

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: Аналіз методів зниження транспортного навантаження
на вулично-дорожньої мережі

Виконав: студент 4 курсу, групи МН-41
спеціальності 275 «Транспортні технології»
(шифр і назва спеціальності)

Студент	<u>(підпис)</u>	<u>Гаврилишин М.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>(підпис)</u>	<u>Аулін В.В.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>(підпис)</u>	<u>Дзюра В.О.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>(підпис)</u>	<u>Комар Р.В.</u> (прізвище та ініціали)
Зав. каф.	<u>(підпис)</u>	<u>Цьонь О.П.</u> (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Автомобілів

Освітній рівень бакалавр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри О.П. Цьонь

«29» січня 2029 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гаврилишину Мирославу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз методів зниження транспортного навантаження
на вулично-дорожній мережі

керівник проекту (роботи) Аулін Віктор Васильович, д.т.н., проф

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «29» 01.2024 року № 4/7-71

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Транспортна мережа міста Тернополя; Обсяг утворення і обсяг поглинання пасажиропотоків

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ 1. Аналіз об'єкту дослідження; 2. Заходи із удосконалення транспортного процесу

3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Слайди графічного матеріалу - 11 штук

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Гаврилишин М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Аулін В.В.

ЗМІСТ

	РЕФ	6
	ЕРАТ	
	ВСТ	7
	УП	
	АНА	
	ЛІЗ	
	ОБЄ	
	КТУ	
	ДОС	
	ЛІД	
	ЖЕН	
	НЯ	
1.1	Огляд	
	викли	
	ків	
	міськ	
	ої	
	вулич	8
	но-	
	доро	
	жньої	
	мере	
	жі	
1.2	Реінт	
	ерпре	1
	тація	0
	соціа	

1.3

льних
аспек
тів
обме
жень
на
викор
истан
ня
особи
стого
транс
порту
Міжн
ародн
ий
досві
д у
впров
аджен
ні 1
обме 2
жень
на рух
транс
портн
их
засобі
в без

1.4

пасаж
ирів
Міжн
ародн
ий
досві
д
обме
ження
корис
туван
ня
особи
стими
транс
портн
ими
засоб
ами за
допо
мого
ю
парни
х та
непар
них
номер
них
знаків

1
5

1.5

Досві

д

інших

країн

в

органі

зації

серти

фікаці

ї

права

на

волод

іння

прива

тним

автом

обіле

м

1.6

Досві

д

інозе

мних

країн

щодо

обме

ження

викор

истан

ня

1

6

1

7

1.7

прива
тного
транс
порту
в
перев
антаж
ених
район
ах
міста
Висн
овки
та
поста
новка
задачі
до
квалі
фікаці
йної
робот
и

2

8

2.

ЗАХ
ОДИ
ІЗ
УДО
СКО
НАЛ

2.1.

ЕНН
Я
ТРА
НСП
ОРТ
НОГ
О
ПРО
ЦЕС
У
Теоре
тичне
вивче
ння
взаєм
озв'яз
ку
між
функ
ціями 2
транс 9
портн
ого
забез
печен
ня та
вартіс
тю
викор
истан

2.2

ня
індиві
дуаль
них
транс
портн
их
засобі
в

Аналі

з

функ

ції 3

попит 0

у на

транс

порт

2.3

Харак

терис

тики

транс

портн

ого 3

поток 4

у і

його

еласт

ичнос

ті

2.4

Крите
рії
оціню
вання
ефект
ивнос
ті
заході
в
обме
ження 3
викор 6
истан
ня
індиві
дуаль
них
транс
портн
их
засобі

2.5

в
Обро
бка
почат
кових 4
даних 0
для
розро
бки

2.8

попер
едніх
розра
хункі

в

Оцінк

а

майбу

тньої

проду

ктивн 4

ості 3

транс

портн

ої

систе

ми.

2.9

Оцінк

а

харак

терис

тик

робот 4

и 4

транс

портн

ої

систе

ми.

2.10.

Реком

ендац

ії

щодо

покра

щенн

4

я

5

вулич

но-

доро

жньої

мере

жі

Розро

бка

страт

егій

покра

щенн

я

ефект

4

2.11

ивнос

7

ті

робот

и

міськ

ої

транс

портн

ої

		систе	
		ми	
3.		БЕЗП	
		ЕКА	
		ЖИТ	
		ТЄДІ	
		ЯЛЬ	
		НОС	
		ТІ,	
		ОСН	
		ОВИ	
		ОХО	
		РОН	
		И	
		ПРА	
		ЦІ	
3.1		Освіт	4
		лення	8
		автом	
		обіль	
		них	
		доріг	
3.2		Захис	5
		т	3
		цивіл	
		ьного	
		насел	
		ення	

ЗАГА	5
ЛЪНІ	6
ВИС	
НОВ	
КИ	
ПРЕ	5
ЛІК	7
ПОС	
ИЛА	
НЬ	

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему:

Аналіз методів зниження транспортного навантаження на вулично-дорожньої мережі

Кваліфікаційна робота складається з трьох розділів друкованого тексту формату А4 і десяти слайдів графічного матеріалу.

У першому розділі здійснено ретельний аналіз проблематики вулично-дорожньої мережі міських агломерацій, включаючи детальний розгляд соціальних викликів, пов'язаних з обмеженням використання особистих транспортних засобів. Окрема увага приділена вивченню міжнародного досвіду щодо регулювання руху транспорту без пасажирів, застосуванню обмежень на експлуатацію особистих автомобілів згідно з парністю або непарністю реєстраційних номерів, впровадженню систем сертифікації транспортних засобів, а також обмеженню використання особистих транспортних засобів у найбільш завантажених районах міста.

У другому розділі зосереджено увагу на теоретичному аналізі впливу різноманітних чинників на функціонування транспортного забезпечення через використання особистих транспортних засобів. Детально розглянуті аспекти транспортного попиту та еластичності транспортної системи. Окреслено ключові критерії для оцінки дієвості заходів, спрямованих на обмеження використання особистих авто у найбільш завантажених сегментах міського простору, включно з введенням плати за в'їзд. Виконано аналіз ефективності ініціатив з реконструкції існуючої міської транспортної мережі, в тому числі через розрахунки матриць найкоротших маршрутів, матриць перевезень та інших індикаторів, що відображають стан транспортної інфраструктури. Представлено пропозиції щодо обмеження користування особистими транспортними засобами під час пікових годин та оцінено потреби у фінансуванні для реорганізації існуючої вулично-дорожньої мережі.

В третьому розділі обговорено заходи щодо охорони праці та забезпечення безпеки під час надзвичайних ситуацій у транспортній сфері.

ВСТУП

Зі зростанням автотранспорту у великих містах багато жителів використовують свої легкові автомобілі для щоденних поїздок. Щодня на дорогах регіону з'являється більше 40 тисяч транспортних засобів, хоча оптимальна кількість транспортних засобів, щоб уникнути заторів, повинна становити всього 20-25 тисяч. Збільшення кількості легкових автомобілів ставить вимоги до розвитку основних магістралей і швидкісних трас для забезпечення плавного руху.

Але резерви земель, які раніше були виділені для розвитку дорожньої інфраструктури, використовуються для житлового, комерційного та офісного будівництва. Проблеми у територіальному плануванні та забудові міських і пригородних зон, які не враховують формування транспортного попиту, призводять до низької щільності дорожньої мережі у великих українських містах, наприклад, всього 4,4% території Києва.

Це поставило перед транспортними фахівцями завдання знайти способи впливу на поведінку населення з точки зору транспортної поведінки з метою зменшення негативних наслідків надмірного транспортного попиту в порівнянні з дорожньою інфраструктурою. Ці наслідки включають погіршення стану навколишнього середовища та економічні збитки внаслідок зниження швидкості руху.

Отже, важливим завданням є виявлення механізмів, які дозволять зробити кількість транспортних засобів в транспортному потоці оптимальною, особливо при обмежених можливостях дорожньої інфраструктури, з мінімізацією витрат, ресурсів і збитків.

АНАЛІЗ ОБЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд викликів міської вулично-дорожньої мережі

Процеси урбанізації та економічного зростання, поряд зі збільшенням автомобілізації, відображають позитивний прогрес країни. Однак, некероване зростання використання особистого транспорту стає загрозою для комфорту життя городян. Збільшення популярності особистих автомобілів для щоденних поїздок, особливо в великих та середніх містах, призводить до перенасиченості доріг.

З 90-х років автомобілізація стає глобальним трендом, зумовленим зростанням економічного добробуту. В Україні, особливо на Заході, після 2015 року спостерігається стрімке збільшення кількості автомобілів, завдяки імпорту доступних вживаних авто з Європи, більшість з яких належить до старих стандартів токсичності (EURO II-III).

Це веде до постійного зростання використання особистих автомобілів і, відповідно, до необхідності будівництва нових магістральних доріг та швидкісних трас у великих містах. При показниках автомобілізації 250-300 авто на 1000 осіб, потреба у дорожній інфраструктурі становить близько 8-10 км на 100 тисяч населення.

У різних містах світу щільність вулично-дорожньої мережі значно варіюється, як показано у таблиці 1.2 [43]. Наприклад, у Києві щільність дорожнього покриття на душу населення становить всього 0,3 км на 1000 осіб, що є мінімальним показником. Водночас, столиця України вирізняється найвищою щільністю доріг в країні, досягаючи 2566 метрів на квадратний кілометр.

Отже, обмежені параметри щільності вулично-дорожньої мережі вулично-дорожньої мережі у містах України, а також обмежені можливості для її розширення через територіальні обмеження, в умовах одночасного збільшення

автомобілізації, спричиняють ряд проблем, включаючи збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Таблиця 1.2 – Рівні розвитку ВДМ міст світу

Назва міста	Щільність ВДМ, км/км ²	Доля ВДМ в межах міста, %	Забезпеченість жителів ВДМ (км/1000 жителів)	Процент заторів у години пік (%)	Кількість транспортних засобів на 1000 жителів	Коефіцієнт непрямолінійності
Нью-Йорк	12,4	28	1,2	30	350	1,2-1,25
Париж	15	25	1,4	25	400	
Лондон	9,3	22	1,2	27	300	
Токіо	10,6	14	0,6	35	450	
Київ	5,5	8,7	0,3	20	250	1,54

З ростом щільності транспортного потоку, водіям доводиться бути у стані підвищеної концентрації та точності дій, що веде до психологічного навантаження та збільшує ризик аварій через людські помилки чи технічні несправності авто. Так, пробки, що виникають через високий рівень автомобілізації та недостатню щільність ВДМ, безпосередньо впливають на частоту ДТП. Варто зазначити, що низькі швидкості руху можуть зменшити серйозність наслідків ДТП, хоча й не завжди це очевидно.

Незважаючи на це, Україна продовжує бути однією з лідируючих країн Європи за кількістю смертельних випадків в результаті ДТП, навіть при умовах відносно невеликих швидкостей руху.

На ділянках дорожньої мережі, прилеглих до певних зон, зафіксовано значне зростання рівня викидів. Однак, із введенням платних дорожніх зон відбувається узагальнене зниження обсягів викидів. З урахуванням ризиків, пов'язаних із парниковими газами, багато країн відповідають на цю проблему, підписуючи міжнародні угоди та запроваджуючи законодавчі ініціативи для

скорочення викидів CO₂ та стимулювання використання екологічно чистих енергетичних ресурсів. В цьому контексті автомобільний транспорт розглядається як основний споживач енергії.

У деяких європейських країнах вже встановлені обмеження на користування транспортом із двигунами внутрішнього згорання, як у приватному, так і у громадському секторах. Ці заходи спочатку застосовуються до центральних районів міст, з перспективою поширення на всю міську територію. Очікується, що до 2030 року більшість європейських міст запровадять обмеження на використання автомобілів з ДВЗ.

Головна ціль цих заходів – забезпечення ефективних транспортних послуг з одночасним скороченням споживання палива та підвищення ефективності ІТЗ. Затори транспорту спричиняють значні економічні збитки, оцінювані у 7-9% ВВП, що також включає витрати, пов'язані з ДТП (1-2% ВВП), та нестачу коштів на ремонт доріг.

1.2 Реінтерпретація соціальних аспектів обмежень на використання особистого транспорту

Стратегія управління транспортним попитом, також відома як концепція управління попитом на перевезення (УПП), яка включає методи обмеження використання приватних транспортних засобів, зародилася в Сполучених штатах америки у 70-х -80-х роках минулого століття.

Ініціатива УПП та необхідність впливу на транспортні звички населення виникли не стільки через проблеми заторів, скільки через економічні наслідки нафтових криз, що виникли у 1973 і 1979 роках, включаючи дефіцит палива та черги на заправних станціях. Причини запровадження політик, які впливають на транспортну поведінку "ззовні", охоплюють широкий спектр аспектів соціального життя, не обмежуючись лише екологічними проблемами або заторами. Зарубіжні дослідження наголошують на важливості соціальної

інтеграції особистості у контексті транспортної поведінки, висвітлюючи як це впливає на вибір транспортних засобів та стиль життя.

Дослідження, опубліковані австралійським виданням "Bus and Coach Industry", концентруються на важливості розширення соціального капіталу, соціальних взаємозв'язків та довіри через взаємодію між пасажирами особистих та громадських транспортних засобів.

Видання зазначає, що затори в транспортній мережі, крім екологічних та економічних наслідків, також сприяють соціальній ізоляції індивідуумів. Це відбувається через зменшення можливостей для культурних та освітніх поїздок через дорожні затори або через ізоляцію, що виникає під час частого використання приватного транспорту, де люди часто подорожують наодинці.

Існує думка, що негативні наслідки соціальної ізоляції можна зменшити за допомогою залучення індивідумів до різноманітних соціальних груп, таких як родина, друзі та різноманітні спільноти, тобто через соціальний капітал. Хоча література рідко освітлює зв'язок між соціальним капіталом і функціонуванням різноманітних транспортних систем. Дослідження Путнема (1995) вказують на існування такого непрямого зв'язку. Наприклад, значна частина автомобільних поїздок в США відбувається в режимі "одна людина - один автомобіль", і їхня кількість зростає. Путнем рекомендує уважніше ставитися до часу, проведеного у дорозі.

За дослідженнями Уррі (2000), взаємодія між пасажирами і водіями під час поїздок може стати основою для розвитку соціальних зв'язків, підвищення соціального капіталу та зміцнення взаємної довіри.

Аналіз якісного аспекту соціальної інтеграції особистості можливий через соціологічні опитування громадян, використовуючи шкали оцінок для оцінки впливу транспортних заторів на бажання людей відвідувати культурно-розважальні заходи, заняття спортом, туризм тощо. Такі дослідження дозволяють формувати базу даних, яка забезпечує кількісну оцінку соціальної взаємодії в контексті підготовки транспортної системи до організації дорожнього руху.

У зв'язку з цим, у вирішенні транспортних проблем міст, в тому числі екологічних впливів, економічних збитків та соціальних наслідків, фахівці прагнуть до різноманітних стратегій обмеження використання приватного транспорту, спрямованих на модифікацію попиту на транспортні послуги. Це включає розробку та впровадження нових методів управління транспортним потоком, які б враховували не лише практичні, але й соціальні аспекти транспортного планування.

1.3 Міжнародний досвід у впровадженні обмежень на рух транспортних засобів без пасажирів.

Для визначення найбільш ефективних методів обмеження використання особистих автомобілів у часи пік, було проаналізовано досвід зарубіжних країн.

Розгляд практик у США, Канаді, Новій Зеландії, Індонезії, Китаї та Індії, зокрема, впровадження систем High Occupancy Vehicle lane (HOV) та High-Occupancy Toll lane (HOT), показує, що критерії ефективності таких заходів включають фактори, як щільність населення, рівень використання громадського транспорту та середня кількість пасажирів у транспортному засобі. Додатково, досвід цих країн вказує на необхідність адаптації таких систем до місцевих умов, враховуючи особливості міської інфраструктури, транспортні потреби населення та екологічні вимоги. Це дозволяє забезпечити більш цілісний підхід до управління транспортним потоком та підвищити ефективність впроваджених обмежень.

У країнах Європи середній показник наповнення транспортного засобу на вулично-дорожній мережі (ВДМ), яка не підпадає під обмеження типу HOV або HOT, становить приблизно 1,3 особи на автомобіль. У США, системи HOV були впроваджені у багатьох столичних районах, зокрема станом на 2012 рік існувало 126 таких зон у 27 регіонах.

Розгляд введення обмежень дорожнього руху на основі заповненості автомобілів пасажирами здійснюється в основному для великих міст та

мегаполісів, зокрема для міст із населенням понад 1000 осіб на квадратний кілометр. Ці міста, як правило, мають високий рівень життя та платоспроможність населення.



Рисунок 1.1. Смуги руху, призначені для автомобілів, що перевозять мінімум двох пасажирів.



Рисунок 1.2. Спеціалізована зупинка, розрахована на водіїв, які їздять у подинці, з можливістю забирати пасажирів на борт.

Запровадження обмежень типу HOV і HOT у місцях із високою щільністю населення та достатньою завантаженістю автострад сприяє ефективному перерозподілу пасажирських потоків. Наприклад, аналіз першої введеної у 1969 році смуги HOV на шосе у Північній Вірджинії у 2005 році виявив, що під час ранкового піку (з 6:30 ранку до 9:30 ранку) по смузі HOV проїжджало близько 31,7 тис. осіб на 8,6 тис. автомобілів (3,7 осіб на автомобіль), тоді як інші три або чотири загальні смуги обслуговували 23,5 тис. осіб на 21,3 тис. автомобілях (близько 1,1 особи на автомобіль).

Недотримання вимог щодо використання смуг HOV і HOT може призвести до їх неефективного використання та викликати негативні відгуки з боку громадськості. Наприклад, перша європейська смуга HOV, яка була введена на 7-кілометровій ділянці шосе A1 біля Амстердама у Нідерландах проіснувала з жовтня 1993 року до серпня 1994 року.

Серед критиків існують сумніви щодо ефективності смуг HOV і HOT у збільшенні продуктивності використання особистих транспортних засобів. Наприклад, дослідження, проведені в 2009 та 2010 роках у Брісбені, Австралія, показали, що порушення правил використання смуг HOV досягло майже 90%.

Американські правоохоронні органи виявили лазівки у правилах щодо перевезення пасажирів, вказуючи на різні способи їх обходу. До таких методів відносяться використання манекенів або картонних фігур на пасажирському сидінні, затемнення переднього скла та використання козирків для приховування порожніх сидінь, використання порожніх дитячих крісел під ковдрою, а також розміщення домашніх улюбленців на сидінні біля водія для створення видимості наявності додаткових пасажирів. Це вказує на потребу в удосконаленні механізмів перевірки і посилення контролю за дотриманням правил використання смуг для автомобілів з пасажирами.

Критерії заселеності транспортних засобів пасажирами є однією з ключових умов для в'їзду на обмежені дорожні смуги. Однак такі обмеження, включаючи збір плати, не повинні зачіпати соціально незахищені верстви

населення, транспорт спеціальних служб, а також екологічно чисті транспортні засоби.

Враховуючи міжнародний досвід, до категорій, які можуть використовувати обмежені смуги руху, входять:

- особисті автомобілі, за умови наявності одного або більше пасажирів у салоні;
- гібридні та електричні автомобілі, які сприяють зниженню емісії шкідливих речовин;
- автомобілі, що сплачують змінне мито за використання HOT смуг;
- мотоцикли та велосипеди, як ефективні та екологічні засоби пересування;
- таксі, що забезпечують громадський транспортний сервіс;
- автобуси, призначені для перевезення 16 чи більше пасажирів, уключно з водієм;
- транспортні засоби комунальних служб, швидкої допомоги, пожежної служби, аварійно-рятувальних служб та військових;
- транспорт, адаптований для потреб осіб з особливими потребами.

Цей підхід дозволяє забезпечити баланс між ефективним регулюванням трафіку та потребами різних груп населення та спеціальних служб.

1.4 Міжнародний досвід обмеження користування особистими транспортними засобами за допомогою парних та непарних номерних знаків

Іншим методом обмеження використання приватного транспорту є введення регуляцій для автомобілів з парними чи непарними реєстраційними номерами.

В деяких містах для боротьби з повітряним забрудненням вживаються екстремальні заходи, такі як обмеження доступу половини автомобілів до центральних районів міст. Приклади таких ініціатив можна знайти в Нью-Делі

(Індія), Парижі (Франція) та Афінах (Греція), а також вони застосовувались під час Олімпійських ігор 2008 року у Пекіні та повторно у 2011 році.

Згідно з цим підходом, транспортні засоби з парними номерними знаками дозволяються до в'їзду в місто в парні дні, а з непарними - в непарні дні.

У Парижі, таке обмеження було запроваджено після того, як рівень забруднення повітря частками, що викликають захворювання легенів і серцево-судинної системи, перевищив допустимі норми втричі (180 мг/м³ порівняно з нормою 80 мг/м³).

Цей метод є частиною ширшої стратегії управління міським трафіком, яка також може включати стимулювання використання громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури, а також заохочення до використання екологічно чистих транспортних засобів, таких як електромобілі та гібриди.

Знаменитий пекінський смог, посилений дорожніми заторами, спонукав до введення жорстких обмежень на використання особистих автомобілів. Штрафи застосовуються за порушення цих правил. Наприклад, у Нью-Делі є винятки для жінок-водіїв та інших спеціальних категорій, а в Парижі - для гібридних та електричних автомобілів, таксі, громадського транспорту та авто з трьома або більше пасажирами. Однак, існують недоліки: люди можуть купувати другі авто, що посилює проблему паркування та може погіршити екологічну ситуацію через менший екологічний клас цих автомобілів.

1.5 Досвід інших країн в організації сертифікації права на володіння приватним автомобілем

Країни з швидким розвитком часто стикаються з високим рівнем автомобілізації. Сінгапур, наприклад, вжив додаткових заходів для обмеження покупки автомобілів, адже без цих обмежень місто могло б перетворитися на великий паркінг. У Сінгапурі вже 12% площі зайнято дорогами, і через обмеження в розмірах земельних ділянок, можливості для збільшення площ відведених під розширення ВДМ є доволі обмеженими. Це підкреслює

важливість розумного планування в умовах обмеженого простору і високого попиту на транспортні засоби.

У 1990 році Уряд Сінгапуру запровадив обмеження на придбання автомобілів, вимагаючи отримання дозвільного сертифіката (COE) перед купівлею. Цей сертифікат обмежує кількість нових авто, допустимих до реєстрації, і діє 10 років із можливістю продовження. Через високий попит, вартість COE часто перевищує ціну самого авто. Ціорічні обсяги зростання кількості транспортних засобів обмежено до 3%. З 2018 по 2020 рік у Сінгапурі діяла заборона на реєстрацію нових приватних автомобілів. Також країна відома високими транспортними податками і дорожніми зборами.

В Китаї державна лотерея визначає, хто може придбати автомобільні номери, обмежуючи таким чином кількість нових автомобілів. У Японії перед купівлею авто необхідно довести наявність паркувального місця, що вимагає офіційної перевірки і затвердження розмірів місця. Це місце часто здається в оренду. В Японії існують високі транспортні збори, а автомобілі класифікуються як звичайні та легкі, з різним розміром податку. Технічний огляд в Японії обов'язковий і стає дорожчим із часом, що сприяє оновленню автопарку і зменшенню екологічного впливу старих автомобілів. Ці міри спрямовані на контроль кількості автомобілів, зменшення заторів на дорогах та покращення якості повітря у міських умовах.

1.6 Досвід іноземних країн щодо обмеження використання приватного транспорту в перевантажених районах міста.

Система управління тарифами транспортного попиту, яка зародилася в США на початку 20-го століття, розвинулася після прийняття Закону "Про дорожні трастові фонди" у 1956 році. Цей підхід, який збільшує податкові збори пропорційно до обсягу транспортного руху, був прийнятий у різних країнах. Важливим кроком стало запровадження плати за затори, запропоноване в РМЗС звіті у Лондоні у 1964 році, але впроваджене значно пізніше. Першою системою

платного в'їзду стала ALS в Сінгапурі в 1975 році. Зараз такі системи успішно діють у низці міст, зокрема в Норвегії, Лондоні, Сінгапурі, Мілані, Стокгольмі та Гетеборзі, з планами впровадження у Гонконгу і Единбурзі.

Запровадження плати за в'їзд до центральної частини Сінгапуру у 1975 році було першим ефективним застосуванням обмежувальних заходів у дорожньому русі. Система, відома як Area Licensing Scheme (ALS), спочатку мала механічні бар'єри та вручну управління. З часом ALS була модернізована до автоматизованої системи Electronic Road Pricing (ERP), введеної у 1998 році, яка використовує GPS та технології розпізнавання номерів. Це значно підвищило ефективність системи і зменшило потребу в ручному контролі.

Система тарифікації в'їзду в центр міста в Сінгапурі характеризується значною гнучкістю, з урахуванням таких факторів:

1. Маршрути в'їзду в платну зону.
2. Змінний тариф залежно від маршруту, для регулювання заторів на під'їздах до центру.
3. Високі тарифи в години пік.
4. Середня швидкість руху як основа для адаптивної тарифікації, з метою підтримання оптимальної швидкості руху. Тарифи переглядаються щоквартально на основі аналізу руху та швидкості, щоб забезпечити рівномірний рух.

Ці заходи спрямовані на забезпечення ефективної мобільності в місті, мінімізацію заторів та поліпшення якості повітря.

Основна ціль системи платного в'їзду в Сінгапурі полягає у зменшенні використання особистих автомобілів у центрі міста, а також у підвищенні якості послуг громадського транспорту. Зібрані кошти направляються до Державного Консолідованого Фонду, що сприяє фінансуванню міської інфраструктури. Після впровадження системи значна частина населення перейшла на розширену мережу автобусів і залізниць, знизивши транспортні затори. У Лондоні Transport for London відповідає за управління міською транспортною системою,

забезпечуючи інтеграцію різних видів транспорту, що підвищує доступність та ефективність громадського транспорту у місті.

Transport for London (TfL) охоплює широкий спектр транспортних послуг у столиці Великобританії, включаючи:

- лондонський метрополітен, який забезпечує швидке і зручне пересування по місту;
- легке метро, яке обслуговує деякі зовнішні райони Лондона;
- міський наземний електричний транспорт для альтернативних маршрутів між районами;
- щільна мережа автобусних сполучень, що покриває усю територію міста;
- трамвайну систему "Tramlink", яка обслуговує південний Лондон;
- водні маршрути "London River Services", які надають унікальний спосіб пересування по Темзі;
- автовокзал "Вікторія", забезпечуючи міжнародне та міжміське сполучення.

Ключові функції TfL включають:

- утримання основних доріг в місті загальною протяжністю 580 кілометрів;
- управління світлофорами та дорожніми знаками для підтримання безпеки та ефективності дорожнього руху;
- керування системою плати за в'їзд в центральну зону Лондона для регулювання трафіку;
- ліцензування таксі, забезпечуючи високі стандарти обслуговування;
- організація спеціалізованих перевезень для людей з обмеженими можливостями через службу "Dial-a-Ride".

У 2003 році TfL реалізувала інноваційну систему платного в'їзду в Лондоні, засновану на "Звіті про технічні можливості реалізації проект у платного в'їзду в Лондоні (Technical Assessment Report on the Road Charging Options for London - ROCOL)". Цей звіт був розроблений групою незалежних експертів у 2000 році і мав на меті оцінити потенціал впровадження системи платного в'їзду. Впровадження цієї системи у 2003 році стало значним кроком

TfL у напрямку регулювання трафіку та зменшення заторів у центральних районах міста, сприяючи таким чином більш ефективному та екологічному використанню міського транспортного простору.

У Лондоні було створено екологічну зону, яка обмежує доступ автомобілів для зниження шкідливого впливу на довкілля. Ця ініціатива, спрямована не тільки на зменшення кількості транспорту, але й на покращення якості громадських транспортних послуг, дозволяє використовувати зібрані кошти для різноманітних цілей. Ці кошти спрямовуються на:

- розвиток автобусних маршрутів, включно з виділеними смугами, новими маршрутами до віддалених районів, цілодобове обслуговування.
- оновлення та модернізацію стаціонарної інфраструктури, придбання нових транспортних засобів.
- інтеграцію різних видів транспорту в єдину мультимодальну систему.
- збільшення безпеки дорожнього руху, включаючи вуличне освітлення, підвищення кваліфікації персоналу, встановлення камер швидкісного контролю.
- інвестиції в ремонт та покращення дорожньої інфраструктури, в тому числі мостів.
- продовження робочого часу громадського транспорту.
- введення нових тарифних політик та платіжних технологій.
- удосконалення пішохідних та велосипедних маршрутів.
- загалом, поліпшення міського середовища та якості життя мешканців.

Закон встановлює чіткі обмеження на використання коштів, отриманих від оплати за в'їзд до міста, забезпечуючи їх витрачання виключно на цілі, передбачені ініціативою. Це включає фінансування транспортної інфраструктури та екологічних проєктів, які спрямовані на покращення якості довкілля та зменшення забруднення повітря. Утворення екологічної зони в центральній частині міста стало ключовим кроком до зниження негативного впливу транспорту на довкілля, обмежуючи доступ транспортних засобів з високим рівнем викидів.

Існують винятки з правил оплати за в'їзд, які дозволяють певним категоріям транспортних засобів та осіб в'їжджати до центральної частини міста без оплати. До цих винятків відносяться водії мотоциклів, мопедів, велосипедисти, автомобілі таксі, службові автомобілі екстрених служб, транспортні засоби Міністерства внутрішніх справ, спеціалізовані державні автомобілі, транспорт берегової охорони, автомобілі Національної служби охорони здоров'я (NHS), автомобілі для осіб з обмеженими можливостями, транспорт з 9 та більше місцями, зареєстрований як автобуси, а також транспортні засоби, які відповідають екологічним стандартам Євро-5, мають викиди CO₂ на рівні не вище 75 г/км або є іноземними. Це сприяє стимулюванню використання екологічно чистішого транспорту та підтримує ініціативи зі зменшення заторів та покращення міського середовища.

Ціни за проїзд у лондонську екологічну зону змінюються в залежності від категорії та характеристик транспортного засобу. Тарифи коливаються від 8 до 25 фунтів стерлінгів для великогабаритних дизельних транспортних засобів, таких як вантажівки з масою більше ніж 3,5 тонни, автобуси, спеціалізована техніка на шасі вантажних автомобілів, мінівени, а також техніка комунальних служб та аварійно-рятувальні автомобілі, станом на 16 листопада 2015 року. Найвища плата застосовується до автомобілів, чий викиди CO₂ перевищують 225 грамів на кілометр.

Уточнення цих вартостей підкреслює зусилля міста спрямовані на зменшення забруднення повітря та стимулювання використання більш екологічно чистих транспортних засобів. Встановлення різних тарифів має на меті не лише регулювати доступ до центральних районів міста, але й заохочувати власників транспортних засобів до переходу на менш забруднюючі альтернативи, зокрема електромобілі та гібриди, які можуть користуватися пільгами або повністю звільнятися від зборів у деяких зонах. Таким чином, ця політика не лише покращує якість повітря, але й сприяє сталому розвитку міського транспорту.

Лондонська зона з оплатою за проїзд займає територію в 21 квадратний кілометр, що еквівалентно приблизно 1,3% від усієї площі міста. У самому серці столиці встановлено 764 стаціонарні камери для моніторингу руху транспорту, з яких 700 камер розташовані безпосередньо усередині зони з оплатою за проїзд, а решта 64 камер встановлені на її межах. Крім того, для забезпечення більш гнучкого нагляду використовують 10 мобільних камер, розміщених на автомобілях. Всі стаціонарні камери обладнані системами автоматичного розпізнавання реєстраційних номерів (ANPR), що дозволяє ідентифікувати транспортні засоби та зберігати інформацію про них для подальшого аналізу.

Ця передова система контролю дозволяє не тільки виявляти порушників правил оплати за проїзд, але й сприяє зниженню заторів та покращенню якості повітря в центральній частині Лондона. Завдяки ефективному використанню технологій ANPR, міська адміністрація має змогу аналізувати трафік, оптимізувати міський транспорт та розробляти нові стратегії для подальшого покращення транспортної інфраструктури. Впровадження такої системи також відіграє ключову роль у фінансуванні транспортних проєктів, спрямованих на стимулювання мешканців та гостей міста користуватися громадським транспортом, велосипедами або пересуватися пішки, що в свою чергу сприяє створенню більш зеленого та сталого міського середовища.



Рисунок 1.3. Зона платного проїзду у Лондоні

Стягування оплати за візд в центральну частину міста є частиною ринкового економічного підходу, який націлений на користувачів дорожньої мережі в певному районі. Цей інструмент використовується для зниження попиту на використання дорожньої інфраструктури, зменшення інтенсивності дорожнього руху і, як наслідок, мінімізації негативного впливу транспорту на довкілля та зменшення міських витрат, пов'язаних із дорожніми заторами.

Зона платного проїзду в Лондоні охоплює площу 21 км², що становить близько 1,3% загальної площі міста. У центрі Лондона функціонує 764 пристроїв для контролю транспорту: 700 з них розміщені всередині платної зони, а інші 64 - на її кордонах. До того ж, для підвищення ефективності контролю використовуються 10 мобільних камер на автомобілях. Стационарні камери оснащені технологією автоматичного зчитування та розпізнавання номерних знаків транспортних засобів (ANPR), що дозволяє фіксувати номери та зберігати їх у базах даних.

Введення плати за в'їзд у центр міста є частиною ринкового економічного підходу, який націлений на користувачів дорожньої мережі в певному районі. Цей інструмент використовується для зниження попиту на використання дорожньої інфраструктури, зменшення інтенсивності дорожнього руху і, як наслідок, мінімізації негативного впливу транспорту на довкілля та зменшення міських витрат, пов'язаних із дорожніми заторами.

Різні міста використовують різноманітні системи для організації платного доступу до своїх центральних районів. Загалом, процес оплати за в'їзд складається з трьох ключових етапів:

- Фіксація факту в'їзду в зону платного проїзду;
- Сплата встановленої плати;
- Наложення штрафів у випадку несплати.

Щодо технологій фіксації в'їзду в платну зону, існують два основні методи:

1. Механічні бар'єри: Включають в себе застосування турнікетів, воріт та шлагбаумів. Ці пристрої можуть бути відкриті автоматично після сплати або через втручання дорожнього персоналу.

2. Система Dedicated Short-Range Communication (DSRC): Вона включає в себе відеокамери для розпізнавання номерних знаків, антени для обміну даними з бортовими пристроями транспортних засобів, сканери для визначення розмірів і типу транспортного засобу, а також бортові пристрої (транспондери), які взаємодіють з зчитувальними пристроями системи.

Коли бортовий пристрій (транспондер) відправляє запит, генерується радіосигнал, що несе інформацію про автотранспортний засіб. Обмін даними між бортовим пристроєм та зчитувачем відбувається через радіохвилі. Крім того, цей обмін може відбуватися також через інфрачервоні, мікрохвильові або ультразвукові діапазони. Схематичне зображення точки доступу до обмеженої зони дорожнього руху, а також зчитувального пристрою системи, представлено на ілюстраціях 1.4 і 1.5.

Додатково, ця технологія може включати функції безпеки, такі як шифрування даних для запобігання несанкціонованому доступу та маніпуляціям.

Також важливим аспектом є забезпечення високої точності і надійності обміну даними, особливо в умовах високої інтенсивності дорожнього руху та різних погодних умов. Окрім того, система може бути інтегрована з центральною диспетчерською службою для оперативного моніторингу та управління дорожнім рухом.

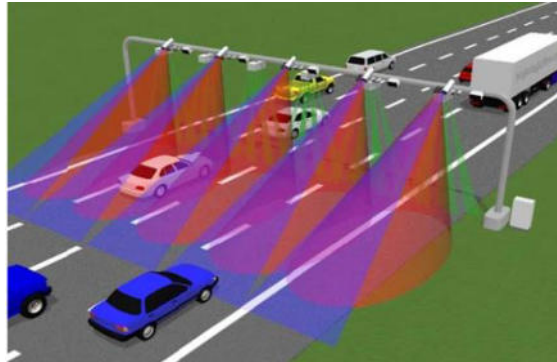
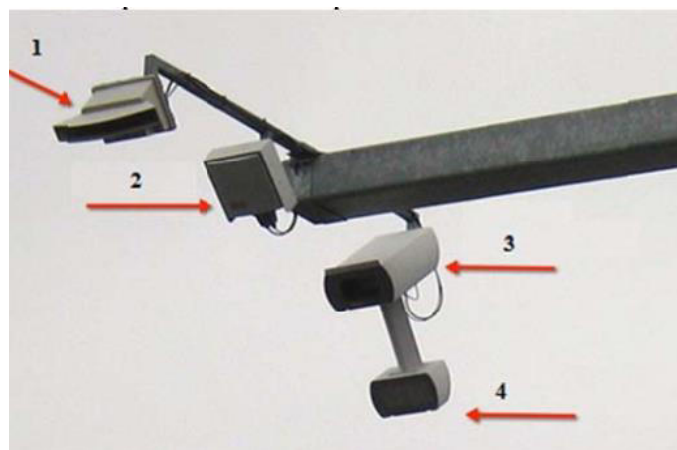


Рисунок 1.4. Точка доступу, оснащена обладнанням, для в'їзду в зону з обмеженням дорожнього руху.



Малюнок 1.5. Система реєстрації перетину зони з обмеженням дорожнього руху включає: 1 – сканер на лазерній основі; 2 – Радіочастотна антена; 3 – Відеокамера з функцією розпізнавання державних знаків транспортних засобів; 4 – Прожектор на інфрачервоних хвилях.

Така система може оснащуватися датчиками руху для виявлення та відстеження транспортних засобів, що наближаються до контрольної точки. Також можливе впровадження системи аналізу відеоданих для виявлення порушень правил дорожнього руху та автоматичного виписування штрафів.

Ефективність системи може бути підвищена за рахунок інтеграції з централізованою базою даних транспортних засобів, що дозволить оперативно обробляти та перевіряти інформацію про кожен транспортний засіб.

Система ідентифікації, що базується на стільниковому зв'язку та супутниковій навігації (GSM/GPS), включає в себе:

- бортовий пристрій або смартфон, який інтегрується із супутниковою системою.

- віддалений сервер для передачі та аналізу зібраної інформації.

Основним недоліком цієї системи є втрата сигналу в місцях, як-от тунелі.

Наразі, для збору плати у системах безбар'єрного проїзду використовуються три основні технології:

- GNSS: з використанням глобальної навігаційної системи для слідкування за маршрутом;

- DSRC: за допомогою транспондерів для комунікації;

- ANPR: з використанням технології розпізнавання номерних знаків.

Методи збору плати можна класифікувати за наступними критеріями:

За формою оплати:

- передоплата;

- післяоплата.

За місцем оплати:

- після виїзду з обмеженої зони чи території;

- поза межами обмеженої зони візду у спеціальних відділеннях, таких як спеціалізовані центри обслуговування або онлайн-платформи.

За способом збору плати:

- ручний (оплата готівкою безпосередньо у касі або через дорожнього інспектора);

- напівавтоматичний (оплата на автоматичних платіжних терміналах або через мобільні додатки, зазвичай за допомогою електронної карти);

- автоматичний (оплата через автоматизовані системи, що визначають проїзд і автоматично списують кошти з рахунку користувача).

У даній системі передбачається використання спеціалізованої технології автоматичної ідентифікації автотранспортних засобів (АТС). Реєстрація проїзду АТС по платній дорозі здійснюється в базі даних оператора системи дорожніх зборів, після чого з рахунку власника автомобіля автоматично списується відповідна сума або виставляється рахунок.

Методика стягнення дорожніх зборів залежить від цілей та принципів відповідної системи, а також від фінансових ресурсів, що використовуються для її реалізації.

Можливі способи оплати за використання відповідної транспортної системи включають:

- Готівкову оплату на дорозі, що може вимагати зупинки транспортного засобу і спричиняти затори;
- Оплату за допомогою електронних карт (кредитних, дебетових, паливних тощо) на платіжних терміналах;
- Оплату через Інтернет, де власник АТС завчасно поповнює свій особистий рахунок на сайті компанії-оператора. Цей метод є зручним, але може бути недоступний для деяких категорій водіїв;
- Використання смарт-карт для бортових пристроїв, де водій отримує карту з певною кількістю балів, які списуються при використанні платної інфраструктури.

Цей метод оплати ефективний при використанні ідентифікаційних технологій АТС на основі DSRC та GPS, але має недоліки, такі як високі витрати на обладнання бортового пристрою з функцією читання-запису для смарт-карт.

Основним методом збору плати в системі з автоматичним розпізнаванням номерних знаків є пост-оплата, що передбачає обробку даних, отриманих від пристроїв ідентифікації АТС. Цей підхід вимагає створення єдиної інформаційної бази, яка містить дані про зареєстровані в системі АТС та їх власників, а також правової основи для ефективного застосування санкцій у разі несплати.

1.7 Висновки та постановка задачі до кваліфікаційної роботи

На підставі глибокого аналізу наданих даних ми формулюємо наступні висновки та визначаємо завдання для виконання у кваліфікаційній роботі:

1. Здійснити теоретичне дослідження, зосереджене на аналізі взаємозв'язків між функціями індивідуальних транспортних засобів і їх вартісним аспектом.

2. Вивчити динаміку транспортного попиту та еластичність транспортної системи для повного розуміння їх впливу одне на одного.

3. Сформулювати критерії для оцінки результативності обмежень на використання приватного транспорту в надмірно завантажених районах міста через впровадження плати за в'їзд.

4. Аналізувати ефективність існуючої транспортної мережі та розробити стратегії для покращення дорожньо-транспортної інфраструктури.

5. Пропонувати заходи для оптимізації роботи транспортної мережі, щоб забезпечити ефективний та безперебійний транспортний рух.

6. Розглянути аспекти безпеки праці та надзвичайних ситуацій у транспортній сфері, розробивши відповідні рекомендації та запобіжні заходи.

Ці завдання будуть складати фундамент для подальшого аналізу та досліджень у рамках кваліфікаційної роботи.

2. ЗАХОДИ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Теоретичне вивчення взаємозв'язку між функціями транспортного забезпечення та вартістю використання індивідуальних транспортних засобів

Аналіз ефективності застосування цінового інструменту для регулювання використання індивідуальних транспортних засобів може бути проведений на основі класичних економічних теорій, сформульованих економістом Адамом Смітом.

Кожен вид пасажирського транспорту має свої унікальні характеристики, такі як пропускна спроможність, маневреність, комфорт та вантажопідйомність. Ці характеристики визначають його придатність для конкретних транспортних потреб.

Водночас, різні умови експлуатації, такі як середня довжина поїздки, інтенсивність пасажиропотоку, впливають на вибір оптимального виду транспорту для різних сценаріїв використання. Це створює необхідність визначення найбільш раціональних моделей використання транспорту для певних типів населених пунктів.

Вибір відповідного транспортного засобу ґрунтується на принципі максимальної ефективності перевезень з мінімальними витратами. Функціонування транспортного забезпечення є складною і змінюється в залежності від багатьох зовнішніх факторів.

Соціально-економічна поведінка суспільства визначається його культурними цінностями, менталітетом та загальними життєвими уподобаннями. Хоча ця робота не фокусується на класифікації та типології соціальних моделей, важливо відзначити, що підходи до транспортного забезпечення можуть відрізнятися в залежності від розміру та економічного стану населених пунктів.

"Усереднені" параметри для дослідження транспортного забезпеч

ення, такі як часові та фінансові обмеження, є важливими для розуміння вибору способів пересування з точки зору максимізації користі. Ці аспекти, висвітлені Адамом Смітом, є ключовими в цьому дослідженні.

Також слід врахувати, що рішення про використання індивідуальних транспортних засобів залежать не лише від їх безпосередньої вартості, але й від загальних витрат на утримання, ремонт, паливо та інші змінні витрати. Розуміння цих витрат допоможе забезпечити більш глибоке розуміння впливу економічних факторів на вибір транспортних засобів.

Окрім того, важливо вивчити соціально-економічний контекст та вплив політики міського планування на рішення про транспортне забезпечення, включаючи аспекти доступності та сталого розвитку. Це може включати аналіз державних стимулів, податкових політик та інших регуляторних інструментів, які впливають на поведінку водіїв і вибір транспортних засобів.

2.2 Аналіз функції попиту на транспорт

Вибір транспортного засобу майбутнім власником ґрунтується на його фінансових можливостях, що впливає на тип і модель обраного засобу та на потенційне використання кредитних схем для його придбання, які в свою чергу визначають капітальні витрати.

Експлуатаційні витрати на пасажирський транспортний засіб (ТЗ) поділяються на постійні (FC) та змінні (VC) витрати. Постійні витрати включають амортизацію, страхові премії, транспортний податок та інші витрати, які не залежать від пробігу. Змінні витрати, такі як витрати на пальне, технічне обслуговування, паркування та проїзд по платних ділянках, змінюються в залежності від використання ТЗ. Ці витрати, разом з капітальними вкладеннями, формують ціновий фактор, який впливає на вибір транспорту.

Транспортний попит формується на основі потреби у переміщенні, яка визначається як бажання або необхідність переміститися з одного місця в інше.

Ця потреба може бути постійною, відносно постійною, періодичною, факультативною чи випадковою залежно від міського контексту.

Кожна транспортна потреба супроводжується вимогами до способів її задоволення. Наприклад, у випадку індивідуального або громадського транспорту пасажир має вибрати між максимізацією користі та власними фінансовими обмеженнями.

Згідно з класичними принципами Адама Сміта, два основні обмеження, що впливають на вибір транспортного засобу, - це час та дохід.

Ці обмеження створюють бюджетну лінію для пасажирів, що визначає можливі варіанти вибору між індивідуальним (X) та громадським (Y) транспортом, які зображені на рисунку 2.1.

Додатково, можна розглянути вплив екологічних факторів та політик сталого розвитку на вибір транспорту. Наприклад, зростаюча увага до проблем зміни клімату та забруднення повітря може спонукати споживачів обирати екологічно чистіші транспортні засоби, такі як електромобілі або гібридні автомобілі. Також цінність громадського транспорту може зростати у містах з високою щільністю населення та обмеженим простором для паркування. Ці тенденції важливо враховувати при аналізі функції транспортного попиту та розробці міських транспортних стратегій.

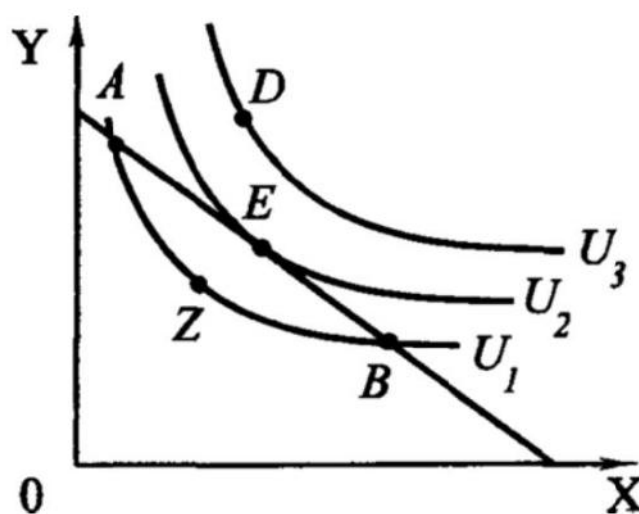


Рисунок 2.1 – Оптимізація вигоди з вибраного виду транспорту при обмеженому бюджеті

Коли зростає вартість використання індивідуального транспорту на фоні незмінної вартості громадського пасажирського транспорту і невизначеності доступного доходу, бюджетна лінія для вибору транспортних засобів змінює свій кут нахилу. Це вказує на те, що споживачі змушені скоротити кількість поїздок індивідуальним транспортом. Оптимальний вибір користувача полягає у визначенні такої пропорції між поїздками індивідуальним транспортом та громадським транспортом, яка забезпечує максимальну сукупну користь, не перевищуючи бюджетні обмеження (точка Е на кривій балансу U_2 , зображена на малюнку 2.2).

Збільшення вартості спонтанних поїздок індивідуальним транспортом веде до зменшення доступності бюджетної лінії та підвищення її кута нахилу у точці Х, що відображає зміну пріоритетів між індивідуальним транспортом та громадським пасажирським транспортом (ГПТ).

Крім того, слід врахувати, що зміна вартості транспортних послуг може спонукати споживачів до пошуку альтернативних способів переміщення, таких як велосипедний транспорт або пішохідні поїздки, що також впливає на загальну структуру транспортного попиту. Важливо враховувати екологічний аспект та можливість підвищення якості життя міських мешканців через скорочення заторів і забруднення повітря.

Також слід враховувати вплив цих змін на розвиток міської інфраструктури, зокрема необхідність розвитку мережі громадського транспорту та створення зручних умов для альтернативних видів пересування. Це може включати розширення мережі велосипедних доріжок, підвищення комфорту громадського транспорту, а також впровадження інноваційних рішень, таких як інтелектуальні транспортні системи для оптимізації руху та покращення інформування пасажирів.

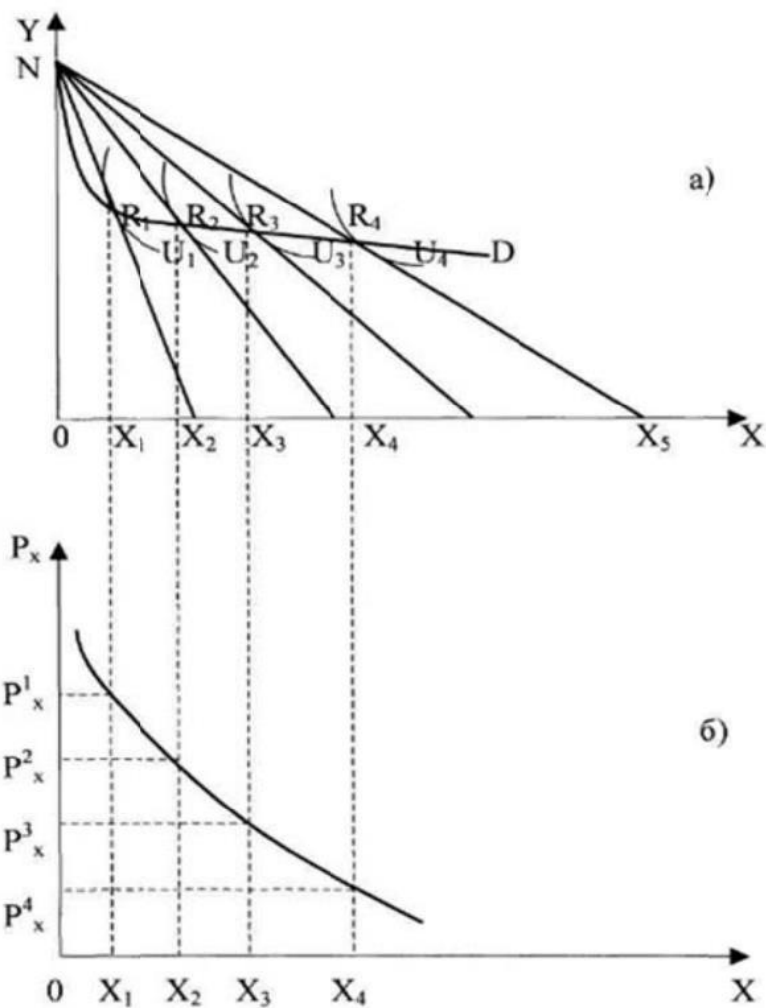


Рисунок 2.2 – Створення кривої попиту на індивідуальний транспорт (X), враховуючи криві обмежень бюджету і криву байдужості.

Залежно від змін вартості перевезень формується графік попиту на транспортні послуги. Зміни у виборі способів переміщення споживачами, зумовлені ціною на використання індивідуального транспорту (позначеного як X), можна відобразити на графіку, як це показано на рисунку 2.2.

Коли змінюється вартість перевезень індивідуальним транспортом, бюджетні лінії зміщуються, змінюючи свій кут нахилу в точках X_1 -4. Для кожної бюджетної лінії споживачі визначають оптимальну комбінацію поїздок громадським транспортом (ГПТ) та індивідуальним транспортом у точках дотику R_1 -4 на кривих корисності U_1 -4. Вибір у точці R_1 -4 на рівні заданого доходу та цін максимізує користь споживача. Ці точки вибору R_1 -4 утворюють

криву "цінового споживання", яка відображає взаємозв'язок між "витратами на переміщення індивідуальним транспортом" (P_x) та "кількістю поїздок індивідуальним транспортом" (X), формуючи криву попиту на індивідуальний транспорт.

Таким чином, бюджетні обмеження споживачів впливають на формування функції попиту на транспорт. Ціна є основним фактором впливу згідно з класичними економічними законами. Аналіз чутливості попиту до змін цін на транспортні послуги дозволяє оцінити еластичність попиту.

Крім того, важливо розглядати вплив зовнішніх чинників, таких як зміни у міському плануванні, розвиток альтернативних видів транспорту, а також соціально-економічні зміни, які можуть вплинути на структуру та обсяги транспортного попиту. Це може включати, наприклад, впровадження нових технологій для покращення ефективності громадського транспорту, розширення інфраструктури для велосипедного та пішохідного руху, а також розвиток програм, спрямованих на стимулювання використання екологічно чистих видів транспорту. Такий комплексний підхід до регулювання транспортного попиту забезпечить більш стале та ефективне використання транспортної інфраструктури міста.

2.3 Характеристики транспортного потоку і його еластичності

Еластичність транспортного попиту демонструє, як ринок реагує на зміни в основних чинниках, включаючи вартість використання вулично-дорожньої мережі (ВДМ) та рівень доходів споживачів. Ця еластичність, виміряна як зміна обсягу попиту на транспортні послуги при зміні ціни на 1%, відображає чутливість споживачів до цінових коливань.

В розвинених економіках цінова еластичність попиту на загальний публічний транспорт (ГПТ) та таксі зазвичай визначається як приблизно -0,4 і -0,3 відповідно. В залежності від ринкових цін, транспортний попит можна класифікувати як:

- Нееластичний, де збільшення обсягу транспортного забезпечення менше ніж на 1% при зниженні цін на 1%;
- Абсолютно нееластичний, що вказує на відсутність залежності від ціни;
- Еластичний, де зростання обсягу транспортного забезпечення більше ніж на 1% при зниженні цін на 1%.

Зауважимо, що ситуація, де обсяг транспортного забезпечення зменшується удвічі при подвоєнні ціни, є досить рідкісною.

Вплив ціни на використання певного виду транспорту також залежить від вартості альтернативних способів переміщення. Перехресна еластичність транспортного попиту за ціною вимірює чутливість обсягу попиту на певний вид транспорту до змін цін на інші способи переміщення.

Також, реакція транспортного попиту на зміни доходів споживачів вимірюється дохідовою еластичністю спроб. Зростання середнього доходу населення сприяє підвищенню загальної рухливості та частоти використання транспортних засобів. Люди з нижчими доходами схильні витратити більше часу на переміщення, у той час як особи з вищими доходами мають більшу транспортну рухливість.

У підсумку, розуміння еластичності транспортного попиту та вартості його використання є важливим для аналізу ринкових тенденцій та змін в попиті на транспортні послуги. Врахування цих аспектів дозволить розробити більш точні та ефективні стратегії для регулювання транспортної системи, включаючи розробку нових тарифних планів, поліпшення існуючої інфраструктури та реалізацію нових транспортних рішень. Це також забезпечить краще усвідомлення потреб різних груп населення та впливу економічних змін на їхні транспортні звички, сприяючи створенню більш доступної, зручної та ефективної транспортної мережі.

2.4 Критерії оцінювання ефективності заходів обмеження використання індивідуальних транспортних засобів

Оцінка результативності заходів, що обмежують використання індивідуальних транспортних засобів у завантаженій частині міста, передбачає аналіз вигод і витрат, які несуть користувачі та органи державної влади. Важливо забезпечити справедливий баланс інтересів між всіма сторонами при реалізації таких заходів.

Ефективність може бути оцінена за допомогою "загального показника", який включає різні аспекти:

- Зниження інтенсивності трафіку на дорогах;
- Зменшення рівня викидів парникових газів;
- Пониження ризику дорожньо-транспортних пригод.

Ключовим показником ефективності в контексті системи платного в'їзду є зменшення часу затримок для користувачів автомобільних доріг. Використання цього показника не виключає застосування інших складних критеріїв, наприклад, оцінки впливу на загальну зайнятість доріг, екологічні наслідки та безпеку руху.

Для комплексної оцінки ефективності обмежень пропонується використовувати методіку загальної ціни подорожей (Generalized Cost of Travel, GCT), яка включає в себе аналіз витрат часу та витрат, пов'язаних із користуванням автомобільних доріг.

Крім того, важливим аспектом оцінки є аналіз соціального впливу обмежень, включаючи дослідження змін у доступності міських районів, рівня задоволеності громадськості та впливу на ділову активність у місті. Варто також враховувати вплив заходів на зменшення шумового забруднення та покращення загального міського середовища.

Оцінка економічної вигоди від зниження завантаженості міської інфраструктури та підвищення ефективності громадського транспорту також є

значущим критерієм. Такі заходи можуть сприяти збільшенню загальної продуктивності міста та покращенню якості життя мешканців.

Враховуючи все це, розробка комплексного підходу до оцінки ефективності системи платного в'їзду вимагає інтеграції різних методологій та інструментів, що включають як кількісні, так і якісні показники. Це дозволить отримати всебічну картину впливу впроваджених заходів і прийняти обґрунтовані рішення щодо подальшого управління транспортними потоками у місті. Важливо також забезпечити зворотний зв'язок від громадськості та бізнесу для коригування політики у міру її впровадження та адаптації до змінних умов.

$$GCT_i = DC_i + VT(n) \times TT_i \quad (2.1)$$

де $VT(n)$ – ціна часу n -го по користувача за шкалою;

DC_i – прямі витрати на експлуатацію ТЗ по i -му варіанту;

TT_i – час поїздки по варіанту i .

Цінність часу в дорозі (VT) для користувачів варіюється і залежить від тривалості їхньої поїздки. Інтелектуальне управління попитом на індивідуальний транспорт може значно знизити загальну вартість поїздки (GCT), зменшуючи час в дорозі, однак це може призвести до збільшення безпосередніх витрат на поїздку, таких як оплата за паркування та проїзд по платних дорогах.

Введення системи оплати за в'їзд в міські зони сприятиме регулюванню транспортного попиту і переорієнтації пасажирських потоків на використання громадського транспорту. Такі заходи зменшать навантаження на автомобільні дороги, сприяючи розрядженню трафіку та зниженню заторів, що, у свою чергу, знизить втрати часу пасажирів і зменшить попит, пов'язаний з втратами часу у заторах.

Оцінка ефективності впровадження таких тимчасових обмежень може бути виражена через порівняння базової загальної ціни поїздки (GCT) з витратами після впровадження обмежень, враховуючи зміну у вартості та часі поїздок.

$$\sum_{n=1}^x (S_n \cdot f_n \cdot Q \cdot l \cdot \Delta t_2) + \sum_{n=1}^y (T_n \cdot fa_n \cdot p_2^n \cdot l) \leq \sum_{n=1}^x (S_n \cdot f_n \cdot Q \cdot l \cdot \Delta t) \quad (2.2)$$

де Q_i – кількість транспортованих пасажирів, чол.;

l_i – відсаянь, на яку було перевезено пасажирів, км;

S_n – цінність дозвілля пасажирів групи n , утвореної за критерієм середнього доходу в грошовому виразі, грн;

f_n – частка населення в групі n , яка класифікована згідно з рівнем їхнього середнього фінансового доходу, %;

$n=1, 2 \dots y$ – к-ть груп n ТЗ, які сформовано за рівнем середнього доходу, од;

$n=1, 2 \dots x$ – к-ть груп n ТЗ, сформованих за рівнем їх середнього доходу, од;

p_2^n – к-ть ТЗ в транспортному потоці на 1 км дороги, авт/км.;

$\Delta t, \Delta t_2$ – затримки в часі при проїзді відрізка дороги за оптимальною швидкістю та за швидкістю, типовою для годин пік, до та після запровадження регулювання відповідно.

$$\begin{cases} TC_1 = S = TC_2 = S_2 + T \\ S_1 > S_2 \\ \Delta S = T = \Delta t \cdot S \end{cases} \quad (2.2)$$

де TC_1, TC_2 – загальні витрати, асоційовані з переміщенням через конкретний сегмент мережі до та після впровадження контрольних заходів, грн;

S_1, S_2 – витрати, що виникають у водіюв, які пов'язані із втратою часу, грн;

Δt – час, витрачений на переміщення індивідуальних транспортних засобів через визначений відрізок ВДМ (розходження у часі проїзду між періодами пікової та мінімальної інтенсивності), год;

$TC_{opt}, T_{opt}, t_{opt}$ – оптимальні умови перевезення, за яких витрати на проїзд через конкретний відрізок ВДМ знизилися до найнижчих рівнів;

T –тариф, при якому витрати на проїзд легковими автомобілями через вказаний відрізок ВДМ залишаються незмінними, тоді як час, необхідний для подолання цієї ділянки, значно скорочено, виражений у гривнях.

Графічна репрезентація цієї моделі представлена наступним чином:

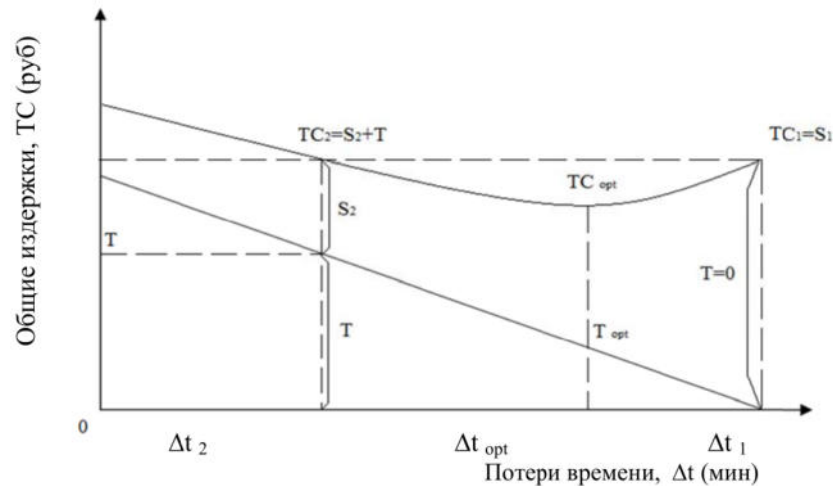


Рисунок 2.3 – Візуалізація ідеальних умов транспортного руху

Запровадження системи платного в'їзду дозволяє розробникам більш точно оцінити реальні моделі використання транспорту в суспільстві. Виявляється, що еластичність транспортного обслуговування в реальних умовах може істотно відрізнятися від первісних прогнозів, базованих на оцінках значних витрат вільного часу пасажирів.

Міжнародні дослідження показують, що вартість часу відрізняється в різних країнах. У країнах із вищим рівнем доходів, таких як Великобританія та Франція, вплив платного в'їзду на використання транспорту не так виражений, у порівнянні з країнами з нижчим рівнем доходів, як Україна, де вартість вільного часу зазвичай нижча за середню годинну оплату праці автовласника. Також слід враховувати, що фактичний рівень доходів населення може бути вищим за офіційно заявлені цифри через наявність недекларованих доходів та інші економічні чинники.

Таким чином, тарифи, розраховані на основі середніх доходів населення, можуть не завжди ефективно впливати на зниження транспортного обслуговування в мережі. Це вказує на необхідність адаптації тарифної політики

на основі реальних даних та спостережень за функціонуванням системи платного в'їзду. Розробка адекватних тарифних стратегій, що враховують різницю в економічному становищі населення та їх споживчі вподобання, стане ключовим аспектом для досягнення максимальної ефективності системи платного в'їзду.

2.5 Обробка початкових даних для розробки проектного розрахунку

У даному розділі дослідження ми зосередимося на аналізі та обчисленнях, що стосуються інтенсивності руху транспорту на окремих відрізках міської вулично-дорожньої мережі. На основі цього аналізу ми оцінимо якість обслуговування в різних частинах мережі та визначимо необхідність їх модернізації. Додатково буде виконаний розрахунок витрат на вдосконалення інфраструктури вулично-дорожньої мережі. Основу для цих розрахунків складуть дані про обсяги транспортного потоку, які формуються і поглинаються в мережі. Ми використаємо стандартний підхід у визначенні обсягів потоків за допомогою гравітаційної моделі, в якій основним елементом є матриця найкоротших відстаней. Крім того, буде здійснено розрахунок відстаней між районами в межах транспортної мережі, з урахуванням мінімально можливого часу подорожі.

$$\sum_{i=1}^m T_i \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

де m – кількість дуг міської дорожньої мережі, які утворюють шлях від однієї точки дорожньої системи до іншої.

T_i – тривалість, протягом якої транспортний засіб пересувається по i -тій ділянці мережі, год.

Обчислимо час, який потрібен для переміщення транспортних засобів по маршрутах ВДМ, використовуючи формулу:

$$T_i = \frac{L_i}{V_i}, \quad (2.4)$$

де V_i – швидкість руху транспортних засобів у потоці, км/год.

Швидкість руху транспортних засобів у потоці, інакше відома як швидкість потоку, залежить від багатьох чинників. Оцінка ефективності роботи транспортної мережі часто ґрунтується на аналізі швидкості руху потоку, особливо при умовах, що дозволяють вільний рух.

Для зручності аналізу, всі можливі відстані між гілками вулично-дорожньої мережі (ВДМ) будуть систематизовані у таблиці. Ця таблиця включена до додатку і є інструментом для кращого розуміння і оцінювання різних аспектів мережі.

2.6 Обчислення матриці кореспонденцій

Застосовуючи гравітаційну модель, ми аналізуємо обсяги кореспонденцій між вузлами вулично-дорожньої мережі. Ця модель базується на принципах утворення та поглинання транспортних потоків у різних районах, дозволяючи точно визначити кількість кореспонденцій. Вона ефективно використовує дані про обсяги транспорту, що допомагає у плануванні та оптимізації мережі для забезпечення більш плавного та ефективного руху.

$$H_{ij} = HO_i \cdot \frac{HP_j \cdot D_{ij} \cdot K_j}{\sum_{t=1}^n HP_t \cdot D_{it} \cdot K_t} \quad (2.5)$$

де HO_i – кількість транспортних потоків, що виходять з вузла, виміряну в одиницях на годину;

HP_j – кількість транспортних потоків, що входять в вузол, також в одиницях на годину;

D_{ij} – показником притягання між вузлом i та вузлом j ;

K_j - це коефіцієнт для балансування, встановлений як $K_j = 1/n$; n - кількість вузлів транспортної мережі.

Функція притягання — це показник, що є оберненим значенням відстані між транспортними вузлами, розрахований за формулою:

$$D_{ij} = L_{ij}^{-1}, \quad (2.6)$$

де L_{ij} – мінімальна дистанція між вузлами i та j дорожньої мережі.

Дані про кореспонденції всіх пунктів ВДМ зібрані в таблицю, яку можна переглянути нижче.

2.7 Оцінка роботи транспортної системи базується на аналізі даних, отриманих з попередніх розрахунків.

Ці дані є фундаментом для аналізу продуктивності транспортної мережі, особливо у контексті ефективності руху транспортних потоків. Пріоритетним є вивчення інтенсивності руху під час ранкового пікового часу, адже цей період є критичним і визначає норми руху для інших часів доби. Такий аналіз передбачає розгляд можливості руху транспортних засобів по мережі з дотриманням максимально дозволеної швидкості, встановленої дорожніми знаками та умовами. Ключовим показником, що визначає ефективність цієї системи, є час, витрачений на переміщення, $T_{\text{сум}}$, год.

$$T_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^k N_i \cdot T_i. \quad (2.7)$$

де N_i – кількість транспортних засобів що проїжджають через поперечний переріз ВДМ на i -й дузі, од./год.;

k – к-ть віток вулично-дорожньої мережі.

2.8 Оцінка майбутньої продуктивності транспортної системи.

Для оцінювання ефективності транспортної системи в майбутньому було здійснено обчислення запланованих параметрів, включаючи розрахунок швидкості руху транспортного потоку, використовуючи певну формулу.

$$V_i = 55,82 - 6,92 \cdot 10^{-5} \cdot N_{1ni}^2, \quad (2.8)$$

де N_{1ni}^2 - інтенсивність руху транспортних засобів однією смугою ВДМ, авт./год.

Дані про швидкості руху транспортних потоків ми консолідуємо у вигляді таблиць, щоб забезпечити зрозуміле відображення інформації. Коли середня інтенсивність руху в конкретній смузі перевищує її максимальну пропускну спроможність, з'являється високий ризик утворення умов, що передують заторам, або безпосередньо заторів. Відповідно до розробленого алгоритму, у таких випадках приймається, що реальна швидкість транспорту знижується до мінімальних 5 км/год. Важливо враховувати, що швидкість, розрахована за допомогою моделі, часто відрізняється від швидкості, за якої транспорт може вільно переміщуватися без перешкод. Тому, при визначенні оптимальних показників швидкості для аналізу, береться нижче з двох значень, що дозволяє більш точно оцінювати реальні умови на дорозі та враховувати всі можливі фактори, які можуть призвести до зниження пропускну спроможності доріг.

Цей підхід до аналізу даних про швидкість транспортного потоку сприяє глибшому розумінню динаміки руху та ідентифікації критичних точок на дорожній мережі. Така інформація є надзвичайно важливою для розробки ефективних стратегій управління транспортними потоками, планування розвитку дорожньої інфраструктури та впровадження цілеспрямованих заходів

для покращення умов руху. Особлива увага приділяється оптимізації пропускну́ї спроможності основних магістралей, зменшенню часу в дорозі для користувачів та підвищенню загальної безпеки дорожнього руху.

2.9 Оцінка характеристик роботи транспортної системи.

Цей аналіз покликаний виявити так звані "проблемні" ділянки в транспортній системі, які характеризуються несприятливими умовами для проїзду та падінням ефективності руху.

Для кожного вузла мережі обчислюємо показники ефективності функціонування дорожнього руху, такі як коефіцієнт завантаження дороги рухом (K_z) та коефіцієнт зниження швидкості руху (K_v), використовуючи відповідні формули.

$$K_z = \frac{N_i}{n_i \cdot P_1}, \quad (2.9)$$

де N_i - інтенсивність руху транспортних засобів на i -й дузі ВДМ, авт./год.;

n_i – значення кількості смуг руху вулиці чи дороги на i -й вітці ВДМ;

P_1 – пропускна здатність смуги руху вулиці чи дороги, авт./год.

$$K_v = \frac{V_{ei} - V_{\phi i}}{V_{ei}}, \quad (2.10)$$

де V_{ei} - швидкість безперешкодного проїзду i -ю дугою ВДМ, км/год.;

$V_{\phi i}$ - реальна швидкість руху транспортного засобу i -ю дугою ВДМ, км/год.

Здійснимо обчислення для кожної частини вулично-дорожньої мережі. Виходячи з даних, представлених у таблиці, ми ідентифікуємо сегменти мережі, де якість обслуговування не відповідає прийнятному рівню (нижче класу "С").

Додатково, аналізуючи результати попередніх розрахунків, виявимо основні причини утворення "вузьких місць", які призводять до падіння ефективності руху. Оцінка якості обслуговування конкретного відрізка мережі буде здійснюватися згідно з критеріями, наведеними в таблиці 2.1, яка базується на коефіцієнті завантаженості доріг транспортом. Це дозволить точніше визначити ділянки, що потребують уваги для оптимізації транспортного потоку.

Таблиця 2.1 - Рівень обслуговування транспортної мережі

Рівень обслуговування	A	B	C	D	E	F
K_z	<0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,0	>1,0

2.10. Рекомендації щодо покращення вулично-дорожньої мережі

Після аналізу зібраних даних, пропонуємо наступні стратегії для оптимізації міської вулично-дорожньої мережі:

Перший етап передбачає впровадження заходів, які включають:

- переорганізацію дорожнього руху на односторонній для зменшення заторів і підвищення безпеки;
- встановлення обмежень на рух деяких категорій транспортних засобів, наприклад, вантажного транспорту в години пік;
- регулювання кількості смуг руху, включаючи впровадження додаткових смуг у місцях з високою інтенсивністю трафіку.

Другий етап охоплює більш масштабні зміни, такі як:

- будівництво нових доріг для розвантаження основних транспортних артерій;
- розширення існуючих доріг для збільшення їх пропускної здатності;
- створення мультірівневих перехресть та розв'язок для ефективного розподілу трафіку.

В рамках даної кваліфікаційної роботи ми прагнемо до інтеграції обох підходів. Порівняно з новим будівництвом, можливості реконструкції існуючих доріг обмежені з огляду на вже сформовану інфраструктуру.

Таблиця 2.2 представляє характеристики результатів впроваджених заходів з оптимізації міських транспортних мереж.

Захід	Характеристика результатів
1.Будівництво нових доріг	Зменшення загального пробігу транспортних засобів, загальних транспортно-експлуатаційних витрат і часу руху мережею.
2.Розширення проїжджої частини доріг	Пропорційне збільшенню ширини стандартної смуги руху, збільшенню пропускної спроможності дороги. Унаслідок цього можливе зменшення часу руху дугою мережі та транспортно-експлуатаційних витрат.
3.Організація системи вулиць із одностороннім рухом	Збільшення пропускної спроможності проїжджої частини вулиць на 10 – 20 %. Збільшення швидкості транспортних потоків на 10 – 20 %. Унаслідок цього можливе зменшення часу руху дугами мережі та транспортно-експлуатаційних витрат. Але можливе збільшення загального пробігу транспортних засобів мережею.
4.Рациональне розподілення проїзної частини за напрямками руху	Пропорційна зміні ширини стандартної смуги руху змін пропускної спроможності проїжджої частини. Унаслідок цього можливе зменшення часу руху дугою мережі та транспортно-експлуатаційних витрат.

Також важливо розглядати впровадження інноваційних технологій, таких як системи інтелектуального транспорту, для поліпшення управління трафіком

та зниження рівня заторів. Всі ці заходи сприятимуть створенню більш безпечного, ефективного та сталого транспортного середовища в місті.

2.11 Розробка стратегій покращення ефективності роботи міської транспортної системи

Для оптимізації транспортної мережі міста рекомендуються наступні заходи:

Обмеження використання індивідуальних транспортних засобів в містах є важливою частиною стратегій зменшення заторів, поліпшення якості повітря та створення більш сталого та ефективного міського транспортного середовища. Ось деякі заходи, які можуть бути впроваджені:

1. Введення плати за в'їзд у центральні частини міста: стягування плати з водіїв за в'їзд або перебування в центральних, найбільш завантажених районах міста, щоб зменшити кількість автомобілів і забруднення.

2. Зони з низьким рівнем викидів (Low Emission Zones - LEZ): обмеження або заборона в'їзду для транспортних засобів, які не відповідають певним екологічним стандартам.

3. Пішохідні зони: Перетворення вулиць або районів на пішохідні зони, забороняючи або суттєво обмежуючи доступ автомобілів.

4. Розвиток інфраструктури громадського транспорту: інвестиції в зручний, ефективний та доступний громадський транспорт, щоб зробити його привабливішою альтернативою особистому автомобілю.

5. Парковки "Park and Ride": створення парковок на околицях міста з можливістю подальшого пересадження на громадський транспорт для зменшення кількості автомобілів у центрі.

6. Розвиток велосипедної інфраструктури: будівництво велосипедних доріжок і стоянок для велосипедів, а також запровадження програм велопрокату.

7. Обмеження на паркування: зменшення кількості паркувальних місць у центрі міста та введення високих тарифів на паркування.

8. Стимулювання використання електромобілів: запровадження податкових пільг, дотацій на покупку та спеціальних умов паркування для власників електромобілів.

9. Промоція каршерінгу та байкшерінгу: розвиток систем спільного використання автомобілів та велосипедів, щоб зменшити потребу в особистому транспортному засобі.

10. Освітні та інформаційні кампанії: проведення кампаній, спрямованих на удосконалення сигналізації на перехрестях, оптимізація світлофорних режимів, а також впровадження інтегрованих транспортних систем, що забезпечують координацію між різними видами транспорту, також можуть внести значний вклад у покращення роботи транспортної мережі міста.

3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Освітлення автомобільних доріг

Організація раціонального освітлення необхідних місць автомобільних доріг забезпечує безпеку руху й вирішує питання охорони праці.

Освітлювальні покриття рекомендується застосовувати для виділення пішохідних переходів (типу «зебра»), зупинок автобусів, перехідно-швидкісних смуг, додаткових смуг на підйомах, смуг для зупинок автомобілів, проїзної частини в тунелях і під шляхопроводами, на залізничних переїздах, малих мостах і інших ділянках, де перешкоди погано видно на тлі дорожнього покриття.

Стаціонарне електричне освітлення на автомобільних дорогах варто передбачити на ділянках у межах населених пунктів, а при наявності можливості використання існуючих електричних розподільних мереж - також на більших мостах, автобусних зупинках, перетинаннях доріг I і II категорій між собою й із залізницями, на всіх сполучених відгалуженнях вузлів перетинань і на підходах до них на відстані не менше 250 метрів, на кільцевих перетинаннях і на під'їзних дорогах до промислових підприємств або їхніх ділянок при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

Якщо відстань між сусідніми освітлюваними ділянками становить менше 250 метрів, рекомендується влаштовувати безперервне висвітлення дороги, що виключає чергування освітлених і неосвітлених ділянок. Яскравість поверхні або покриття дороги L – відношення сили світла, випромінюваного в розглянутому напрямку, до площі освітленої поверхні, $\text{кд}/\text{м}^2$:

$$L = I / S ; \quad (3.1)$$

За одиницю сили світла прийнята кандела (кд). Сила світла - величина, що оцінює просторову щільність світлового потоку, яка , у межах представляє з

себе відношення потоку $d\Phi$ до тілесного кута d якого світловий потік поширюється

$$I = d\Phi / d\omega; \quad (3.2)$$

Поза населеними пунктами середня яскравість покриття ділянок автомобільних доріг, у тому числі великих і середніх мостів, повинна бути 0,8 кд/м² на дорогах I категорії, 0,6 кд/м² на дорогах II категорії, а на сполучних відгалуженнях у межах транспортних розв'язок – 0,4 кд/м². Відношення максимальної яскравості покриття проїзної частини до максимального не повинне перевищувати 3:1 на ділянках доріг I категорії, 5:1 на дорогах інших категорій. Одним з показників освітленості є показник засліпленості X - критерій оцінки сліпучої дії створюваної освітлювальною установкою.

$$X = (S - I)100; \quad (3.3)$$

$$S = U_1 / U_2; \quad (3.4)$$

де U_1, U_2 – видимість об'єкта спостереження відповідно при екрануванні й при наявності близьких джерел у полі зору. Видимість характеризує здатність ока сприймати об'єкт; залежить від освітленості, розміру об'єкта, його яскравості, контрасту об'єкта з фоном, тривалості експозиції. Видимість визначається числом граничних контрастів у контрасті обсягу з фоном:

$$U = K / K_{\text{гран}}; \quad (3.5)$$

де K – контраст об'єкта з фоном; $K_{\text{гран}}$ – граничний контраст, тобто найменший помітний оком контраст при невеликому зменшенні якого об'єкт стає нерозрізненим.

Контраст об'єкта з фоном вважається більшим при значеннях K більше 0,5 (об'єкт і фон розрізняються за яскравістю); середнім при значеннях K від 0,2 до 0,5 і малим при значеннях K менш 0,2 (об'єкт і фон мало відрізняються за яскравістю).

Показник засліпленості установок зовнішнього висвітлення не повинен перевищувати 150.

Середня горизонтальна освітленість проїздів довжиною до 60 м під шляхопроводами й мостами в темний час доби повинна бути 15лк, а відношення максимальної освітленості до середньої - не більше 3:1.

Висвітлення ділянок автомобільних доріг у межах населених пунктів варто виконувати відповідно до вимог СНІП II-4-79, а висвітлення автодорожніх тунелів відповідно до вимог СНІП II-44-78.

Освітлювальні установки перетинань автомобільних і залізничних доріг в одному рівні повинні відповідати нормам штучного висвітлення, регламентованих системою стандартів безпеки праці на залізничному транспорті.

Опори світильників на дорогах, як правило, варто розташовувати за брівкою земляного полотна. Дозволяється розташовувати опори на розділовій смузі шириною не менш 5 м з установкою огорожень.

Включення висвітлення ділянок автомобільних доріг варто робити при зниженні рівня природної освітленості до 15 - 20 лк, а відключення - при його підвищенні до 10 лк.

У нічний час варто передбачати зниження рівня зовнішнього висвітлення протяжних ділянок автомобільних доріг (довжиною понад 300 м) і під'їзди до мостів, тунелів і перетинань автомобільних доріг з автомобільними й залізничними дорогами шляхом вимикання не більше половини світильників. При цьому не допускається відключення підряд двох світильників, а також розташованих поблизу відгалуження, примикання, вершини кривої в поздовжньому профілі радіусом менш 300 м, пішохідного переходу, зупинки суспільного транспорту на кривій у плані радіусом менш 100 м.

Електропостачання освітлювальних установок автомобільних доріг слід здійснювати від електричних розподільних мереж найближчих населених пунктів, або мереж найближчих виробничих підприємств.

Електропостачання освітлювальних установок залізничних переїздів треба, як правило, здійснювати від електричних мереж залізниць, якщо ці ділянки залізничної колії обладнані поздовжніми лініями електропостачання, або лініями електроблокування.

Керування мережами зовнішнього висвітлення варто передбачати централізованим дистанційним або використати можливості установок керування зовнішнім висвітленням найближчих населених пунктів, або виробничих підприємств. Проекти автомобільних доріг I - IV категорій у частині безпеки руху й охорони праці повинні узгоджуватися з органами Державтоінспекції МВС України.

Для освітлювальних установок вулиць і доріг категорії В, а також освітлювальних установок, рівень висвітлення яких регламентується нормами середньої освітленості, найменша висота розташування світильників за умовами обмеження засліпленості повинна прийматися по таблиці 4.1.

Світильники зовнішнього висвітлення, які встановлюють на стінах будинків, не повинні засвітлювати вікна житлових будинків. В установках зовнішнього висвітлення при середній яскравості дорожнього покриття $0,4 \text{ кд/м}^2$ і більше й середньої освітленості 4 лк і більше варто застосовувати переважно світильники з газорозрядними джерелами світла.

Над проїзною частиною вулиць, доріг і площ світильники повинні встановлюватися на висоті не менш $6,5 \text{ м}$.

Висота підвісу світильників при їхньому розташуванні над контактною мережею трамвая повинна бути не менше 8 м від рівня голівок рейок, при розташуванні над контактною мережею тролейбуса - не менше 9 м від рівня проїзної частини.

Таблиця 3.1 – найменша висота розташування світильників за умовами обмеження засліпленості

Світлорозподіл світильників	Найбільший світловий потік ламп у світильниках, встановлених на одній опорі, лк	Найменша висота установки світильників, м	
		При лампах накалювання	При газорозрядних лампах
Напівшироке	Менш 5000	6,5	7
	від 5000 до 10000	7	7,5
	більше 10000 до 20000	7,5	8
	більше 20000 до 30000	—	9
	більше 30000 до 40000	—	10
	більше 40000	—	11,5
Широке	Менш 5000	7	7,5
	від 5000 до 10000	8	8,5
	більше 10000 до 20000	9	9,5
	більше 20000 до 30000	—	10,5
	більше 30000 до 40000	—	11,5
	більше 40000	—	13

Мінімальна висота установки світильника в парапетах мостів і шляхопроводів не обмежується за умови забезпечення захисного кута не менш 10° й виключення можливості доступу до ламп без застосування спеціального

інструмента. У транспортних тунелях повинні застосовуватися світильники із захисним кутом не менш 10° . Висота їхнього розташування повинна бути не менш 4м.

У пішохідних тунелях повинні використовуватися світильники: а) із захисним кутом не менш 15° – для люмінесцентних ламп сумарною потужністю не більше 80 Вт і ламп ДРЛ потужністю не більше 125 Вт; б) з матованими й молочними розсіювачами без відбивачів - для ламп ДРЛ потужністю не більше 125 Вт.

3.2. Захист цивільного населення

Забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Головною метою захисту населення і територій під час надзвичайних ситуацій є забезпечення реалізації державної політики у сфері запобігання і ліквідації їх наслідків, зменшення руйнівних наслідків терористичних актів та воєнних дій. Основними завданнями захисту населення і територій під час НС є:

- розроблення і реалізація нормативно-правових актів, додержання державних технічних норм та стандартів з питань забезпечення захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;
- забезпечення готовності органів управління, сил і засобів до дій, призначених для запобігання надзвичайних ситуацій та реагування на них;
- розроблення та забезпечення заходів щодо запобігання виникненню звичайних ситуацій;
- збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації;
- прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, матеріально-технічних фінансових ресурсах;
- створення, раціональне збереження і використання резервів фінансових

матеріальних ресурсів, необхідних для запобігання надзвичайних ситуацій та імітування на них;

- здійснення державної експертизи, нагляду і контролю в галузі захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій;

- оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайної ситуації несвоєчасне та достовірне інформування його про наявну обстановку і вжиті заходи;

- організація захисту населення (персоналу) та надання безкоштовної медичної допомоги.

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має проводитися спеціальний комплекс заходів.

Оповіщення та інформування, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

Спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою забезпечується створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до них існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості. Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечних зонах, тощо), досягається створенням фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи, що проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення будівель, будинків, інженерних споруд та інше. Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідемічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В першому розділі було проведено детальний аналіз проблем, які стосуються міської вулично-дорожньої інфраструктури, з акцентом на соціальні виклики, пов'язані з обмеженням користування особистим транспортом. Окрім цього, вивчено міжнародний досвід управління міським трафіком через методи, такі як заборона на рух автомобілів без пасажирів, системи обмеження за номерами авто, сертифікація транспортних засобів та заходи щодо обмеження використання автомобілів у переповнених районах міст.

У другому розділі зосереджено увагу на теоретичному аналізі зв'язку між функціонуванням транспортної системи та вартістю використання особистих транспортних засобів. Проаналізовано, як впливає попит на транспорт та еластичність транспорту на використання особистих автомобілів. Також встановлено критерії для оцінювання ефективності заходів обмеження доступу особистого транспорту у найбільш завантажені частини міста шляхом запровадження плати за в'їзд.

Було здійснено оцінку ефективності заходів з реконструкції існуючої мережі доріг та вулиць. Це включало визначення матриць для найкоротших шляхів та взаємозв'язків, а також аналіз інших критеріїв, які описують стан мережі. Були запропоновані стратегії для обмеження використання приватного транспорту під час пікових навантажень на дорожньо-транспортну інфраструктуру, а також розраховані витрати на необхідну реконструкцію.

У третьому розділі розглянуті питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на транспорті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Планування міст і транспорт : навч. посібник / О. С. Безлюбченко, С. М. Гордієнко, О. В. Завальний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 271 с. ISBN 978-966-695-525-1
2. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Електронний ресурс] // Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. – 2015. – Режим доступа: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
3. Поліщук В. П., Красильнікова О. В., Дзюба О. П. Транспортне планування міст. – Знання України. Київ. – 372 с. 2014. 978-966-316-347-5.
4. Global status report on road safety 2015 [Електронний ресурс] / World Health Organization. – 2015. – Режим доступа: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/GSRRS2015_Summary_EN_final2.pdf?ua=1
5. Global Report on Human Settlements 2013 [Електронний ресурс]. / UNHABITAT. – 2013. – Режим доступа: <http://unhabitat.org/books/planning-and-design-for-sustainable-urban-mobility-global-report-on-human-settlements-2013/>.
6. Віртуальна архітектура [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://studopedia.su/10_26158_arhitektura-kiberprostoru.html.
7. Вітвицька Є. В. Врахування нормативних параметрів клімату міст України у архітектурному проектуванні : навч. посібник / Є. В. Вітвицька, Д. О. Бондаренко / під ред. Є. В. Вітвицької. – Одеса : ОДАБА, 2015. – 261с.
8. Конспект лекцій з дисципліни «Транспортне планування міст» (для студентів 5 курсу всіх форм навчання спеціальностей 7.100402 і 8.100402 «Транспортні системи»)/Укл.: Лобашов О.О.- Харків: ХНАМГ, 2009.-с.46. (електронний варіант).
9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. На заміну: ДБН Б.2.2-12:2018. – [Чинний від 01.10.2019]. – Київ : Держбуд України, 2019. – 183 с.

10. ДБН 360-92* Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень -К.:Укрархбудінформ, 1993. – 107 с.
11. Урбаністика: Навч. посібник/ О.С. Безлюбченко, О.В. Завальний. – Харків: ХДАМГ, 2003.- 254 с.
12. Плешкановська А. М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій / А. М. Плешкановська. – Київ, 2005. – 190.
13. Любарський Р.Е. Проектування міських транспортних систем. – К.: будівельник, 1984. - 93 с.
- 14.ДБН В.2.3-15-2007 Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів - К.:Мінбуд України, 2007. – 41 с.
- 15.ДБН А.2.2-3-2004 Склад, порядок розроблення, погодження і затвердження проектної документації для будівництва.
- 16.ДБН В. 2.3-5-2001 Вулиці і дороги населених пунктів.
- 17.ДБН А.2.2-1-2003 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд
18. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
19. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Зі Зміною № 1
20. Algers, S ., Dillen,J.L., Wedlert, S. The National Swedish Value of Time Study. Swedish Institute for Transport and Communications Analysis, 1995.
21. Bates J., Gunn H., Roberts M. A model of household car ownership:part // Traffic Engineering and Control.-1978.-№11.-P.486-481.
22. Bates J., Gunn H., Roberts M. A model of household car ownership: part 2 [text] // Traffic Engineering and Control.- 1978.- №12– P.562-566.
23. Bus priority strategies and impact scenarios. (Best practice guide. Simulation results and evaluation) [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL:<http://www.trg.soton.ac.uk/priscilla/>.(дата звернення: 19.01.2019).
24. Changes in the structure of the car ownship in Spain/Matas Anna, Raymond Josep – L Luis [text]// Transportation Research. Part A. – 2008. – № 1 – P. 187-202.

25. Dzyura, Volodymyr. Ways of improvement of the city road network functioning. Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 11-15, dec. 2016.

26. Дзюра В.О., Бабій М.В., Вовк Ю.Я. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "Транспортне планування міст" для студентів спеціальності 275 - «Транспортні технології (за видами транспорту)». Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. – 25 с.

27. Дзюра В.О., Бабій М.В., Вовк Ю.Я. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу "Транспортне планування міст" для студентів спеціальності 275 - «Транспортні технології (за видами транспорту)» Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. – 50 с.

ДОДАТКИ

ХАРАКТЕРИСТИКА ДУГ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

(початковий пункт – кінцевий пункт; швидкість; к-ть смуг руху; довжина)

№ п/п	Дуга					Дуга					Дуга					Дуга				
	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1	2	90	4	2,1															
2	2	1	90	4	2,1	2	3	60	3	2,1	2	10	60	3	9,1					
3	3	2	90	3	2,1	3	4	60	3	2,1	3	9	50	2	7,1					
4	4	3	60	3	2,1	4	5	60	3	2,1	4	8	50	2	5,1					
5	5	4	60	3	2,1	5	6	60	3	2,1	5	8	50	2	4,1	5	12	50	2	8,1
6	6	5	60	3	2,1	6	7	90	4	2,1	6	13	60	3	8,1					
7	7	6	90	4	2,1															
8	8	4	50	2	5,1	8	5	50	2	4,1	8	9	50	2	2,1	8	11	50	2	4,1
9	9	3	50	2	7,1	9	8	50	2	2,1	9	10	50	2	2,1					
10	10	2	60	3	9,1	10	9	50	2	2,1	10	11	50	2	2,1	10	23	60	3	14,1
11	11	8	50	2	4,1	11	10	50	2	2,1	11	12	50	2	2,1	11	21	50	2	11,1
12	12	5	50	2	8,1	12	11	50	2	2,1	12	13	50	2	2,1	12	20	50	2	9,1
13	13	6	60	3	8,1	13	12	50	2	2,1	13	14	60	3	2,1	13	17	50	2	5,1

14	14	13	60	3	2,1	14	15	90	4	2,1	14	16	60	3	3,1					
15	15	14	90	4	2,1															
16	16	14	60	3	3,1	16	17	50	2	2,1	16	29	60	3	14,1					
17	17	13	50	2	5,1	17	16	50	2	2,1	17	18	50	2	2,1	17	27	50	2	11,1
18	18	17	50	2	2,1	18	19	40	1	2,1	18	20	50	2	3,1	18	25	50	2	8,1
19	19	18	40	1	2,1															
20	20	12	50	2	9,1	20	18	50	2	3,1	20	21	50	2	2,1	20	24	50	2	5,1
21	21	11	50	2	11,1	21	20	50	2	2,1	21	22	40	1	2,1	21	23	50	2	3,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	22	21	40	1	2,1															
23	23	10	60	3	14,1	23	21	50	2	3,1	23	24	60	3	2,1					
24	24	20	50	2	5,1	24	23	60	3	2,1	24	23	60	3	2,1	24	25	60	3	2,1
25	25	18	50	2	8,1	25	24	60	3	2,1	25	26	90	4	2,1	25	27	60	3	3,1
26	26	25	90	4	2,1															
27	27	17	50	2	11,1	27	25	60	3	3,1	27	28	60	3	2,1	27	29	50	2	3,1
28	28	27	60	3	2,1	28	29	60	3	2,1										
29	29	16	60	3	14,1	29	27	50	2	3,1	29	28	60	3	2,1	29	30	90	4	2,1
30	30	29	90	4	2,1															

Таблиця 1- Результати розрахунків матриці найкоротших відстаней

Дуги	T_{ij} , год	$C_{тр}$, грн.
1	2	3
1 - 2	0,023	0,266
2 - 1	0,023	0,266
2 - 3	0,035	0,283
2 - 10	0,152	1,228
3-2	0,035	0,285
3-4	0,035	0,283
3-9	0,142	0,994
4-3	0,035	0,283
4-5	0,035	0,283
4-8	0,102	0,714
5-4	0,035	0,283
5-6	0,035	0,283
5-8	0,082	0,574
5-12	0,162	1,134
6-5	0,035	0,285
6-7	0,023	0,266
6-13	0,135	0,911
7-6	0,023	0,266
8-4	0,102	0,714
8-5	0,082	0,574
8-9	0,042	0,294
8-11	0,082	0,574
9-3	0,142	0,994
9-8	0,042	0,294
9-10	0,042	0,294
10-2	0,152	1,228
10-9	0,042	0,294
10-11	0,042	0,294
10-23	0,236	1,905
11-8	0,082	0,574
11-10	0,042	0,294
11-12	0,042	0,294

1	2	3
11-21	0,222	1,554
12-5	0,162	1,134
12-11	0,042	0,294
12-13	0,042	0,294
12-20	0,182	1,274
13-6	0,135	1,093
13-12	0,042	0,294
13-14	0,035	0,283
13-17	0,102	0,714
14-13	0,035	0,283
14-15	0,023	0,266
14-16	0,052	0,418
15-14	0,023	0,582
16-14	0,052	0,428
16-17	0,042	0,294
16-29	0,235	1,903
17-13	0,102	0,741
17-16	0,042	0,294
17-18	0,042	0,294
17-27	0,222	1,554
18-17	0,042	0,294
18-19	0,052	1,018
18-20	0,062	0,434
18-25	0,162	1,134
19-18	0,052	1,018
20-12	0,182	1,274
20-18	0,062	0,434
20-21	0,042	0,294
20-24	0,102	0,714
21-11	0,222	1,554
21-20	0,042	0,294
21-22	0,052	0,309
21-23	0,062	0,434
22-21	0,052	0,309
23-10	0,062	1,903

1	2	3
23-21	0,035	0,434
23-24	0,035	0,283
24-20	0,102	0,714
24-23	0,035	0,283
24-25	0,035	0,283
25-18	0,162	1,134
25-24	0,035	0,283
25-26	0,023	0,266
25-27	0,052	0,418
26-25	0,023	0,266
27-17	0,222	1,554
27-25	0,052	0,418
27-28	0,035	0,283
27-29	0,062	0,434
28-27	0,035	0,283
28-29	0,035	0,283
29-16	0,236	1,905
29-27	0,062	0,434
29-28	0,035	0,283
29-30	0,023	0,266
30-29	0,023	0,582

Таблиця 2 - Результати розрахунків матриці кореспонденцій

Дуги	Значення кореспонденції з вузла і до вузла j
1	2
1 - 2	1120
2 - 1	664,64
2 - 3	520,39
2 - 10	7,25
3-2	1122,56
3-4	57,27
3-9	10,17
4-3	19,52
4-5	0,39
4-8	0,08
5-4	5,38
5-6	3,22
5-8	0,55
5-12	0,83
6-5	0,31
6-7	19,6
6-13	0,08
7-6	980
8-4	6,77
8-5	3,37
8-9	9,86
8-11	0
9-3	8,07
9-8	0,27
9-10	1,65
10-2	26,48
10-9	3,51
10-11	0
10-23	0
11-8	1,52
11-10	17,85
11-12	8,93

1	2
11-21	1,69
12-5	4,84
12-11	0
12-13	18,68
12-20	7,57
13-6	2,59
13-12	9,98
13-14	13,31
13-17	4,11
14-13	0,63
14-15	28,93
14-16	0,43
15-14	1330
16-14	18,5
16-17	20,48
16-29	1,02
17-13	3,08
17-16	7,49
17-18	18,72
17-27	0,7
18-17	9,54
18-19	3,18
18-20	12,35
18-25	0,82
19-18	10
20-12	1,45
20-18	10,51
20-21	6,3
20-24	1,72
21-11	0
21-20	10
21-22	0
21-23	0
22-21	30
23-10	5,45

1	2
23-21	12,37
23-24	10,18
24-20	0
24-23	0
24-25	0
25-18	0,1
25-24	0,16
25-26	9,68
25-27	0,05
26-25	1120
27-17	1,45
27-25	1,73
27-28	5,1
27-29	1,73
28-27	15,02
28-29	15,02
29-16	0,02
29-27	0,05
29-28	0,16
29-30	9,76
30-29	980

Таблиця 3 - Результати розрахунків характеристик функціонування
транспортної мережі

Дуги	$T_{\text{сум}}$	$L_{\text{сум}}$	$C_{\text{сум}}$
1	2	3	4
1 - 2	25,76	297,92	2352
2 - 1	15,29	176,79	1395,74
2 - 3	18,21	147,27	1092,82
2 - 10	1,10	8,9	65,98
3-2	39,29	319,93	2357,38
3-4	2	16,21	120,27
3-9	1,44	10,11	72,21
4-3	0,68	5,52	40,99
4-5	0,01	0,11	0,82
4-8	0,01	0,06	0,41
5-4	0,19	1,52	11,3
5-6	0,11	0,91	6,76
5-8	0,05	0,32	2,26
5-12	0,13	0,94	6,72
6-5	0,01	0,09	0,65
6-7	0,45	5,21	41,16
6-13	0,01	0,07	0,65
7-6	22,54	260,68	2058
8-4	0,69	4,83	34,53
8-5	0,28	1,93	13,82
8-9	0,41	2,9	20,71
8-11	0	0	0
9-3	1,15	8,02	57,3
9-8	0,01	0,08	0,57
9-10	0,07	0,49	3,47
10-2	4,02	32,52	240,97
10-9	0,15	1,03	7,37
10-11	0	0	0
10-23	0	0	0
11-8	0,12	0,87	6,23
11-10	0,75	5,25	37,49

Продовження таблиці 3

1	2	3	4
11-12	0,38	2,63	27,68
11-21	0,38	2,63	18,76
12-5	0,78	5,49	39,2
12-11	0	0	0
12-13	0,78	5,49	39,23
12-20	1,38	9,64	68,89
13-6	0,35	2,83	20,98
13-12	0,42	2,93	20,96
13-14	0,47	3,77	27,95
13-17	0,42	2,93	20,96
14-13	0,02	0,18	1,32
14-15	0,67	7,7	60,75
14-16	0,02	0,18	1,33
15-14	30,59	774,06	2793
16-14	0,96	7,92	57,35
16-17	0,86	6,02	43,01
16-29	0,24	1,94	14,38
17-13	0,31	2,28	15,71
17-16	0,31	2,2	15,73
17-18	0,79	5,5	39,31
17-27	0,16	1,09	7,77
18-17	0,4	2,8	20,03
18-19	0,17	3,24	6,68
18-20	0,77	5,36	38,29
18-25	0,13	0,93	6,64
19-18	0,52	10,18	21
20-12	0,26	1,85	13,2
20-18	0,65	4,56	32,58
20-21	0,26	1,85	13,23
20-24	0,18	1,23	8,77
21-11	0	0	0
21-20	0,42	2,94	21
21-22	0	0	0
21-23	0	0	0
22-21	1,56	9,27	63
23-10	0,34	10,37	76,85

1	2	3	4
23-21	0,43	5,37	38,35
23-24	0,36	2,88	21,38
24-20	0	0	0
24-23	0	0	0
24-25	0	0	0
25-18	0,02	0,11	0,81
25-24	0,01	0,05	0,34
25-26	0,22	2,57	20,33
25-27	0	0,02	0,16
26-25	25,76	297,92	2352
27-17	0,32	2,25	16,1
27-25	0,09	0,72	5,36
27-28	0,18	1,44	10,71
27-29	0,11	0,75	5,36
28-27	0,53	4,25	31,54
28-29	0,53	4,25	31,54
29-16	0	0,04	0,28
29-27	0	0,02	0,16
29-28	0,01	0,05	0,34
29-30	0,22	2,6	20,5
30-29	22,54	570,36	2058
Σ	232,22	3108,14	18317,32

Таблиця 4 - Характеристики руху по дугах мережі

Дуги	Відстань, м	Кількість смуг	Швидкість вільного руху, км/год	Інтенсивність руху, авт./год	Розрахункова шв., км/год	Фактична шв., км/год	Коефіцієнт зміни швидкості	Коефіцієнт завантаження дороги	Рівень обслуговування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 - 2	2,1	4	90	1120	5	88	0,02	0,37	F
2 - 1	2,1	4	90	664,64	25	89	0,01	0,22	D
2 - 3	2,1	3	60	520,39	37	59	0,02	0,23	C
2 - 10	9,1	3	60	7,25	56	58	0,03	0,003	A
3-2	2,1	3	90	1122,56	56	89	0,01	0,49	A
3-4	2,1	3	60	57,27	56	59	0,02	0,025	A
3-9	7,1	2	50	10,17	56	49	0,02	0,006	A
4-3	2,1	3	60	19,52	56	59	0,02	0,008	A
4-5	2,1	3	60	0,39	56	58	0,03	0,0001	A
4-8	5,1	2	50	0,08	56	49	0,02	0,00005	A
5-4	2,1	3	60	5,38	56	58	0,03	0,002	A
5-6	2,1	3	60	3,22	56	59	0,02	0,001	A
5-8	4,1	2	50	0,55	56	48	0,04	0,0004	A
5-12	8,1	2	50	0,83	56	47	0,06	0,0005	A
6-5	2,1	3	60	0,31	56	59	0,02	0,0001	A
6-7	2,1	4	90	19,6	56	89	0,01	0,006	A
6-13	8,1	3	60	0,08	56	59	0,02	0,00003	A
7-6	2,1	4	90	980	5	87	0,03	0,32	F
8-4	5,1	2	50	6,77	56	49	0,02	0,004	A
8-5	4,1	2	50	3,37	56	49	0,02	0,002	A
8-9	2,1	2	50	9,86	56	49	0,02	0,006	A
8-11	4,1	2	50	0	56	48	0,04	0	A
9-3	7,1	2	50	8,07	56	47	0,04	0,005	A
9-8	2,1	2	50	0,27	56	48	0,02	0,0002	A
9-10	2,1	2	50	1,65	56	48	0,02	0,001	A
10-2	9,1	3	60	26,48	56	59	0,04	0,01	A
10-9	2,1	2	50	3,51	56	49	0,02	0,002	A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-11	2,1	2	50	0	56	48	0,04	0	A
10-23	14,1	3	60	0	56	59	0,06	0	A
11-8	4,1	2	50	1,52	56	48	0,04	0,001	A
11-10	2,1	2	50	17,85	56	47	0,02	0,012	A
11-12	3,1	2	50	8,93	56	48	0,06	0,006	A
11-21	11,1	2	50	1,69	56	49	0,04	0,001	A
12-5	8,1	2	50	4,84	56	47	0,06	0,003	A
12-11	2,1	2	50	0	56	48	0,02	0	A
12-13	2,1	2	50	18,68	56	47	0,02	0,012	A
12-20	9,1	2	50	7,57	56	49	0,06	0,005	A
13-6	8,1	3	60	2,59	56	59	0,02	0,001	A
13-12	2,1	2	50	9,98	56	47	0,04	0,006	A
13-14	2,1	3	60	13,31	56	59	0,02	0,006	A
13-17	5,1	2	50	4,11	56	48	0,02	0,003	A
14-13	2,1	3	60	0,63	56	59	0,02	0,0004	A
14-15	2,1	4	90	28,93	56	88	0,02	0,0096	A
14-16	3,1	3	60	0,43	56	59	0,02	0,0002	A
15-14	2,1	4	90	1330	5	88	0,04	0,44	F
16-14	3,1	3	60	18,5	56	59	0,05	0,008	A
16-17	2,1	2	50	20,48	56	48	0,02	0,01	A
16-29	14,1	3	60	1,02	56	57	0,04	0,0004	A
17-13	5,1	2	50	3,08	56	49	0,06	0,002	A
17-16	2,1	2	50	7,49	56	48	0,02	0,005	A
17-18	2,1	2	50	18,72	56	47	0,04	0,012	A
17-27	11,1	2	50	0,7	56	49	0,03	0,0005	A
18-17	2,1	2	50	9,54	56	48	0,04	0,006	A
18-19	2,1	1	40	3,18	56	39	0,03	0,004	A
18-20	3,1	2	50	12,35	56	48	0,04	0,008	A
18-25	8,1	2	50	0,82	56	47	0,06	0,005	A
19-18	2,1	1	40	10	56	39	0,03	0,013	A
20-12	9,1	2	50	1,45	56	49	0,02	0,0001	A
20-18	3,1	2	50	10,51	56	49	0,02	0,007	A
20-21	2,1	2	50	6,3	56	49	0,02	0,004	A
20-24	5,1	2	50	1,72	56	48	0,04	0,001	A
21-11	11,1	2	50	0	56	47	0,06	0	A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21-20	2,1	2	50	10	56	48	0,04	0,007	A
21-22	2,1	1	40	0	56	39	0,03	0	A
21-23	3,1	2	50	0	56	49	0,02	0	A
22-21	2,1	1	40	30	56	39	0,03	0,04	A
23-10	14,1	3	60	5,45	56	59	0,02	0,002	A
23-21	3,1	2	50	12,37	56	49	0,02	0,008	A
23-24	2,1	3	60	10,18	56	59	0,02	0,004	A
24-20	5,1	2	50	0	5	49	0,02	0	A
24-23	2,1	3	60	0	56	59	0,02	0	A
24-25	2,1	3	60	0	5	58	0,03	0	F
25-18	8,1	2	50	0,1	56	48	0,04	0,00007	A
25-24	2,1	3	60	0,16	56	59	0,02	0,00007	A
25-26	2,1	4	90	9,68	56	87	0,03	0,003	A
25-27	3,1	3	60	0,05	56	59	0,02	0,00002	A
26-25	2,1	4	90	1120	5	88	0,02	0,37	A
27-17	11,1	2	50	1,45	56	49	0,02	0,0001	A
27-25	3,1	3	60	1,73	56	59	0,02	0,0008	A
27-28	2,1	3	60	5,1	56	58	0,03	0,002	A
27-29	3,1	2	50	1,73	56	49	0,02	0,001	A
28-27	2,1	3	60	15,02	56	57	0,02	0,0066	A
28-29	2,1	3	60	15,02	56	59	0,02	0,0066	A
29-16	14,1	3	60	0,02	56	59	0,03	0,00001	A
29-27	3,1	2	50	0,05	56	49	0,02	0,00003	A
29-28	2,1	3	60	0,16	56	58	0,03	0,00007	A
29-30	2,1	4	90	9,76	56	88	0,02	0,003	A
30-29	2,1	4	90	980	5	89	0,01	0,32	F

Таблиця 5 - Оптимізовані параметри транспортної мережі

№ п/п	Дуга					Дуга					Дуга					Дуга				
	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги	Поч. пункт	Кінц. пункт	Швидк.	К-ть смуг	Довж. дуги
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1	2	90	5	2,1															
2	2	1	90	4	2,1	2	3	60	3	2,1	2	10	60	3	9,1					
3	3	2	90	3	2,1	3	4	60	3	2,1	3	9	50	2	7,1					
4	4	3	60	3	2,1	4	5	60	3	2,1	4	8	50	2	5,1					
5	5	4	60	3	2,1	5	6	60	3	2,1	5	8	50	2	4,1	5	12	50	2	8,1
6	6	5	60	3	2,1	6	7	90	4	2,1	6	13	60	3	8,1					
7	7	6	90	5	2,1															
8	8	4	50	2	5,1	8	5	50	2	4,1	8	9	50	2	2,1	8	11	50	2	4,1
9	9	3	50	2	7,1	9	8	50	2	2,1	9	10	50	2	2,1					
10	10	2	60	3	9,1	10	9	50	2	2,1	10	11	50	2	2,1	10	23	60	3	14,1
11	11	8	50	2	4,1	11	10	50	2	2,1	11	12	50	2	2,1	11	21	50	2	11,1
12	12	5	50	2	8,1	12	11	50	2	2,1	12	13	50	2	2,1	12	20	50	2	9,1
13	13	6	60	3	8,1	13	12	50	2	2,1	13	14	60	3	2,1	13	17	50	2	5,1
14	14	13	60	3	2,1	14	15	90	4	2,1	14	16	60	3	3,1					
15	15	14	90	5	2,1															
16	16	14	60	3	3,1	16	17	50	2	2,1	16	29	60	3	14,1					
17	17	13	50	2	5,1	17	16	50	2	2,1	17	18	50	2	2,1	17	27	50	2	11,1
18	18	17	50	2	2,1	18	19	40	1	2,1	18	20	50	2	3,1	18	25	50	2	8,1
19	19	18	40	1	2,1															
20	20	12	50	2	9,1	20	18	50	2	3,1	20	21	50	2	2,1	20	24	50	2	5,1
21	21	11	50	2	11,1	21	20	50	2	2,1	21	22	40	1	2,1	21	23	50	2	3,1
22	22	21	40	1	2,1															
23	23	10	60	3	14,1	23	21	50	2	3,1	23	24	60	3	2,1					
24	24	20	50	2	5,1	24	23	60	3	2,1	24	23	60	3	2,1	24	25	60	3	2,1
25	25	18	50	2	8,1	25	24	60	3	2,1	25	26	90	4	2,1	25	27	60	3	3,1
26	26	25	90	5	2,1															
27	27	17	50	2	11,1	27	25	60	3	3,1	27	28	60	3	2,1	27	29	50	2	3,1
28	28	27	60	3	2,1	28	29	60	3	2,1										
29	29	16	60	3	14,1	29	27	50	2	3,1	29	28	60	3	2,1	29	30	90	4	2,1
30	30	29	90	5	2,1															