та особливостями функціонування транспортної інфраструктури. Найбільші площі займають Деснянський, Голосіївський та Дарницький райони, які відіграють важливу роль у формуванні транспортного каркасу столиці.

Станом на сучасний період чисельність населення Києва перевищує 2,9 млн осіб, що робить його найбільшим містом України. Фактична кількість осіб, які щоденно перебувають на території столиці, є значно більшою за рахунок маятникової міграції з приміської зони та сусідніх регіонів. За різними оцінками, щоденна чисельність населення Київської агломерації може перевищувати 4 млн осіб. Така концентрація населення формує надзвичайно високий попит на транспортні послуги та зумовлює необхідність постійного розвитку транспортної інфраструктури.

Природні умови території значною мірою вплинули на формування сучасної транспортної мережі міста. Найважливішим природним фактором є річка Дніпро, яка розділяє територію Києва на правобережну та лівобережну частини. Наявність широкої водної перешкоди обумовила необхідність будівництва складної системи мостових переходів, які сьогодні виступають одними з ключових елементів транспортної інфраструктури столиці. Крім Дніпра, на території міста розташовані численні притоки, озера та

водосховища, що також впливають на планувальну структуру та розвиток транспортної мережі.

Рельєф Києва характеризується значною різноманітністю. Правобережна частина міста розташована переважно в межах Київського плато та відзначається складними формами рельєфу з численними балками, ярами та схилами. Лівобережна частина сформована переважно алювіальними відкладами долини Дніпра та має більш рівнинний характер. Такі особливості рельєфу безпосередньо впливають на конфігурацію транспортних магістралей, розташування транспортних вузлів та розвиток інженерних споруд.

Місто Київ має найбільш розвинену транспортну систему серед усіх населених пунктів України. В її структурі представлені практично всі основні види транспорту: автомобільний, залізничний, метрополітен, трамвайний, тролейбусний, автобусний, річковий та авіаційний транспорт. Саме ця обставина обумовлює значну площу земель транспортної інфраструктури та складність їх просторової організації.

Основу транспортної системи міста становить вулично-дорожня мережа, яка включає магістральні вулиці загальноміського значення, районні транспортні артерії, місцеві вулиці та внутрішньоквартальні проїзди. Особливе значення мають магістралі безперервного руху, які забезпечують основні транспортні зв'язки між районами міста та виходи на автомобільні дороги державного значення. Важливими елементами транспортного каркасу виступають проспекти Берестейський, Броварський, Бажана, Романа Шухевича, Степана Бандери, Валерія Лобановського та інші транспортні коридори загальноміського значення.

Однією з найбільш характерних особливостей транспортної інфраструктури Києва є наявність значної кількості мостових переходів через Дніпро. Вони забезпечують транспортні зв'язки між правобережною та лівобережною частинами міста і є критично важливими елементами всієї транспортної системи. До найбільших належать Північний міст, міст Метро, міст Патона, Південний міст, Дарницький автомобільно-залізничний міст та Подільський мостовий

перехід. Саме на цих об'єктах концентруються значні транспортні потоки, які визначають функціонування міської транспортної мережі.

Важливу роль у структурі транспортної інфраструктури відіграє Київський метрополітен. Система метрополітену складається з трьох основних ліній, які з'єднують різні райони міста та забезпечують перевезення сотень мільйонів пасажирів щорічно. Метрополітен виступає одним із найбільш ефективних видів громадського транспорту та суттєво впливає на формування транспортної доступності територій.

Значне місце у транспортній системі займає залізнична інфраструктура. Київ є найбільшим залізничним вузлом України, через який проходять основні транспортні напрямки державного та міжнародного значення. Територія міста включає розгалужену мережу залізничних колій, вантажних і пасажирських станцій, депо та інших об'єктів залізничного транспорту. Центральним елементом системи є станція Київ-Пасажирський, яка забезпечує міжрегіональні та міжнародні пасажирські перевезення.

Особливістю сучасного розвитку столиці є активне впровадження концепцій сталої мобільності. У місті поступово розвивається мережа велосипедної інфраструктури, удосконалюється система громадського транспорту та впроваджуються цифрові технології управління транспортними потоками. Це призводить до появи нових видів транспортних об'єктів та відповідних категорій просторових даних, які необхідно враховувати під час геоінформаційного моделювання.

Для виконання даного дослідження використовується база просторових даних OpenStreetMap у форматі PBF, яка містить детальну інформацію про транспортну інфраструктуру міста Київ. До складу бази входять відомості про автомобільні дороги різних категорій, транспортні розв'язки, мости, шляхопроводи, залізничні колії, станції метрополітену, зупинки громадського транспорту, велосипедні маршрути, паркінги та інші об'єкти транспортного призначення. Наявність великої кількості атрибутивних характеристик дозволяє виконувати комплексний просторовий аналіз та створювати деталізовані геоінформаційні моделі транспортної інфраструктури.

З точки зору геоінформаційного моделювання Київ є надзвичайно цікавим об'єктом дослідження, оскільки поєднує складну транспортну структуру, різноманітні природні умови, високу щільність населення та значну концентрацію транспортних потоків. Це створює сприятливі умови для застосування сучасних методів просторового аналізу, мережевого моделювання та картографування.

Таким чином, територія міста Київ характеризується складною просторовою організацією транспортної інфраструктури, значною кількістю транспортних об'єктів різного функціонального призначення та високим рівнем транспортного навантаження. Саме ці особливості визначають актуальність використання геоінформаційних технологій для дослідження земель транспортної інфраструктури та створення цифрових моделей, які дозволяють комплексно аналізувати сучасний стан транспортної системи та обґрунтовувати напрями її подальшого розвитку.

2.2 Формування бази геоданих на основі OpenStreetMap

Одним із ключових етапів геоінформаційного моделювання земель транспортної інфраструктури є формування якісної бази геоданих, яка забезпечує накопичення, структурування, зберігання та подальший аналіз просторової інформації. Від повноти та достовірності вихідних даних безпосередньо залежить точність побудованих моделей, результати просторового аналізу та можливість прийняття обґрунтованих управлінських рішень. У сучасних умовах одним із найбільш доступних та інформативних джерел просторових даних виступає проєкт OpenStreetMap, який дозволяє отримувати актуальну інформацію про транспортну інфраструктуру практично будь-якої території світу.

OpenStreetMap являє собою відкриту глобальну геоінформаційну платформу, створену за принципом колективного наповнення просторових даних. Основною особливістю проєкту є можливість вільного використання інформації для наукових, освітніх та прикладних цілей. На відміну від багатьох

комерційних картографічних ресурсів, OpenStreetMap надає користувачам доступ не лише до картографічного відображення території, але й до повної бази геопросторових даних, яка містить детальні атрибутивні характеристики об'єктів [13].

Для виконання даного дослідження використовується база даних OpenStreetMap у форматі PBF, що охоплює територію міста Київ. Формат PBF (Protocolbuffer Binary Format) є одним із найбільш поширених способів зберігання великих масивів даних OpenStreetMap. Його перевагами є компактність, висока швидкість обробки та можливість збереження значного обсягу атрибутивної інформації. Використання такого формату дозволяє працювати з великою кількістю транспортних об'єктів без суттєвих втрат продуктивності програмного забезпечення.

Процес формування бази геоданих розпочинається з імпорту вихідного файлу OpenStreetMap до геоінформаційного середовища. У даній роботі для обробки даних використовується програмний комплекс QGIS, який забезпечує підтримку форматів OpenStreetMap та дозволяє виконувати широкий спектр операцій із просторовими даними. Після завантаження бази даних здійснюється первинний аналіз структури інформації та визначаються основні класи транспортних об'єктів, що підлягають подальшому дослідженню.

На початковому етапі формується загальна структура геоінформаційної бази даних, яка включає окремі тематичні шари транспортної інфраструктури. Основні елементи транспортної системи Києва представлені автомобільними дорогами, залізничними коліями, станціями метрополітену, мостами, транспортними розв'язками, зупинками громадського транспорту, велосипедною інфраструктурою та допоміжними транспортними об'єктами. Загальна схема формування бази геоданих наведена на рисунку 2.2.

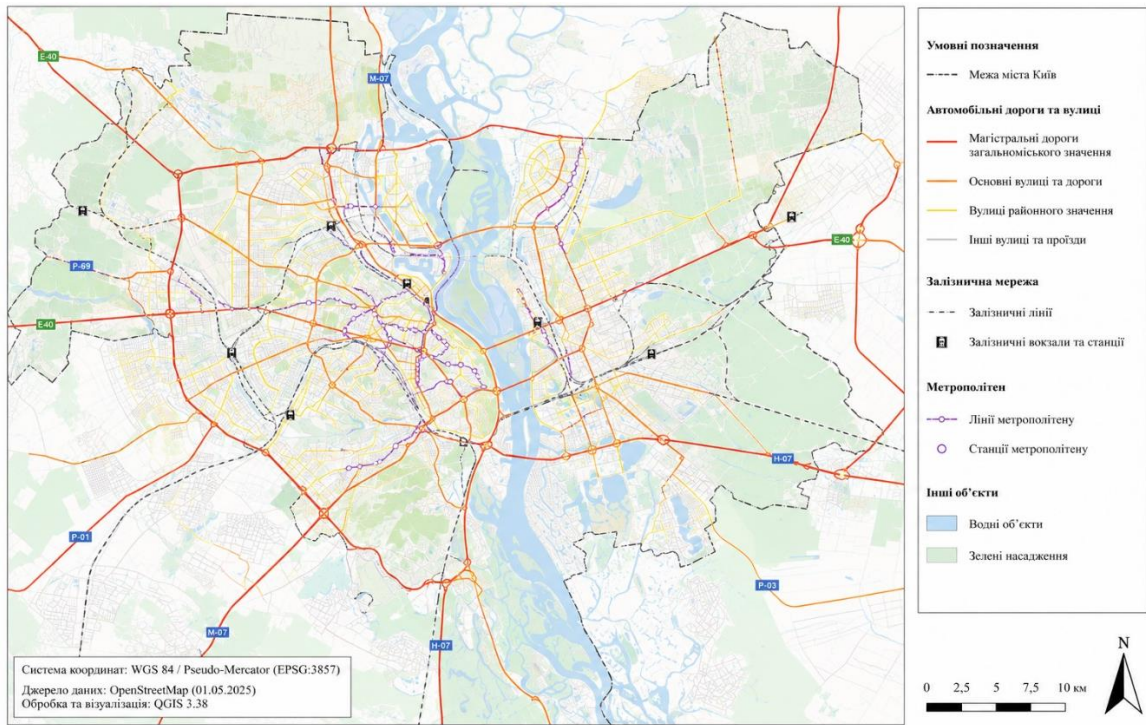


Рисунок 2.2 – Загальна транспортна мережа міста Київ

Після завантаження даних здійснюється тематична класифікація транспортних об'єктів. У базі OpenStreetMap кожний об'єкт характеризується системою тегів, які визначають його функціональне призначення. Для автомобільних доріг використовуються атрибути категорії *highway*, які дозволяють розподілити транспортні комунікації за класами. До основних категорій належать *motorway*, *trunk*, *primary*, *secondary*, *tertiary*, *residential* та *service*. Подібна класифікація забезпечує можливість подальшого аналізу структури транспортної мережі та побудови тематичних карт різного рівня деталізації.

Результатом класифікації дорожньої мережі стає формування окремого тематичного шару автомобільних доріг, який використовується як основа для подальших аналітичних процедур. Просторовий розподіл автомобільних доріг різних категорій представлено на рисунку 2.3.

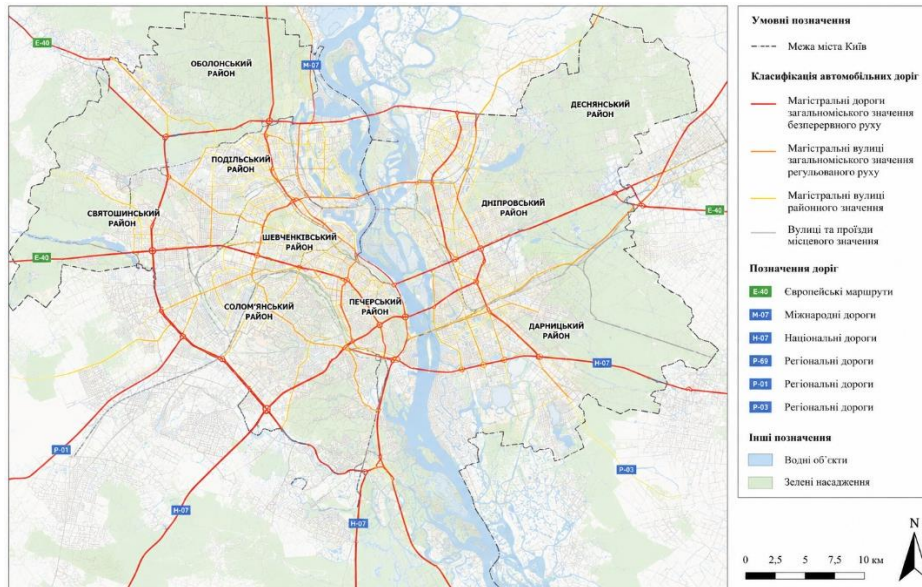


Рисунок 2.3 – Класифікація автомобільних доріг

Окремим етапом є виділення магістральних транспортних коридорів, які формують основний транспортний каркас міста. До цієї групи належать автомагістралі, швидкісні транспортні артерії, основні міські проспекти та дороги державного значення. Саме ці об'єкти забезпечують основні транспортні зв'язки між районами Києва та формують основу транспортної доступності території. Просторове розташування магістральних доріг показано на рисунку 2.4.

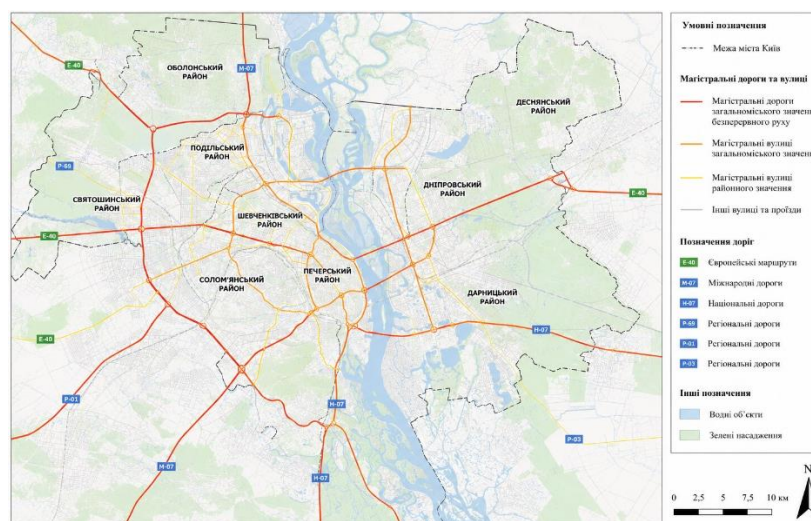


Рисунок 2.4 – Магістральна транспортна мережа

Значна увага приділяється формуванню шару залізничної інфраструктури. У базі OpenStreetMap залізничні колії описуються за допомогою тегів railway, які дозволяють виділити головні залізничні напрямки, сортувальні станції, депо та допоміжні об'єкти. Для Києва залізнична мережа має важливе значення, оскільки місто виступає центральним залізничним вузлом держави. Сформований тематичний шар використовується для аналізу взаємодії автомобільного та залізничного транспорту. Отриманий результат представлено на рисунку 2.5.

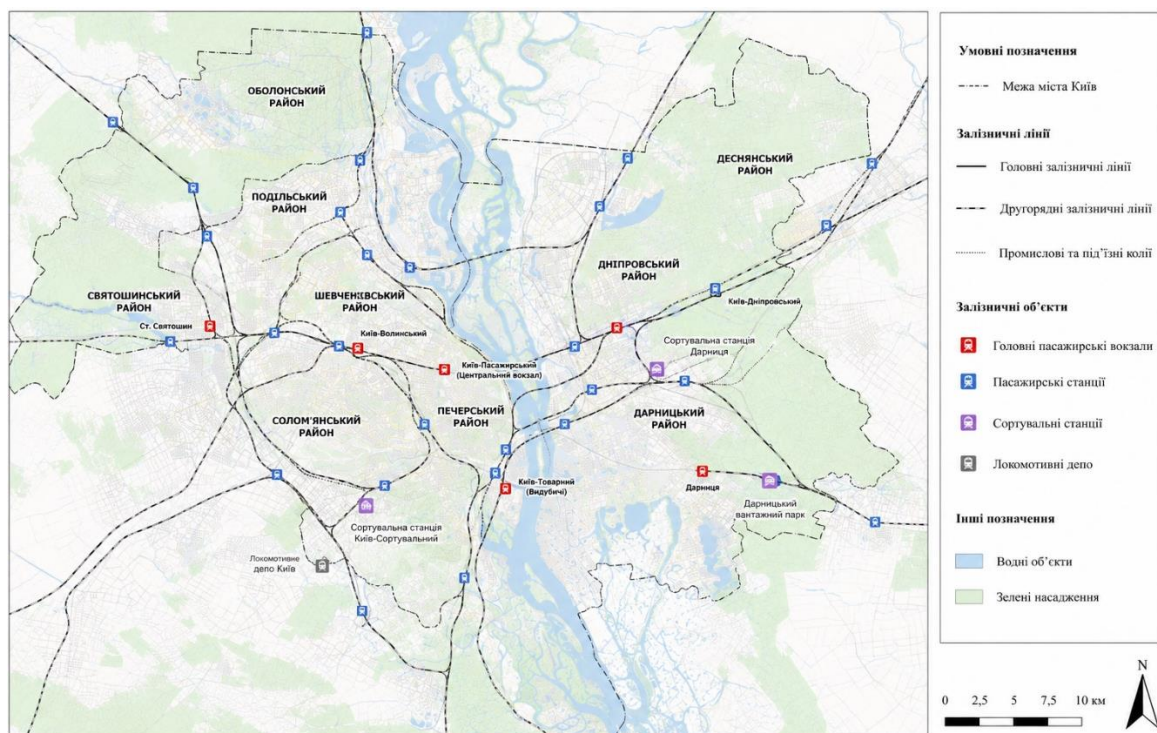


Рисунок 2.5 – Залізнична інфраструктура міста Київ

Наступним етапом є формування бази даних метрополітену. У структурі транспортної системи Києва метрополітен відіграє особливу роль, забезпечуючи швидкі перевезення між районами міста та значно знижуючи навантаження на наземний транспорт. Із бази OpenStreetMap виділяються лінії метрополітену, станції та пересадкові вузли. Просторове розташування об'єктів метрополітену наведено на рисунку 2.6.

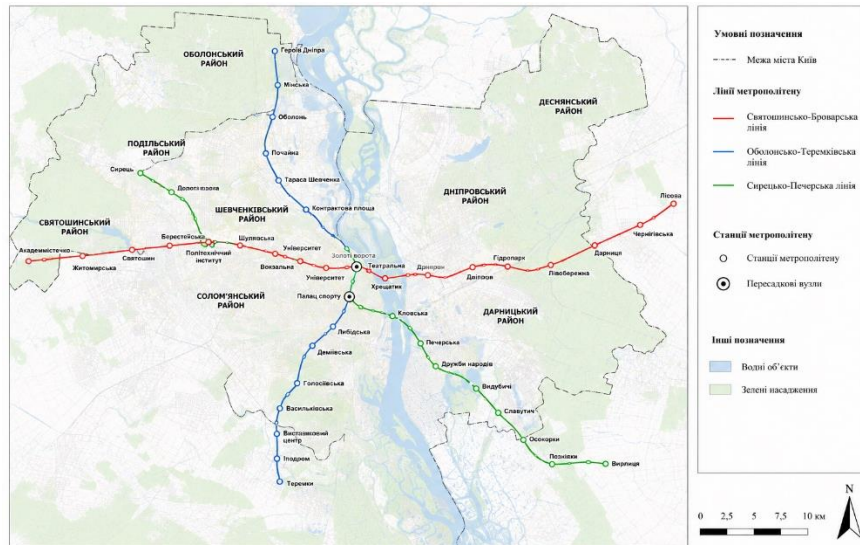


Рисунок 2.6 – Мережа метрополітену міста Київ

Особливе значення для транспортної системи столиці мають транспортні вузли. Вони представлені станціями метро, залізничними вокзалами, автостанціями, транспортно-пересадочними вузлами та іншими об'єктами, де відбувається взаємодія різних видів транспорту. Формування відповідного шару дозволяє виконувати аналіз транспортної доступності та досліджувати просторову структуру транспортних потоків. Отримані результати наведено на рисунку 2.7.

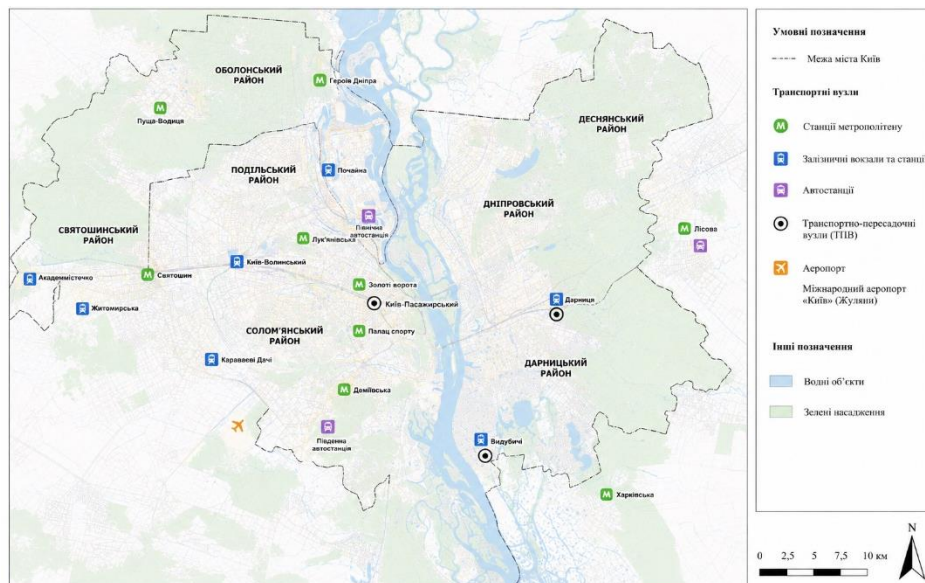


Рисунок 2.7 – Транспортні вузли міста Київ

Після створення тематичних шарів виконується процедура перевірки якості даних. На цьому етапі здійснюється контроль геометричної коректності об'єктів, перевірка топологічних зв'язків між елементами транспортної мережі та усунення можливих помилок. Особливу увагу приділяють перевірці цілісності лінійних об'єктів, коректності перетинів транспортних комунікацій та відповідності атрибутивної інформації реальному функціональному призначенню об'єктів.

Важливим етапом є створення єдиної геопросторової бази даних, у якій всі тематичні шари об'єднуються в загальну структуру. Для кожного класу об'єктів формується система атрибутів, яка містить інформацію про тип об'єкта, його функціональне призначення, технічні характеристики та просторові параметри. Такий підхід дозволяє виконувати комплексний аналіз транспортної інфраструктури та забезпечує можливість подальшого геоінформаційного моделювання.

Сформована база геоданих стає основою для проведення наступних етапів дослідження, зокрема аналізу структури транспортної мережі, побудови геоінформаційних моделей транспортного каркасу, виконання буферного аналізу та оцінки транспортної доступності територій. Використання OpenStreetMap забезпечує високий рівень деталізації транспортних об'єктів та дозволяє отримати актуальну інформацію про сучасний стан транспортної інфраструктури міста Київ.

Таким чином, у результаті виконаних робіт сформовано комплексну геоінформаційну базу даних транспортної інфраструктури міста Київ на основі матеріалів OpenStreetMap. Створена база даних включає тематичні шари автомобільних доріг, залізничної мережі, метрополітену, транспортних вузлів та інших елементів транспортної системи. Отримана структура геоданих забезпечує можливість виконання подальших процедур геоінформаційного аналізу та створення цифрових моделей земель транспортної інфраструктури столиці.

2.3 Структура транспортної мережі міста Київ

Транспортна мережа міста Київ є однією з найскладніших та найбільш розвинених в Україні. Вона сформувалася в результаті багаторічного розвитку міського середовища, розширення території столиці та зростання потреб населення у транспортному обслуговуванні. Сучасна транспортна система забезпечує внутрішньоміські, приміські, міжрегіональні та міжнародні перевезення, виступаючи важливою складовою соціально-економічного розвитку міста. Для виконання ГІС-моделювання земель транспортної інфраструктури необхідним є детальне дослідження структури транспортної мережі, її основних елементів та особливостей просторової організації.

Транспортна мережа Києва являє собою складну систему взаємопов'язаних транспортних комунікацій, яка включає автомобільні дороги, вулиці, проспекти, транспортні розв'язки, мостові переходи, залізничні колії, лінії метрополітену, маршрути громадського транспорту та допоміжну транспортну інфраструктуру. Просторова структура мережі сформована відповідно до радіально-кільцевого принципу, характерного для більшості великих європейських міст.

Основу транспортного каркасу столиці становить вулично-дорожня мережа, яка забезпечує транспортні зв'язки між усіма районами міста. У структурі мережі виділяються магістралі загальноміського значення безперервного руху, магістральні вулиці регульованого руху, районні транспортні артерії та місцеві вулиці. Така ієрархія дозволяє розподіляти транспортні потоки між різними рівнями транспортної системи та забезпечувати ефективне функціонування міської інфраструктури.

За результатами аналізу даних OpenStreetMap встановлено, що найбільшу частку транспортної мережі Києва формують вулиці місцевого значення та житлової забудови, які забезпечують доступ до окремих кварталів та об'єктів міської інфраструктури. Водночас основне транспортне навантаження припадає на магістральні транспортні коридори, що поєднують центральну частину міста з периферійними районами та забезпечують вихід на автомобільні дороги

державного значення. Загальна структура транспортної мережі міста наведена на рисунку 2.8.

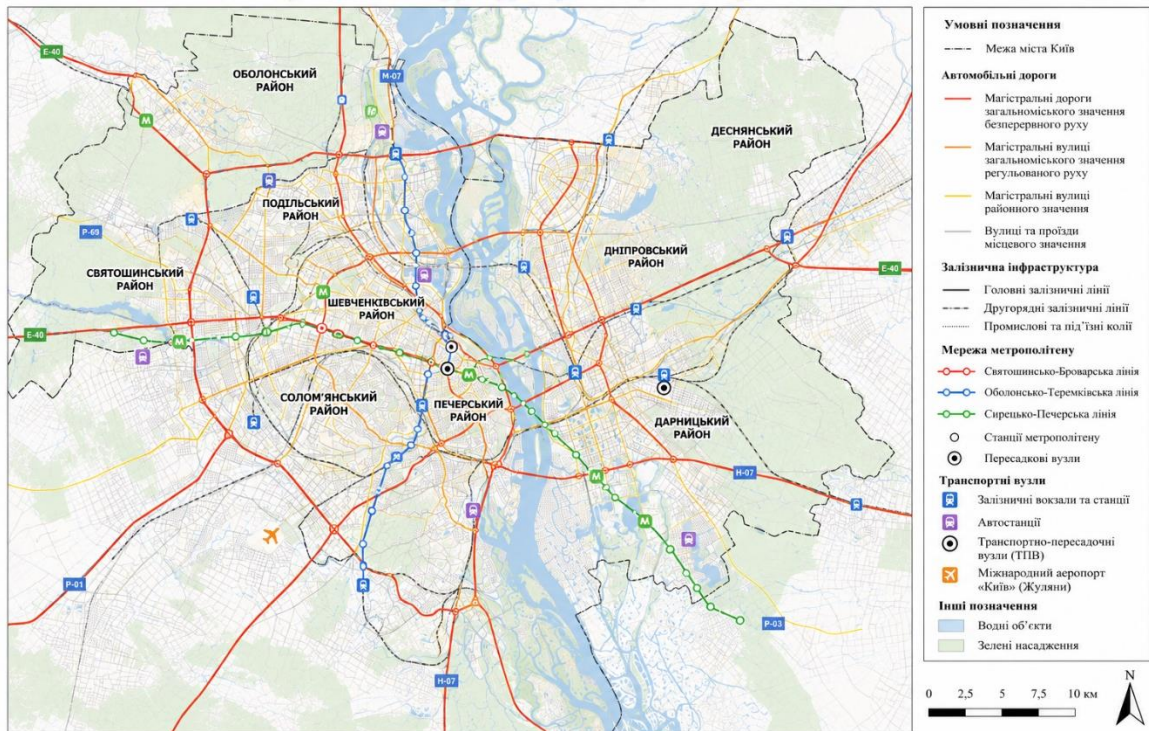
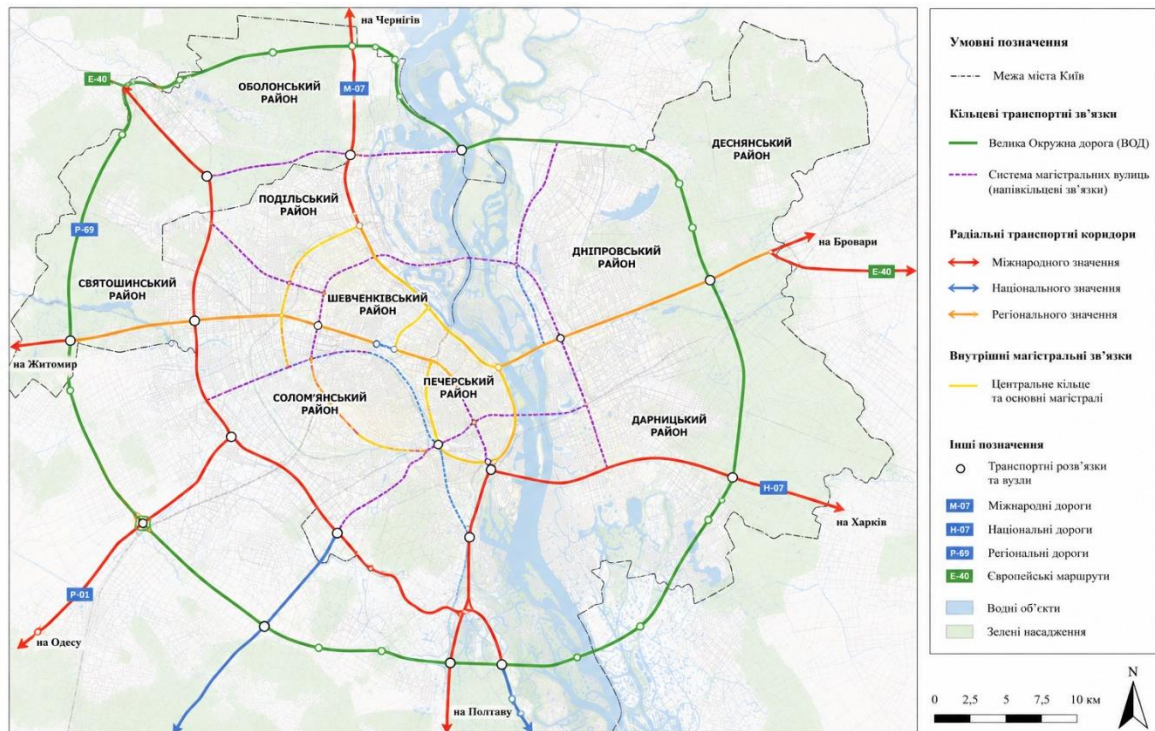


Рисунок 2.8 – Структура транспортної мережі міста Київ

Однією з ключових особливостей транспортної системи Києва є наявність потужних радіальних транспортних напрямків, які забезпечують зв'язок центральної частини міста з житловими масивами та приміською зоною. До основних радіальних магістралей належать Берестейський проспект, проспект Миколи Бажана, Броварський проспект, проспект Романа Шухевича, проспект Валерія Лобановського, Голосіївський проспект та інші транспортні коридори. Саме вони формують основу транспортного каркасу столиці та забезпечують переміщення значної частини транспортних потоків.

Не менш важливу роль відіграють кільцеві транспортні зв'язки, які дозволяють здійснювати перерозподіл транспортних потоків між окремими районами без необхідності проходження через центральну частину міста. До таких елементів належать Велика Окружна дорога та система магістральних вулиць, які формують окремі напівкільцеві транспортні маршрути. Просторове

розташування основних магістральних транспортних коридорів представлено на рисунку 2.9.



Рисунк 2.9 – Магістральні транспортні коридори Києва

Особливістю територіальної структури Києва є поділ міста річкою Дніпро на правобережну та лівобережну частини. У зв'язку з цим винятково важливе значення мають мостові переходи, які забезпечують транспортні зв'язки між берегами. У транспортній мережі столиці функціонують Північний міст, міст Метро, міст Патона, Південний міст, Дарницький автомобільно-залізничний міст та Подільський мостовий перехід. Ці споруди виступають критично важливими вузлами транспортної системи та значною мірою визначають характер руху транспортних потоків у місті.

У процесі геоінформаційного аналізу мостові переходи розглядаються як вузлові елементи транспортного графа, через які проходить значна частина транспортних потоків між районами міста. Їх просторове розташування та роль у структурі транспортної мережі наведено на рисунку 2.10.

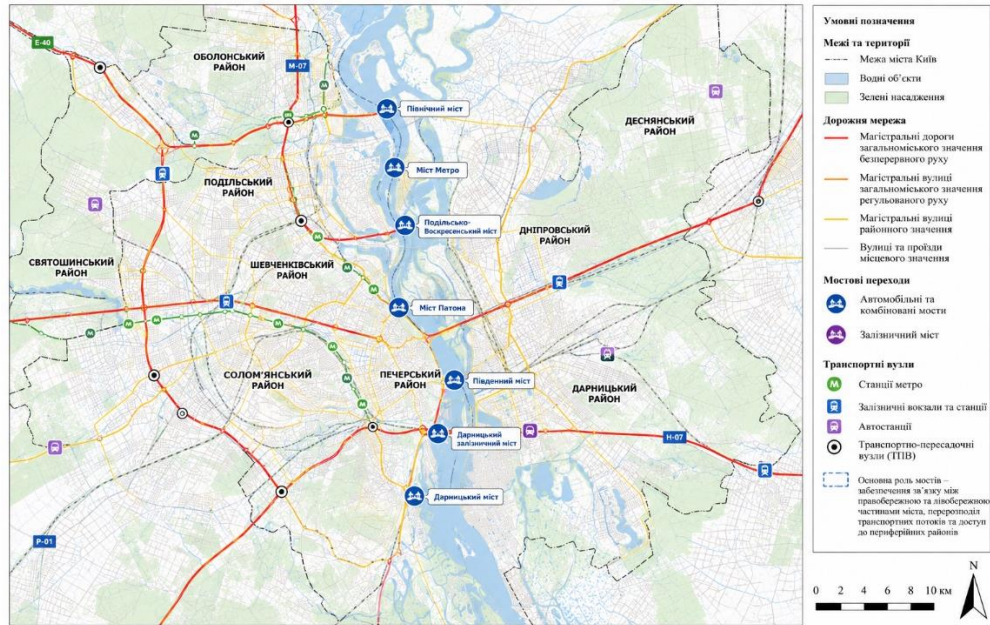


Рисунок 2.10 – Мостові переходи через річку Дніпро

Важливою складовою транспортної інфраструктури є система громадського транспорту. Київ характеризується високим рівнем розвитку громадських перевезень, які представлені метрополітенем, автобусними, тролейбусними та трамвайними маршрутами. Найбільш ефективним видом транспорту залишається метрополітен, який забезпечує швидкі перевезення між основними районами міста та виконує роль транспортного каркасу громадських перевезень.

Значну роль у транспортній системі відіграє залізнична мережа. Територією Києва проходять головні залізничні напрямки державного значення, які забезпечують транспортне сполучення з усіма регіонами України. Залізнична інфраструктура включає пасажирські та вантажні станції, депо, сортувальні вузли та допоміжні споруди. Центральним елементом мережі виступає станція Київ-Пасажирський, яка є найбільшим залізничним вузлом держави.

У межах геоінформаційного моделювання залізнична інфраструктура розглядається як окремий компонент транспортного каркасу міста, що має власну просторову структуру та взаємодіє з іншими видами транспорту через систему транспортно-пересадочних вузлів. Результати аналізу залізничної мережі представлені на рисунку 2.11.

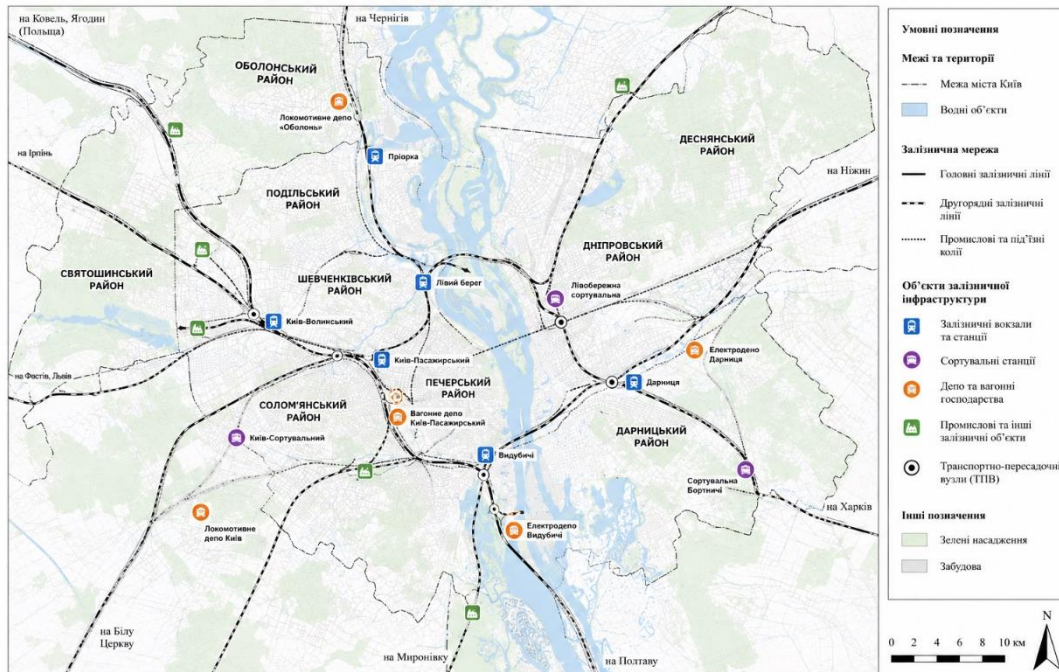


Рисунок 2.11 – Структура залізничної мережі міста Київ

Суттєвий вплив на функціонування транспортної системи мають транспортні вузли. Саме в них відбувається взаємодія різних видів транспорту, пересадка пасажирів та розподіл транспортних потоків. До найбільш важливих транспортних вузлів Києва належать Центральний залізничний вокзал, станції метро «Вокзальна», «Либідська», «Лівобережна», «Почайна», «Теремки», транспортно-пересадочний вузол «Видубичі» та інші об'єкти.

Для дослідження структури транспортної мережі особливого значення набуває використання геоінформаційних методів аналізу. На основі сформованої бази геоданих можна визначати щільність транспортної мережі, оцінювати транспортну доступність територій, аналізувати просторову концентрацію транспортних об'єктів та моделювати транспортні потоки. Такі дослідження створюють інформаційну основу для подальшого геоінформаційного моделювання земель транспортної інфраструктури.

Проведений аналіз свідчить, що транспортна мережа Києва має виражену ієрархічну структуру, в якій поєднуються магістральні транспортні коридори, районні транспортні артерії, мережа громадського транспорту та система транспортно-пересадочних вузлів. Просторова організація мережі значною

мірою визначається природними умовами території, особливостями забудови та історичним розвитком міста.

Таким чином, структура транспортної мережі міста Київ являє собою складну багаторівневу систему транспортних комунікацій та інженерних споруд, які забезпечують функціонування одного з найбільших транспортних вузлів України. Сформована на основі даних OpenStreetMap геоінформаційна база дозволяє детально дослідити просторову організацію транспортної інфраструктури та створити основу для подальшого геоінформаційного моделювання земель транспортного призначення у наступних розділах роботи.

2.4 Підготовка даних для геоінформаційного моделювання

Важливим кроком аналізу є створення тематичних геоінформаційних шарів. Для кожного виду транспортної інфраструктури формується окремий шар даних, який містить як геометричну, так і атрибутивну інформацію. Структура сформованої бази геоданих наведена на рисунку 2.12.

Після завершення підготовки просторових даних виконується створення інтегрованої геоінформаційної моделі транспортної мережі. На цьому етапі всі тематичні шари об'єднуються в єдину інформаційну систему, що забезпечує можливість комплексного аналізу транспортної інфраструктури. Сформована модель дозволяє виконувати мережевий аналіз, оцінювати транспортну доступність територій, визначати зони впливу транспортних об'єктів та досліджувати просторову структуру земель транспортного призначення.

Для підвищення ефективності подальшого моделювання також здійснюється побудова просторових індексів та оптимізація структури бази даних. Це дозволяє значно скоротити час виконання аналітичних операцій та забезпечити стабільну роботу геоінформаційного проекту навіть при значних обсягах інформації.

3 ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА КИЇВ

3.1 Моделювання транспортного каркасу міста

Транспортний каркас міста являє собою просторово організовану систему основних транспортних комунікацій та вузлів, які забезпечують функціонування міської транспортної мережі, формують напрямки переміщення транспортних потоків та визначають характер територіального розвитку населеного пункту. У сучасних дослідженнях транспортний каркас розглядається як один із ключових структуроутворюючих елементів міського середовища, оскільки саме він забезпечує просторову взаємодію між житловими районами, виробничими зонами, громадськими центрами, рекреаційними територіями та іншими функціональними елементами міста.

Для Києва питання дослідження транспортного каркасу має особливе значення через складну планувальну структуру міста, значну площу території, високий рівень автомобілізації населення та наявність природних бар'єрів, насамперед річки Дніпро. Внаслідок цього транспортна система столиці характеризується складною багаторівневою організацією, де взаємодіють різні види транспорту та численні транспортні вузли.

У рамках даного дослідження моделювання транспортного каркасу здійснювалося на основі сформованої бази геоданих OpenStreetMap, яка була підготовлена на попередніх етапах роботи. Вихідними даними виступали шари автомобільних доріг, магістральних вулиць, транспортних розв'язок, мостових переходів, залізничної інфраструктури, станцій метрополітену та транспортно-пересадочних вузлів. Узагальнена схема побудови транспортного каркасу міста наведена на рисунку 3.1.

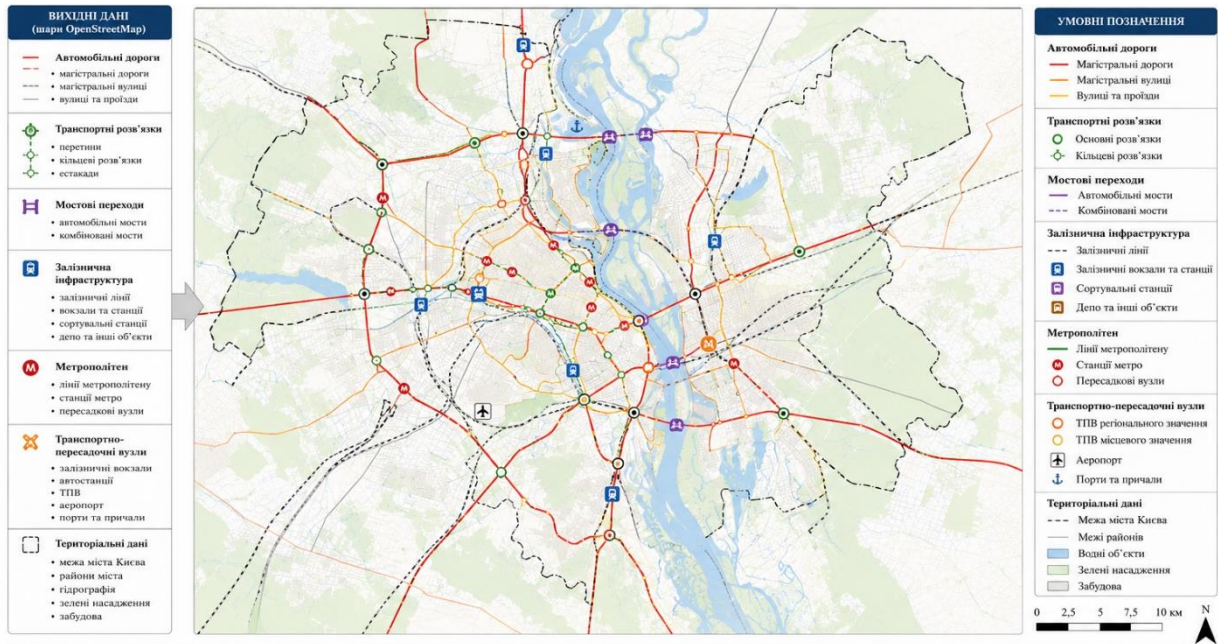


Рисунок 3.1 – Геоінформаційна модель транспортного каркасу Києва

На початковому етапі моделювання було виконано виділення основних елементів транспортної мережі, які формують каркас транспортної системи. До таких об'єктів віднесено магістральні дороги загальноміського значення, основні проспекти, транспортні коридори безперервного руху, мостові переходи через Дніпро, залізничні магістралі та лінії метрополітену. Саме ці елементи забезпечують найбільші обсяги транспортних перевезень та визначають структуру міської мобільності.

Проведений аналіз показав, що транспортний каркас Києва має виражену радіально-кільцеву структуру. Радіальні транспортні напрямки забезпечують зв'язок центральної частини міста з периферійними районами та приміською зоною. Найбільш важливими транспортними осями виступають Берестейський проспект, Броварський проспект, проспект Миколи Бажана, Голосіївський проспект, проспект Валерія Лобановського та проспект Романа Шухевича. Саме ці магістралі забезпечують основні напрямки руху транспортних потоків між різними частинами міста.

Водночас кільцеві транспортні елементи забезпечують взаємодію між окремими районами без необхідності проходження через центральну частину Києва. Найважливішим елементом цієї структури є Велика Окружна дорога, яка виконує функції перерозподілу транспортних потоків та забезпечує

транспортне сполучення між зовнішніми районами столиці. Просторова структура магістрального транспортного каркасу наведена на рисунку 3.2.

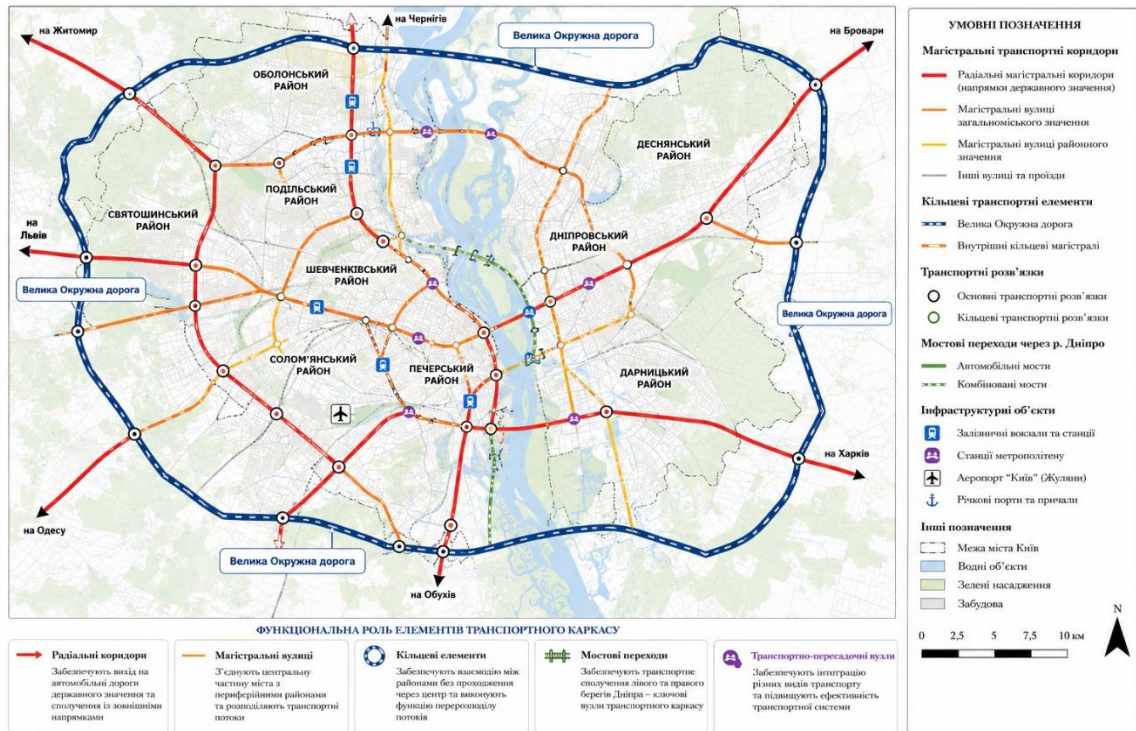


Рисунок 3.2 – Магістральний транспортний каркас міста Київ

Одним із ключових елементів транспортного каркасу є система мостових переходів через річку Дніпро. Геоінформаційний аналіз показує, що саме мостові споруди формують критичні вузли транспортної мережі, через які проходять основні транспортні потоки між правобережною та лівобережною частинами міста. До найбільш важливих об'єктів належать Північний міст, міст Метро, Південний міст, міст Патона та Дарницький автомобільно-залізничний міст.

У процесі моделювання було встановлено, що транспортна система Києва значною мірою залежить від функціонування зазначених об'єктів. Будь-які обмеження руху на мостових переходах суттєво впливають на роботу всієї транспортної мережі. Просторове положення мостових вузлів транспортного каркасу представлено на рисунку 3.3.

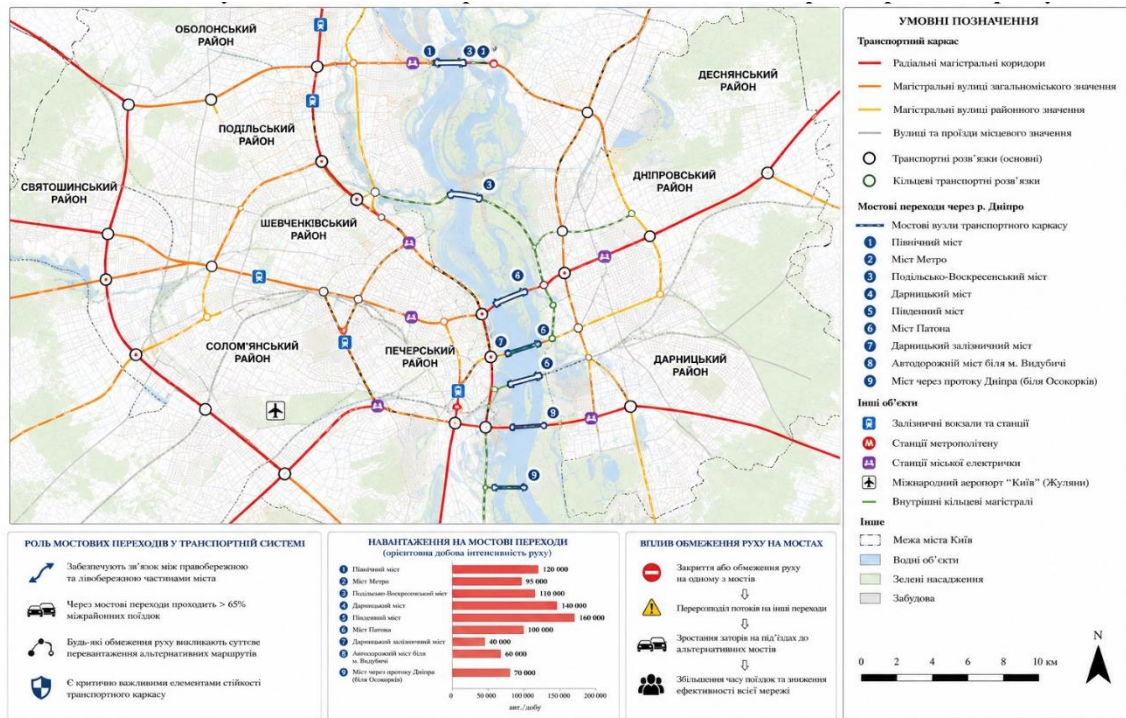


Рисунок 3.3 – Мостові переходи як ключові елементи транспортного каркасу

Особливу роль у структурі транспортного каркасу виконує система метрополітену. На відміну від автомобільного транспорту, лінії метро характеризуються стабільністю функціонування та високою пропускнуою здатністю. Геоінформаційний аналіз показав, що станції метрополітену утворюють своєрідний каркас пасажирських перевезень, навколо якого концентруються пересадочні вузли та основні транспортні потоки.

Важливим етапом моделювання стало формування інтегрованої транспортної моделі, яка поєднує автомобільний транспорт, залізничну інфраструктуру та метрополітен в єдиній геоінформаційній системі. Такий підхід дозволяє оцінювати взаємозв'язки між різними видами транспорту та аналізувати їх вплив на територіальну організацію міста. Інтегрована структура транспортного каркасу показана на рисунку 3.4.

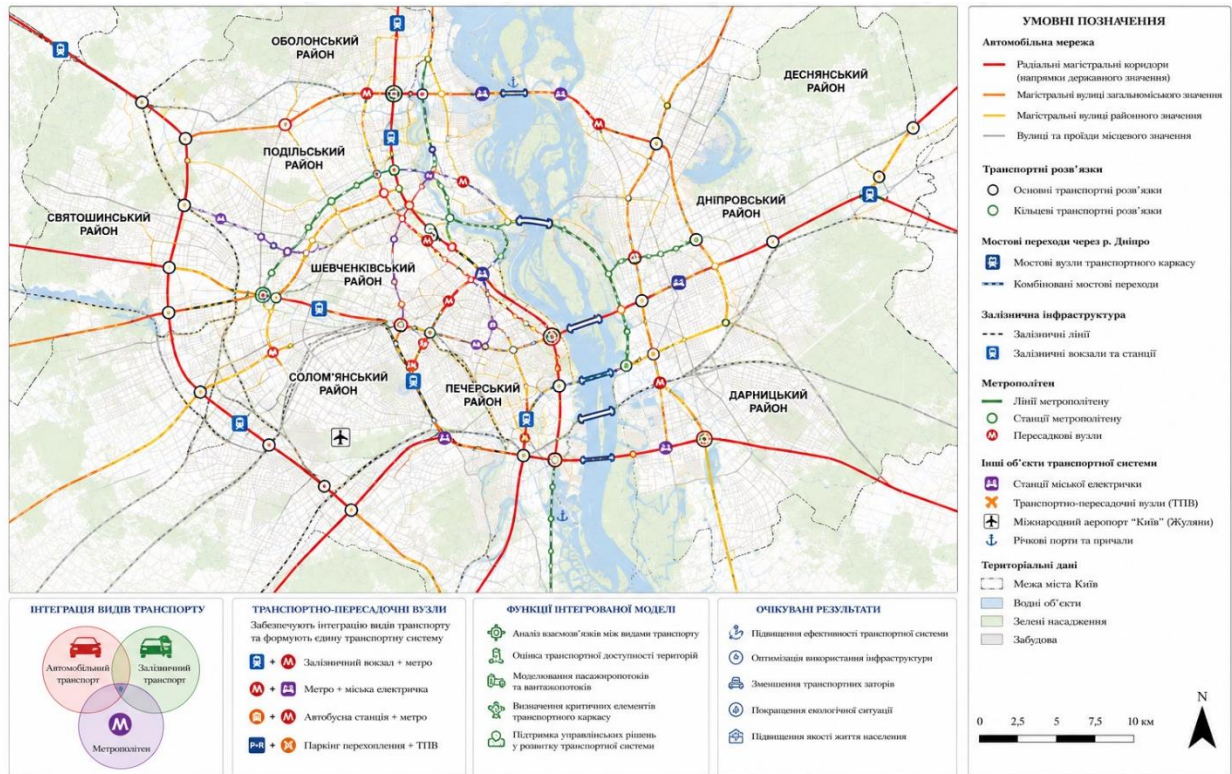


Рисунок 3.4 – Інтегрована модель транспортного каркасу міста

Таким чином, виконане геоінформаційне моделювання дозволило сформуванню цифрової моделі транспортного каркасу міста Київ, яка відображає просторову структуру транспортної системи, взаємозв'язки між її основними елементами та особливості територіальної організації транспортної інфраструктури. Отримані результати підтверджують складний багаторівневий характер транспортної мережі столиці та створюють інформаційну основу для проведення подальших досліджень транспортної доступності, щільності транспортної мережі та просторового аналізу земель транспортного призначення.

3.2. Аналіз щільності транспортної мережі

Одним із найбільш важливих показників розвитку транспортної інфраструктури є щільність транспортної мережі, яка характеризує рівень забезпеченості території транспортними комунікаціями та відображає ступінь розвитку транспортного каркасу міста. Аналіз щільності транспортної мережі

дозволяє оцінити рівномірність просторового розподілу транспортних об'єктів, виявити території з недостатнім рівнем транспортного забезпечення, визначити зони концентрації транспортної інфраструктури та сформувавши основу для подальшого планування розвитку транспортної системи.

Для великих міст показник щільності транспортної мережі має особливе значення, оскільки він безпосередньо впливає на рівень транспортної доступності територій, швидкість переміщення населення, функціонування громадського транспорту та ефективність використання земельних ресурсів. В умовах постійного зростання транспортних навантажень аналіз просторового розподілу транспортних комунікацій стає одним із ключових інструментів оцінки стану міської інфраструктури.

У даному дослідженні аналіз щільності транспортної мережі виконувався на основі сформованої геоінформаційної бази даних транспортної інфраструктури міста Київ. Для розрахунків використовувалися просторові дані OpenStreetMap, які включають автомобільні дороги, магістральні вулиці, залізничні колії, лінії метрополітену та інші транспортні комунікації. На першому етапі дослідження було сформовано інтегрований шар транспортної мережі, до складу якого увійшли всі основні лінійні елементи транспортної інфраструктури. Після цього виконувалося визначення сумарної довжини транспортних комунікацій у межах території міста та окремих адміністративних районів.

Щільність транспортної мережі визначалась як відношення сумарної довжини транспортних комунікацій до площі території дослідження. Такий показник дозволяє отримати кількісну характеристику забезпеченості території транспортною інфраструктурою та здійснювати порівняння між окремими районами міста.

У процесі дослідження було встановлено, що щільність транспортної мережі Києва характеризується значною просторовою неоднорідністю. Найвищі значення спостерігаються у центральних районах міста, де сформована густа мережа вулиць, транспортних розв'язок та громадського транспорту. До таких територій належать Печерський, Шевченківський та

Подільський райони. Саме тут зосереджено найбільшу кількість транспортних комунікацій на одиницю площі, що обумовлено історичним розвитком міського середовища та високою концентрацією функціонально важливих об'єктів.

Натомість віддалені райони характеризуються меншою щільністю транспортної мережі. Особливо це стосується територій із переважанням рекреаційних зон, лісових масивів або малоповерхової забудови. Просторовий розподіл щільності транспортної інфраструктури наведено на рисунку 3.5.

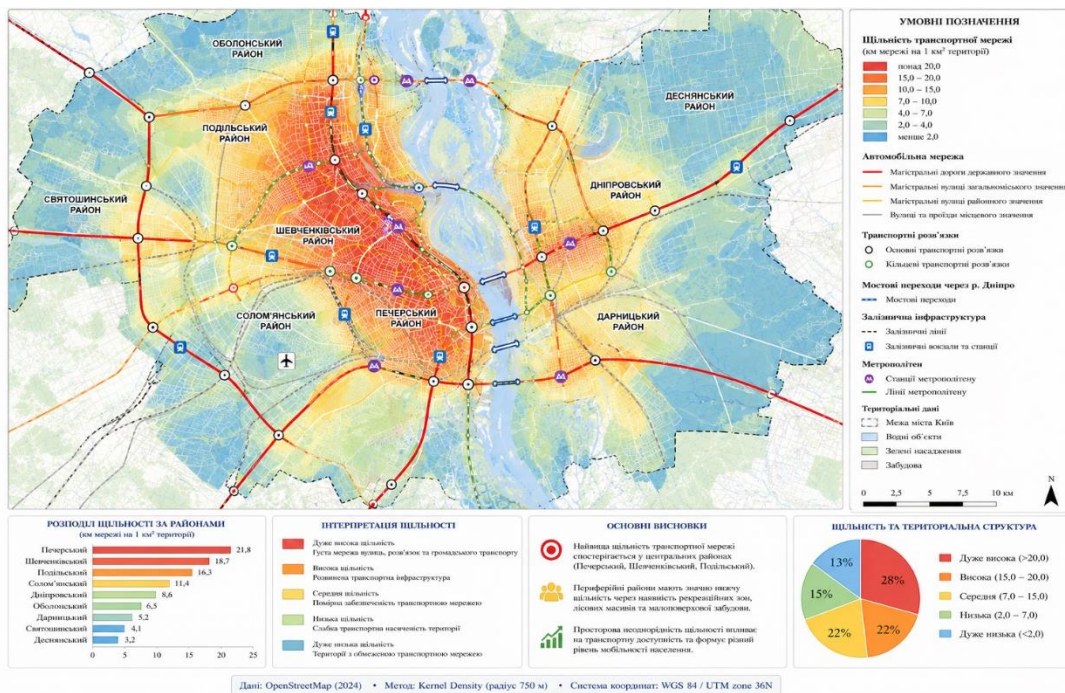


Рисунок 3.5 – Карта щільності транспортної мережі міста Київ

Для більш детального дослідження було виконано аналіз щільності автомобільної мережі окремо від інших видів транспорту. Отримані результати показали, що найбільша концентрація автомобільних доріг спостерігається у центральній частині міста, а також у районах великих транспортних вузлів та магістральних транспортних коридорів.

Особливо висока щільність автомобільної мережі характерна для територій, прилеглих до Центрального залізничного вокзалу, площі Перемоги, Бессарабської площі, Поштової площі та Дарницької площі. У цих районах спостерігається значна кількість перехресть, транспортних розв'язок та

дублюючих маршрутів. Результати аналізу автомобільної мережі представлені на рисунку 3.6.

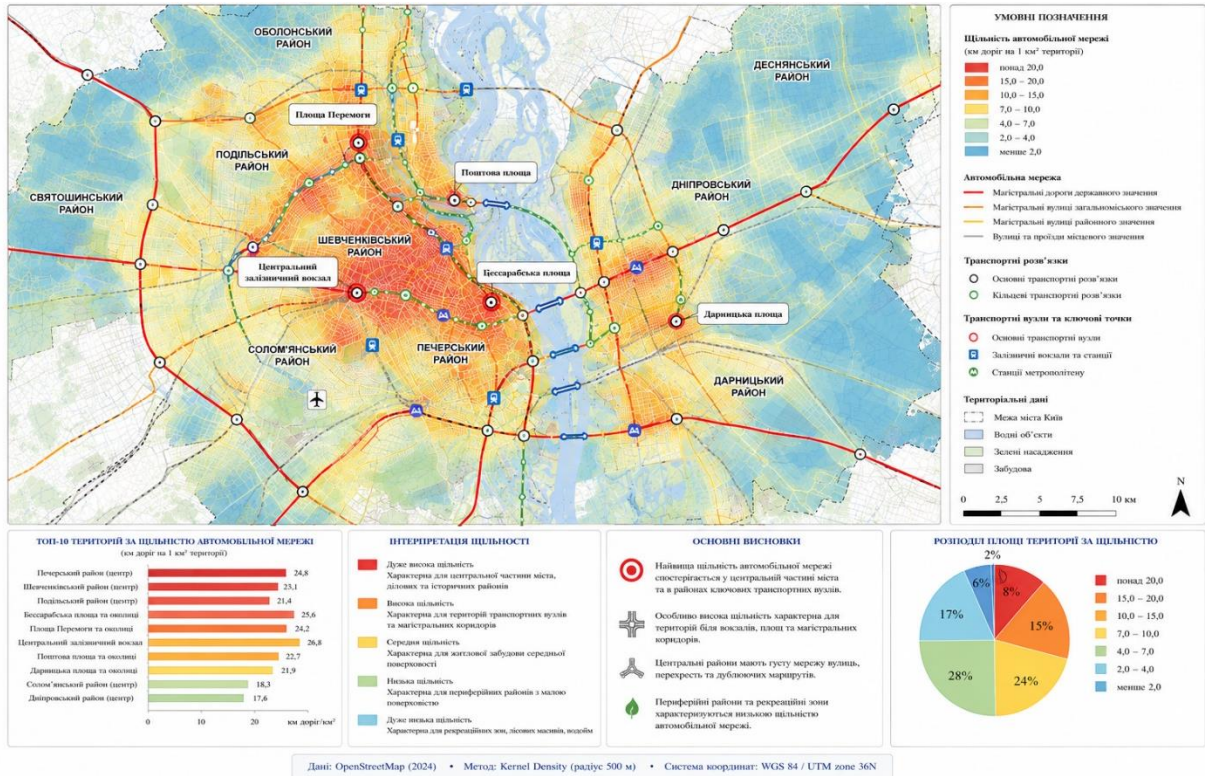


Рисунок 3.6 – Щільність автомобільної транспортної мережі

Окремим напрямом дослідження стало вивчення просторової структури мережі громадського транспорту. Аналіз показав, що найбільша концентрація маршрутів громадського транспорту спостерігається вздовж основних магістральних напрямків та поблизу станцій метрополітену. Така закономірність свідчить про високий рівень інтеграції різних видів транспорту та формування багаторівневої транспортної системи.

Для оцінки просторової збалансованості транспортної мережі було виконано аналіз транспортного покриття території. У межах дослідження визначалися ділянки, що знаходяться в межах нормативної доступності до основних транспортних комунікацій. Результати показали, що переважна частина міської забудови має задовільний рівень транспортного забезпечення. Водночас окремі периферійні території характеризуються нижчими показниками доступності, що може свідчити про необхідність подальшого

розвитку транспортної інфраструктури. Карта транспортного покриття наведена на рисунку 3.7.

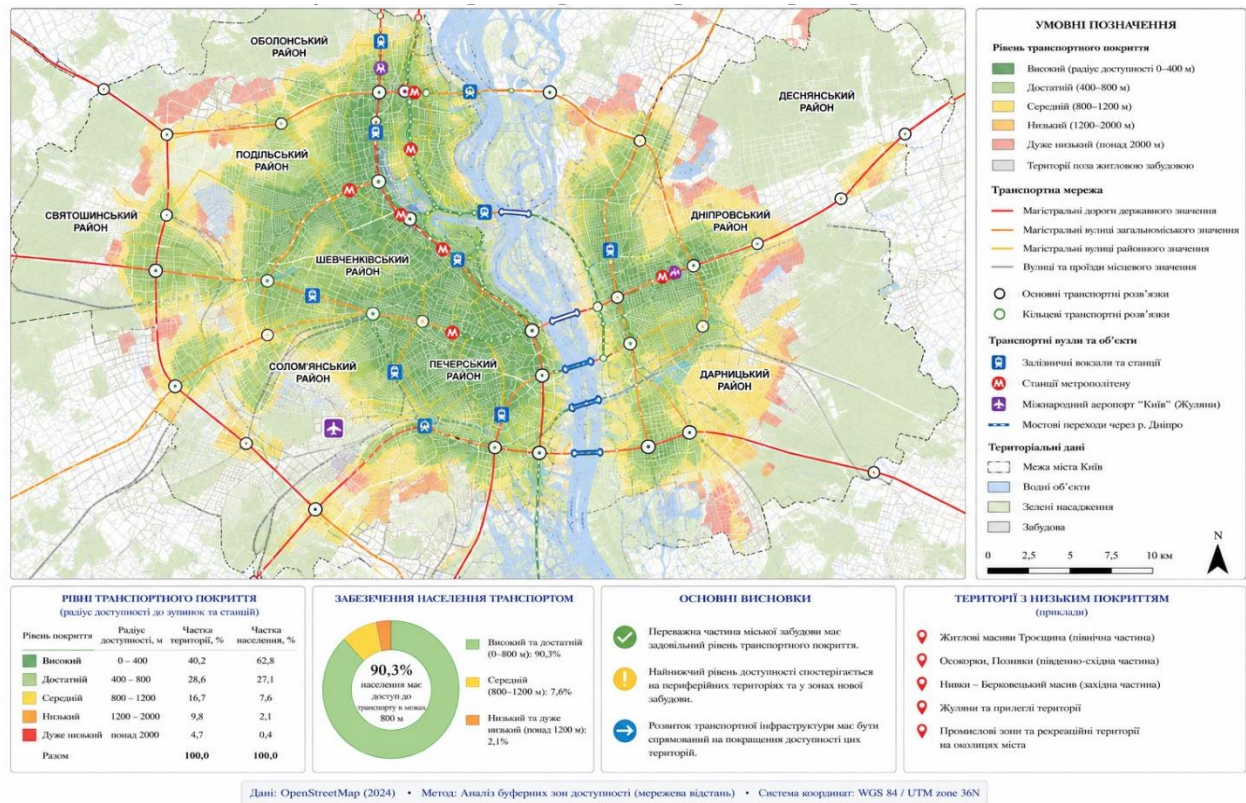


Рисунок 3.7 – Транспортне покриття території міста Київ

Результати проведеного аналізу підтверджують існування чітко вираженої ієрархічної структури транспортної мережі Києва. Центральна частина міста характеризується максимальною концентрацією транспортних комунікацій, тоді як периферійні райони мають більш розріджену структуру. Така закономірність є типовою для великих міст та обумовлена історичними особливостями розвитку міського середовища.

Отримані карти щільності транспортної мережі дозволяють не лише оцінити сучасний стан транспортної інфраструктури, але й визначити перспективні напрямки її розвитку. Зокрема, вони можуть використовуватися для вибору територій будівництва нових транспортних об'єктів, оптимізації маршрутів громадського транспорту та планування заходів щодо підвищення транспортної доступності окремих районів міста.

Таким чином, проведений геоінформаційний аналіз щільності транспортної мережі міста Київ дозволив виявити основні закономірності просторового розподілу транспортної інфраструктури, визначити території з найбільшою концентрацією транспортних об'єктів та оцінити рівень транспортного забезпечення міського простору.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Концептуальні засади безпеки праці

Сучасний трудовий процес, що базується на експлуатації комп'ютерної техніки та спеціалізованого ПЗ, характеризується високим рівнем інтелектуального та психоемоційного навантаження. За таких умов реалізація права працівника на безпечне робоче середовище стає пріоритетним завданням.

Охорона праці — це багаторівнева система, що включає правові, організаційні, технічні та санітарні заходи, спрямовані на захист життя та здоров'я персоналу. Правове регулювання діяльності здійснюється на основі Закону України «Про охорону праці» та відповідних підзаконних актів.

Стратегічні завдання у сфері ОП:

- інтеграція вимог безпеки на етапі проєктування об'єктів та обладнання;
- оптимізація параметрів виробничого середовища для мінімізації негативного впливу на здоров'я;
- нормативне закріплення та моніторинг гранично допустимих рівнів небезпечних факторів;
- впровадження інноваційних засобів захисту та організаційних рішень;
- постійна оцінка ефективності впроваджених заходів.

Відповідно до загальних вимог охорони праці як нормативної дисципліни, міністерства та відомства розробляють конкретні заходи для створення безпечних і здорових умов праці, а також для запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням. Такі заходи закріплюються у спеціальних правилах з техніки безпеки, санітарних і будівельних нормах, виробничих інструкціях та інших регламентуючих документах.

Залежно від сфери застосування, ці правила та норми поділяються на:

- міжгалузеві нормативні акти (ДНАОП);

- галузеві нормативні акти (НАОП);
- державні стандарти України з питань безпеки праці (ДСТУ);
- нормативні документи у сфері будівництва.

Усі ці документи включені до реєстру ДНАОП, який містить 2631 нормативний акт. Серед них: 234 міжгалузевих та 204 галузевих, 39 ДСТУ, а також 697 правил, 94 норми, 200 положень і статутів, 327 інструкцій, 162 керівництва чи вказівки, вимоги та рекомендації, 15 технічних умов безпеки, 49 переліків та інші нормативні документи.

4.2 Організація робочого простору та управління безпекою

Відповідно до законодавства (ст. 13 ЗУ «Про охорону праці»), відповідальність за створення належних умов та функціонування Системи управління охороною праці (СУОП) покладається на роботодавця.

Дослідження проводилося в офісному приміщенні на 2-му поверсі п'ятиповерхової будівлі.

Параметри приміщення: площа 28 м², об'єм 84 м³.

Відповідність нормам: згідно з НПАОП 0.00-7.15-18 та ДСанПіН 3.3.2.007-98, фактичні показники (28 м²/84 м³ на особу) значно перевищують мінімально допустимі (6 м²/20 м³), що свідчить про комфортні умови.

Проектування робочих місць із персональними комп'ютерами є однією з ключових задач ергономіки в сфері обчислювальної техніки. Робоче місце та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також враховувати специфіку виконуваної роботи. Основні умови організації робочого простору включають:

- оптимальне розміщення обладнання;
- достатній простір для виконання необхідних рухів і переміщень.

До ергономічних аспектів належать: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, розташування документів, характеристики крісла, властивості поверхні столу та можливість регулювання елементів робочого місця.

Основними складовими робочого місця співробітника є стіл і крісло. Робота сидячи знижує рівень стомлення, а раціональне планування передбачає сталість розташування предметів і документів: найчастіше використовувані матеріали мають бути в зоні легкої досяжності.

Вимоги до столу:

- висота повинна забезпечувати зручну позу та можливість опори на підлокітники;
- нижня частина конструкції має дозволяти вільно розташовувати ноги;
- поверхня столу повинна запобігати появі відблисків;
- передбачено не менше трьох висувних ящиків для зберігання документації та канцелярії;
- оптимальна висота робочої поверхні – 680–760 мм, а для клавіатури – близько 650 мм.

Вимоги до крісла:

- висота сидіння – 420–550 мм;
- м'яка поверхня із закругленим переднім краєм;
- регульований нахил спинки.

Документи слід розташовувати так, щоб вони були зручно видимі – між монітором і клавіатурою або збоку. Якщо якість зображення на екрані низька, відстань від очей до монітора має бути збільшена до 700 мм, тоді як до документа – 300–450 мм. При високій якості зображення ці відстані можуть бути однаковими.

Положення екрану:

- відстань для зчитування 0,6–0,7 м;
- напрямок погляду приблизно на 20° нижче горизонталі до центру екрана;
- екран має бути перпендикулярним до цього напрямку;
- регулювання: по висоті (± 3 см), нахилу (від -10° до $+20^\circ$), а також у горизонтальній площині.

Робоча поза користувача:

- голова нахилена не більше ніж на 20°;

- плечі розслаблені;
- лікті під кутом 80–100°;
- передпліччя та кисті рук – горизонтально.

Неправильна поза може бути спричинена відсутністю підставки для документів, занадто високим розташуванням клавіатури, низьким положенням документів, браком опори для рук чи недостатнім простором для ніг.

Створення комфортних умов праці та естетичне оформлення робочого місця не лише полегшує виконання завдань, але й підвищує їх привабливість, позитивно впливаючи на продуктивність.

4.3 Аналіз виробничих факторів та параметрів середовища

Під час роботи з відеодисплейними терміналами на користувача впливає низка факторів, систематизованих у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори, що діють на оператора ПК

Фактор	Джерело	Характер впливу
Мікроклімат	Системи опалення та вентиляції	Шкідливий (при відхиленнях)
Освітленість	Світлові прорізи та світильники	Шкідливий (при недостатності)
Шум та вібрація	Периферія, системи охолодження	Шкідливий
Електрострум	Мережа живлення 220В	Небезпечний

Робота оператора належить до категорії Іа (легка фізична праця). Для забезпечення комфорту підтримуються оптимальні параметри (згідно з ДСанПіН 3.3.2-007-98):

- температура 22-25 °С (залежно від сезону);
- вологість 40-60 %;
- швидкість повітря до 0,1 м/с.

Зорова робота класифікується як високої точності (ІІІ розряд). Використовується комбінована система освітлення:

- природне освітлення забезпечується вікнами (КПО мін. 1,2 %);
- штучне освітлення являє загальну систему з нормованою освітленістю 300 лк.

Основними джерелами шуму є офісна техніка та вентиляція. Фактичний рівень шуму становить 40 дБ (А), що не перевищує гранично допустиму норму (50 дБ (А)).

4.4 Забезпечення електробезпеки

Приміщення класифікується як об'єкт із підвищеною небезпекою через можливість одночасного дотику до заземлених конструкцій та корпусів приладів.

Технічні характеристики мережі: 220В, 50 Гц, глухозаземлена нейтраль.

Заходи захисту з електробезпеки:

- конструктивні: використання корпусів зі ступенем захисту не нижче IP-44.
- схемні: застосування занулення як основного методу захисту в мережах до 1000 В.
- експлуатаційні: забезпечення I класу захисту обладнання, регулярний контроль ізоляції та використання захисного заземлення.

Доступ до внутрішніх частин апаратури дозволено лише після повного знеструмлення.

Захисне занулення – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним проводом металевих неструмовідних частин електроустановки, які у разі пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою. Занулення застосовується в мережах з глухозаземленою нейтраллю напругою до 1000 В. Його принцип дії базується на створенні короткого замикання у випадку пошкодження ізоляції, що спричиняє спрацювання захисних приладів (рис. 4.1).

ЗАНУЛЕННЯ

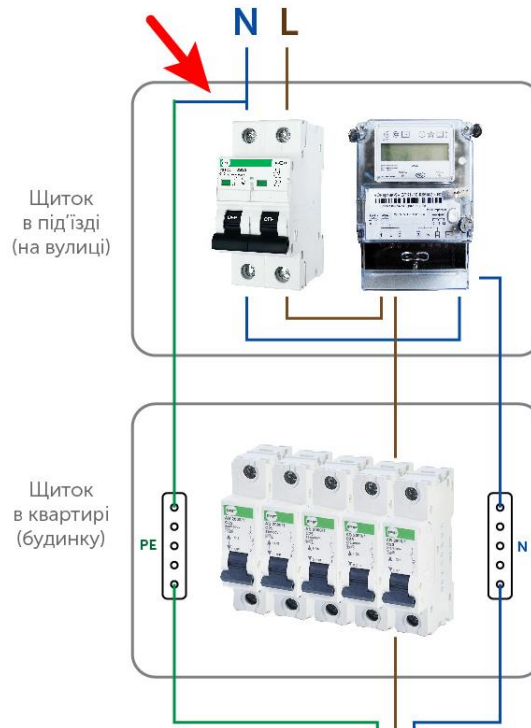


Рисунок 4.1 – Схема захисного занулення з міркувань електробезпеки

Наведемо розрахунок захисного занулення у простій і зрозумілій формі.

Є електроустановка потужністю 5 кВт, напруга живлення $U = 380$ В. Опір фази до корпусу при пошкодженні $R_{\phi} = 2\Omega$. Опір занулюючого провідника $R_3 = 0,5\Omega$. Необхідно перевірити, чи спрацює захист при короткому замиканні на корпус.

1. Визначення струму короткого замикання:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U}{R_{\phi} + R_3},$$

підставимо значення:

$$I_{\text{кз}} = \frac{380}{2 + 0.5} = \frac{380}{2.5} = 152 \text{ A}.$$

2. Умова спрацювання захисту:

– захисний автомат має номінальний струм $I_{\text{н}} = 25 \text{ A}$.

– для гарантованого відключення потрібно:

$$I_{\text{кз}} \geq 3 \cdot I_{\text{н}}$$

Перевірка:

$$152A \geq 75A ,$$

отже умова виконується

Таким чином, при пошкодженні ізоляції струм короткого замикання складе 152 А, що перевищує трикратний номінал автомата (75 А). Отже, захисне занулення забезпечує надійне відключення електроустановки від мережі, і система відповідає вимогам безпеки.

4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях та пожежна безпека

Будівля класифікується як пожежонебезпечна (категорія В) за ДСТУ Б В.1.1-36:2016 через наявність горючих матеріалів. Зона приміщення визначена як П-Па (згідно з ПУЕ-2017), що характеризується наявністю твердих горючих речовин без виділення пилу чи волокон.

Головним елементом забезпечення безпеки під час офісної діяльності є протипожежна оборона. В Україні, протипожежна оборона на будь-якому підприємстві є незамінним складником належного облаштування робочого середовища та налагодження виробничих процесів, що відповідають вимогам чинного законодавства. Відповідно, ці питання регулюються Правилами пожежної безпеки в Україні, які були затверджені наказом МВС України та періодично оновлюються відповідними документами.

Вимоги щодо пожежної безпеки, що зафіксовані законодавчо, мають бути виконані усіма суб'єктами господарювання, які здійснюють свою діяльність на території України. Це стосується незалежно від їхньої форми власності, розміру статутного капіталу, обсягу прибутку, штату працівників, видів зовнішньоекономічної діяльності, галузі роботи чи будь-яких інших характеристик.

Пожежна безпека є частиною загального комплексу заходів з охорони праці. Організація роботи у цій сфері на підприємствах охоплює низку ключових напрямків, а саме:

- забезпечення умов для безпечного виконання роботи;
- зменшення ймовірності виникнення пожеж;

- своєчасне та належне оснащення засобами, що запобігають займанням, а також дозволяють ліквідувати пожежі та їхні наслідки;
- моніторинг дотримання протипожежних правил та законодавчих норм;
- розробка та впровадження процедур для гасіння пожеж, евакуації людей та евакуації матеріальних цінностей з потенційно небезпечних зон;
- проведення тренінгів та навчань для персоналу, як всередині компанії, так і із залученням зовнішніх фахівців.

Якщо підприємство орендує приміщення, то орендар та орендодавець мають укласти письмову угоду, в якій буде чітко визначено, хто саме і на яких умовах відповідає за виконання цих робіт.

ВИСНОВКИ

В роботі виконано геоінформаційне моделювання земель транспортної інфраструктури міста Київ із використанням сучасних геоінформаційних технологій та відкритих просторових даних OpenStreetMap. У процесі дослідження сформовано комплексну геоінформаційну модель транспортної системи столиці, виконано аналіз просторової структури транспортної мережі та визначено перспективні напрями використання отриманих результатів у сфері управління міськими територіями.

За результатами виконаної роботи сформульовано такі висновки.

Проведено дослідження теоретичних основ використання земель транспортної інфраструктури та встановлено, що вони є однією з ключових складових просторової організації міського середовища. Землі транспортного призначення забезпечують функціонування автомобільного, залізничного, метрополітенівського та інших видів транспорту, формуючи транспортний каркас міста та визначаючи напрями його територіального розвитку.

Встановлено, що геоінформаційні системи є ефективним інструментом дослідження транспортних територій, оскільки забезпечують інтеграцію просторових і атрибутивних даних, підтримують виконання мережевого, буферного та просторового аналізу, а також дозволяють створювати цифрові моделі транспортної інфраструктури для подальшого прийняття управлінських рішень.

Проаналізовано особливості просторових даних транспортної інфраструктури міста Київ та визначено основні джерела їх отримання. Встановлено, що база даних OpenStreetMap містить повну та актуальну інформацію про автомобільні дороги, залізничну мережу, лінії метрополітену, транспортні вузли, мостові переходи та інші елементи транспортної системи, що дозволяє використовувати її як основу для геоінформаційного моделювання.

Виконано характеристику території дослідження та встановлено, що Київ є найбільшим транспортним вузлом України, який характеризується складною

багаторівневою структурою транспортної мережі. Особливості просторової організації міста значною мірою визначаються природними умовами, насамперед наявністю річки Дніпро, що впливає на формування транспортних зв'язків між правобережною та лівобережною частинами столиці.

На основі даних OpenStreetMap сформовано комплексну геоінформаційну базу даних транспортної інфраструктури міста Київ. У процесі підготовки даних виконано їх імпорт, тематичну класифікацію, перевірку геометричної та топологічної коректності, створення тематичних шарів та інтеграцію інформації в єдину геоінформаційну систему.

Проведено аналіз структури транспортної мережі міста Київ та встановлено, що вона має виражену радіально-кільцеву організацію. Основу транспортного каркасу формують магістральні транспортні коридори, мостові переходи через Дніпро, мережа метрополітену та великі транспортно-пересадочні вузли, які забезпечують основні напрямки руху транспортних потоків.

У результаті геоінформаційного моделювання створено цифрову модель транспортного каркасу міста Київ, яка відображає просторові взаємозв'язки між основними елементами транспортної інфраструктури. Встановлено, що найбільш важливими структуроутворюючими елементами транспортної системи є магістральні дороги загальноміського значення, мостові переходи та лінії метрополітену.

Виконано аналіз щільності транспортної мережі та встановлено суттєву просторову нерівномірність розподілу транспортної інфраструктури. Найвищі показники щільності транспортної мережі характерні для центральних районів міста та територій найбільших транспортних вузлів, тоді як віддалені райони мають менш розвинену транспортну структуру.

Отримані результати підтверджують високу ефективність використання геоінформаційних технологій для дослідження земель транспортної інфраструктури великих міст. Сформована геоінформаційна модель транспортної системи Києва дозволяє комплексно оцінювати просторову

структуру транспортної мережі, аналізувати рівень транспортної доступності територій та визначати перспективні напрями розвитку міської інфраструктури.

Практичне значення роботи полягає у створенні цифрової геоінформаційної бази транспортної інфраструктури міста Київ та розробленні набору тематичних карт і моделей, які можуть використовуватися органами місцевого самоврядування, містобудівними організаціями, землевпорядними установами та транспортними службами під час планування розвитку територій, удосконалення транспортної мережі та прийняття управлінських рішень.

Таким чином, поставлена мета роботи досягнута, а всі визначені завдання виконані у повному обсязі. Створена геоінформаційна модель земель транспортної інфраструктури міста Київ може виступати основою для подальших досліджень у сфері транспортного планування, просторового розвитку територій та впровадження сучасних геоінформаційних технологій у систему управління міським господарством.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.
2. Про транспорт : Закон України від 10.11.1994 № 232/94-ВР. [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/go/232/94-%D0%B2%D1%80>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.
3. Про автомобільні дороги : Закон України від 08.09.2005 № 2862-IV. [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/go/2862-15>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.
4. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.
5. Про залізничний транспорт : Закон України від 04.07.1996 № 273/96-ВР. [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.
6. Про основи містобудування : Закон України від 16.11.1992 № 2780-XII. [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/go/2780-12>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.
7. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/go/554-20>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва

з титул. екрана.

8. Доля К. В. Геоінформаційні системи на транспорті : навч. посібник / К. В. Доля, О. Є. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 230 с.

9. Карпінський Ю. О. Основи створення інтегрованих геопросторових даних / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Н. Ю. Лазоренко, Д. О. Кінь ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КНУБА, 2023. – 301 с.

10. Лященко А. А. Інфраструктура геопросторових даних та геоінформаційне забезпечення сталого розвитку територіальних громад / А. А. Лященко, О. О. Карпенко, А. Г. Черін // Містобудування та територіальне планування, 2021. – Вип. 78. – С. 343-355. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.78.343-355.

11. Карпінський Ю. Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та нагальні завдання розвитку і сталого функціонування / Ю. Карпінський, А. Лященко, Д. Макаренко, А. Черін // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2021. – Вип. 1(41). – С. 104–112.

12. OpenStreetMap Foundation. OpenStreetMap. [Electronic resource]. – Regime of access : <https://www.openstreetmap.org>, free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.

13. OpenStreetMap Wiki. Map features. [Electronic resource]. – Regime of access : https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_features, free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.

14. OpenStreetMap Wiki. Public transport. [Electronic resource]. – Regime of access : https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Public_transport, , free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.

15. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. [Electronic resource]. – Regime of access : <https://qgis.org>, free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.

16. QGIS 3.44 Documentation. QGIS User Guide. [Electronic resource]. – Regime of access : <https://docs.qgis.org>, free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.

17. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. 6th ed. / J.-P. Rodrigue. – New York : Routledge, 2024. – 402 p.

18. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Science and Systems 4th ed. / P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. W. Rhind // Hoboken : Wiley, 2015.

19. European Parliament and Council. Directive 2007/2/EC establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) [Electronic resource] // Official Journal of the European Union, 2007. – L108. – P. 1-14. – Regime of access : <https://inspire.ec.europa.eu>, free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.

20. Портал даних Києва. [Електрон. ресурс] / Київська міська рада; Київська міська державна адміністрація. – Оновлюється постійно. – Режим доступу : <https://data.kyivcity.gov.ua>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.

21. Портал даних Києва. Набори даних. [Електрон. ресурс] / Київська міська рада; Київська міська державна адміністрація. – Оновлюється постійно. – Режим доступу : <https://data.kyivcity.gov.ua/dataset>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.

22. Офіційний портал Києва. [Електрон. ресурс] / Київська міська рада; Київська міська державна адміністрація. – Оновлюється постійно. – Режим доступу : <https://kyivcity.gov.ua>, вільний (дата звернення: 29.05.2026). – Назва з титул. екрана.

23. ISO 19115-1:2014. Geographic information - Metadata [Electronic resource] // Part 1: Fundamentals. – Geneva : International Organization for Standardization, 2014. – 167 p. – Regime of access : <https://www.iso.org/standard/53798.html>, free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.

24. ISO 19157-1:2023. Geographic information - Data quality [Electronic resource] // Part 1: General requirements. – Geneva : International Organization for Standardization, 2023. – 102 p. – Regime of access : <https://www.iso.org/standard/78900.html>, free (date of the application: 29.05.2026). – Header from the screen.