

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет урбаністики та просторового планування  
Кафедра міського будівництва

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Енергоефективність транспортного потоку, як критерій оцінки інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей

Черепані Даниїла Вікторовича

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет урбаністики та просторового планування  
Кафедра міського будівництва

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Енергоефективність транспортного потоку, як критерій оцінки інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей

(назва)

Виконав студент групи МБГ-2022-2

Черепаня Даниїл Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: Міське будівництво та господарство

Керівник Осетрін М.М.

(прізвище та ініціали)

професор, к.т.н.

(вчене звання, науковий ступінь)

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: урбаністики та просторового планування

Кафедра: міського будівництва

Освітній рівень: магістр за ОПП/ОНП

Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Спеціалізація: «Міське будівництво та господарство»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Черепаня Даниїл Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Енергоефективність транспортного потоку, як критерій оцінки інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей

затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

2. Керівник роботи

Осетрін Микола Миколайович, професор, к.т.н

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Аналітичний( Сучасний стан та проблеми транспортної галузі України, особливості організації транспортної системи міста як складової транспортної галузі, енергоефективність у сфері транспорту, напрямки і стратегії розвитку; аналіз законодавчо-нормативної бази, транспортний потік, поняття, характеристики та склад. Вплив характеристик та складу ТП на енергоефективність, фактори, які впливають на енергоефективність транспортного потоку, їх залежність від планувальних рішень перетинів міських магістралей).

Р. 2. Науково-дослідний (Методи вимірювання енергоефективності транспортного потоку, критерії оцінки інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей, які з цих критеріїв залежать від енерговитрат та впливають на енергоефективність, особливості визначення енергоефективності для різних планувальних рішень, методи підвищення енергоефективності транспортного потоку у межах перетину міських магістралей).

Р. 3. Рекомендації та розрахунково-конструктивні рішення (Рекомендації по оцінці рівня енергоефективності на перетині в одному рівні; Приклад оцінювання рівня енергоефективності на перетині в одному рівні просп. Лобановського-вул. М. Кривоноса)

#### 5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. Об'єкт, предмет, актуальність, мета та завдання роботи; Структура транспортної інфраструктури України, частки видів транспорту від загального обсягу перевезень; Напрямки та моделі розвитку транспортної інфраструктури, види транспортних систем; Складові транспортної системи міста Стратегії підвищення енергоефективності транспортної системи.

Р. 2. Методи вимірювання енергоефективності транспортного потоку; Фактори, що впливають на вибір ІПР перетинів міських магістралей; Критерії оцінки інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей; Класифікація транспортних розв'язок; Методи підвищення енергоефективності транспортного потоку у межах перетинів міських магістралей.

Р. 3. Вихідні дані для створення імітаційної мікромоделі ; Приклад оцінювання рівня енергоефективності на перетині в одному рівні вул. Стеценка - вул. І. Виговського.

7. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина; б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	
Розділ 1. Аналітичний	
Розділ 2. Науково-дослідний	
Розділ 3. Рекомендації та розрахунково-конструктивні рішення	
Розділ 4. Висновки	
Розділ 5. Список літератури	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

#### 8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.	Тарасюк В.П.		
Розділ 3.	Тарасюк В.П.		
Розділ 4.			
Розділ 5			

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та  
ініціали)

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та  
ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. Аналітичний	
1.1. Сучасний стан та проблеми транспортної галузі України, особливості організації транспортної системи міста як складової транспортної галузі	10
1.2. Енергоефективність у сфері транспорту, напрямки і стратегії розвитку	25
1.3. Законодавчо-нормативна база по вирішенню проблем енергоефективності у транспортній галузі України	33
1.4. Транспортний потік, поняття, характеристики та склад. Вплив характеристик та складу ТП на енергоефективність	36
1.5. Фактори, які впливають на енергоефективність транспортного потоку, їх залежність від планувальних рішень перетинів міських магістралей	47
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	52
РОЗДІЛ 2. Науково-дослідний	
2.1. Методи вимірювання енергоефективності транспортного потоку	53
2.2. Критерії оцінки інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей, які з цих критеріїв залежать від енерговитрат та впливають на енергоефективність	61
2.3. Особливості визначення рівня енергоефективності для різних планувальних рішень перетинів міських магістралей.	68
2.4. Методи підвищення енергоефективності транспортного потоку у межах перетину міських магістралей	72
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	76
РОЗДІЛ 3. Рекомендації та розрахунково-конструктивні рішення	
3.1. Рекомендації по оцінці рівня енергоефективності на перетині в одному рівні	77

3.2. Приклад оцінювання рівня енергоефективності на перетині в одному рівні вул. Стеценка – вул. І. Виговського	79
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	87
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	89
ДОДАТКИ	92

## ВСТУП

Сучасні міські агломерації стикаються з численними викликами, пов'язаними з транспортною інфраструктурою, серед яких головне місце займають питання енергоефективності та екологічної стійкості. Зростання кількості транспортних засобів, збільшення транспортних потоків та урбанізація призводять до перевантаження міських магістралей, заторів та підвищення рівня забруднення повітря. Це, в свою чергу, негативно впливає на якість життя мешканців міст і довкілля загалом.

Актуальність теми енергоефективності транспортного потоку полягає в необхідності розробки та впровадження ефективних інженерно-планувальних рішень, які дозволяють мінімізувати споживання енергії, зменшити викиди парникових газів і покращити екологічну ситуацію в містах. Енергоефективність стає важливим критерієм при проектуванні транспортної інфраструктури, оскільки сприяє створенню стійких і функціональних міських середовищ.

Об'єктом дослідження виступають перетини міських магістралей.

Предметом дослідження є енергоефективність транспортного потоку, як критерій оцінки інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей

Метою даної роботи поставлено проаналізувати сучасний стан та проблеми транспортної галузі України, законодавчо-нормативну базу, виявити основні фактори, що впливають на енергоефективність транспортного потоку в межах перетину міських магістралей, навести основні методи вимірювання енергоефективності.

Для реалізації поставленої мети сформульовано наступні завдання:

- 1) Провести аналіз сучасного стану та виявити проблеми транспортної галузі України;
- 2) Проаналізувати енергоефективність у сфері транспорту, навести напрямки та стратегії розвитку;
- 3) Дослідити законодавчо-нормативну базу по вирішенню проблеми енергоефективності;

- 4) Проаналізувати транспортний потік, виявити вплив його характеристик на енергоефективність;
- 5) Визначити фактори, які впливають на енергоефективність ТП, та їх залежність від планувальних рішень перетинів міських магістралей ;
- 6) Навести методи оцінки енергоефективності транспортного потоку;
- 7) Навести критерії оцінки планувальних рішень перетинів магістралей, та дослідити їх залежність від енерговтрат та вплив на енергоефективність;
- 8) Надати методи підвищення енергоефективності транспортного потоку у межах перетинів міських магістралей;
- 9) Сформулювати рекомендації по оцінці рівня енергоефективності на перетині в одному рівні, та навести приклад оцінювання рівня енергоефективності на перетині в одному рівні на прикладі вул.

Стеценка - вул. І. Виговського

Таким чином, дослідження енергоефективності транспортного потоку як критерію оцінки інженерно-планувальних рішень є важливим кроком до створення сучасних, екологічно стійких міських транспортних систем, що відповідають вимогам часу і потребам суспільства.

## РОЗДІЛ 1. Аналітичний

### 1.1 Сучасний стан та проблеми транспортної галузі України

Транспортна інфраструктура завжди була конкурентною перевагою України. Одночасно з тим, існує проблема невисокої якості послуг, недостатня взаємодія між різними галузями в транспортному секторі. Через малий рівень державних та приватних інвестицій транспортна інфраструктура перебуває на рівні задоволення базових потреб економіки. За роки незалежності в транспортній інфраструктурі відбулося багато і позитивних змін. У 2018 році було розроблено Національну транспортну стратегію України до 2030 року. В цій Стратегії передбачено створення нових автобанів та скорочення часу на перетин країни в усіх напрямках, збільшення кількості аеропортів, що працюють, та потоку авіапасажирів, масштабне оновлення тягового та вагонного парку залізниці поряд зі значним збільшенням середньої швидкості, низькі тарифи та спрощення оформлення вантажу у морських портах й багато іншого [1].

Негативно на реалізацію транспортної стратегії вплинули карантинні обмеження через COVID-19. У 2020 році реальний ВВП скоротився на 4% у річному вимірі після зростання на 3,2% у 2019 році. Падіння в транспортній сфері становило 16,4%. За підсумками 2021 року було відмічене зростання реального ВВП, за оцінками НБУ воно становило близько 3% [7]. У довоєнному 2021 році було продовжено реалізацію Національної транспортної стратегії України до 2030 року. Було досягнуто певних успіхів (рис. 1).

## Динаміка реального ВВП України у 1991-2023 рр., 1990 р. = 100%

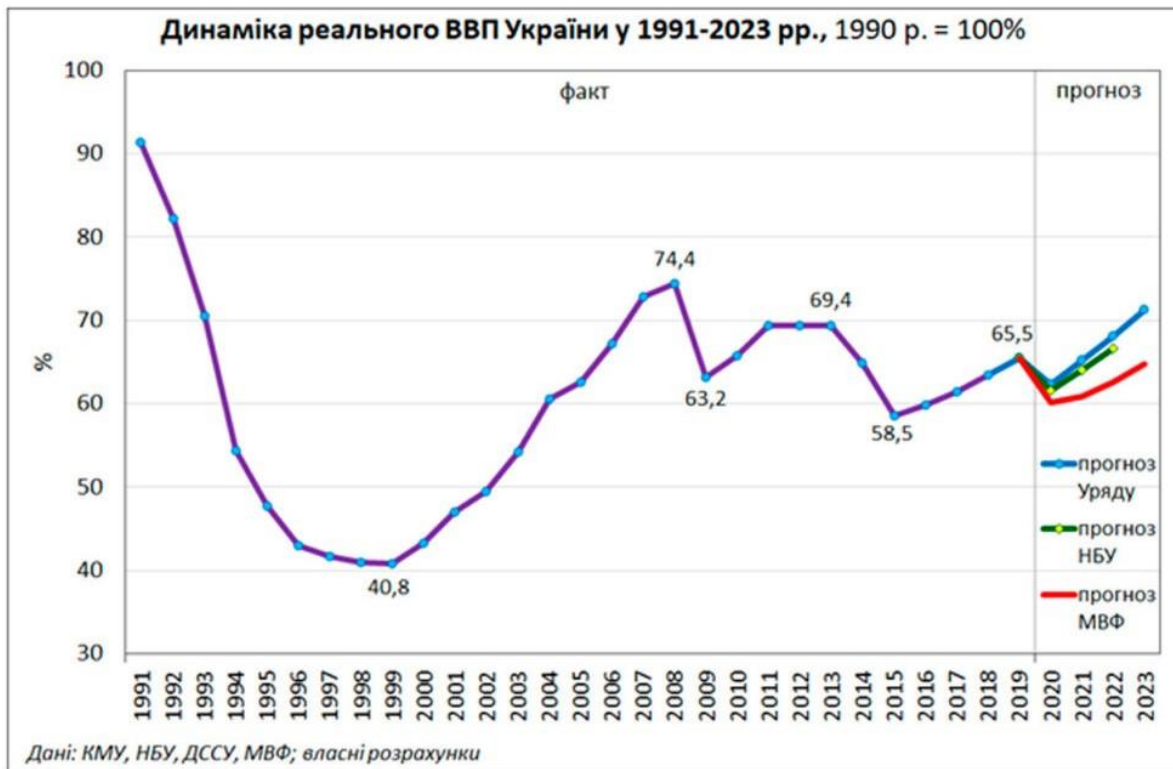


Рис. 1. Динаміка реального ВВП України у 1991-2023 р.

Отже, інфраструктурний індекс, визначений Європейською Бізнес Асоціацією у 2021 році, склав 2,76 бали з 5 можливих (у 2020 році він становив 2,58 бали) [3;20]. Команда аналітиків проаналізувала рівень розвитку залізничного, автомобільного, морського, річкового та авіаційного транспорту за чотирма критеріями – законодавство та державна політика, інвестиційна активність, діяльність транспортних монополістів/державних органів та транспортна логістика. Дані дослідження є цінними для подальших стратегічних рішень тим, що їх до певної міри можна вважати точкою відліку, адже статистичні дані за 2022 рік за звичними методиками збору та обробки складно збирати, потрібно враховувати багато нових чинників [18].

З початком війни транспортна інфраструктура зазнає постійних пошкоджень і потребує відновлення. На сьогодні ми ще не можемо повною мірою оцінити збитки. Експерти стверджують, що збитки та втрати вже досягнули рекордних величин, а падіння реального ВВП у 2023 році є значно

більшим, ніж у більшості країн де відбувалися збройні конфлікти[24] . За даними Світового банку і Єврокомісії пошкодження і руйнування в наслідок війни в Україні в період з 24 лютого 2022 р. до 24 лютого 2023 р. складає в сумі 134,7 млрд доларів, а потреби у відновленні становлять 410,6 млрд доларів [18]. Попри такі невтішні реалії, є перспективи післявоєнного відновлення, адже вже сьогодні надходить з різних міжнародних фондів фінансова та матеріальна допомога.

Транспортна інфраструктура складається із залізничної та авіаційної інфраструктури, інфраструктури внутрішнього водного транспорту, морського транспорту, інфраструктури автомобільного транспорту, складських та ремонтних закладів, вантажних терміналів (рис. 2).

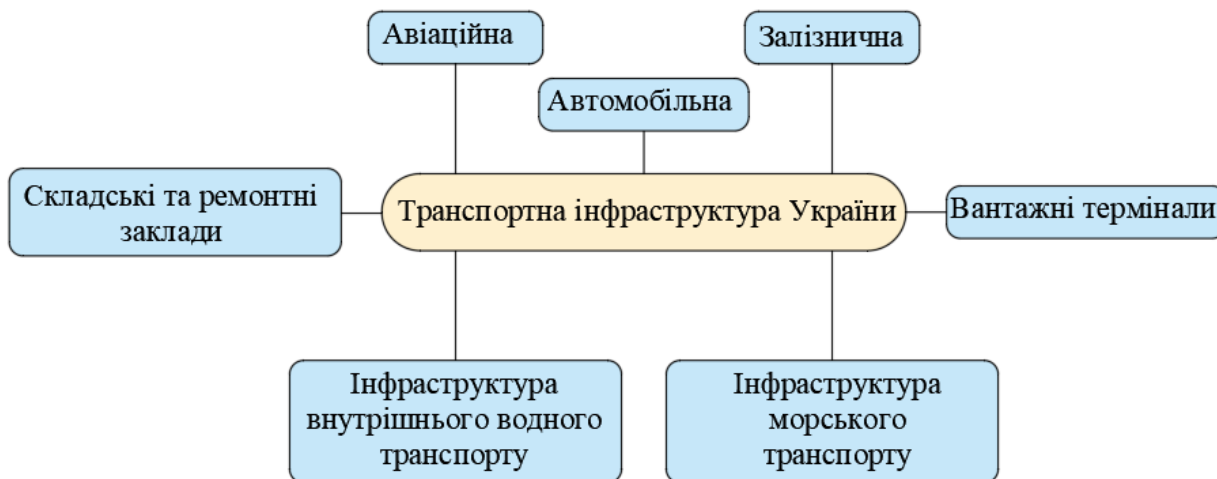


Рис. 2. Транспортна інфраструктура України

У 2021 році частки видів транспорту у загальному обсязі перевезених вантажів розподілилися наступним чином (рис. 3): залізничний – 51%, автомобільний – 32%, водний – 1%, трубопровідний – 16%, авіаційний – 0,02% [20]. Для того, щоб збалансовано розвивати всі види транспорту має бути сучасна інфраструктура.

### Частка виду транспорту від загального обсягу перевезень, 2021 р.

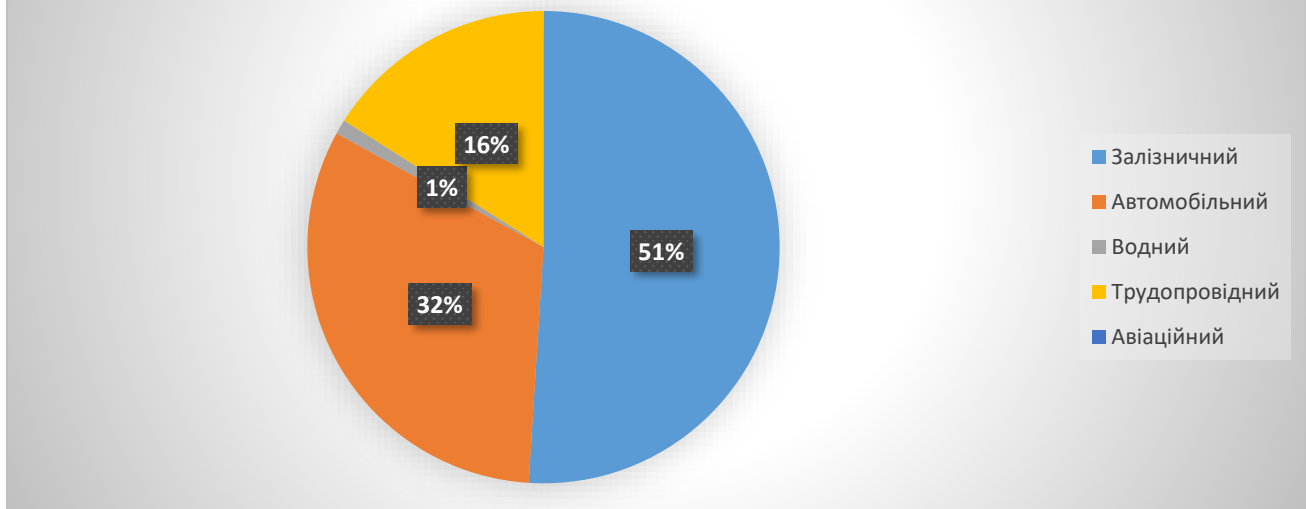


Рис. 3. Діаграма розподілення перевезень різними видами транспорту за 2021 р.

Формування, розширення та модернізація транспортної інфраструктури є необхідними передумовами для розвитку України.

Останні десятиліття спостерігається загальносвітова тенденція розвитку транспортної інфраструктури в контексті зменшення викидів вуглецю та використання більш екологічних видів транспорту, Україна теж розділяє такі погляди та прагнення.

Одним зі стратегічних напрямів розвитку транспортної інфраструктури в Україні є розвиток залізничної та водної інфраструктури. Навіть в умовах складної ситуації в країні, залізничний транспорт та його інфраструктура продовжують активно розвиватись. Проте, розвиток водного транспорту, зокрема річкового, потребує значної державної підтримки. У залізницю можна вкласти інвестиції для розвитку високошвидкісного пасажирського транспорту та підвищення продуктивності вантажоперевезення. Окрім того, розвиток водного транспорту, зокрема розбудова нових портів та розширення перевезень по Дніпру, можуть стати важливим підпором економії України. Важливим напрямом розвитку транспортної інфраструктури є створення та впровадження нових технологій у сфері транспорту. Наприклад, активне інтегрування сучасних систем навігації та автопілотів у транспортні засоби суттєво знижує кількість

аварій та забезпечує більш ефективну роботу транспортної інфраструктури в цілому.

Розвиток транспортної інфраструктури має бути просувний у поєднанні з іншими секторами економіки, як то енергетика та технології. Враховуючи це, державні та приватні інвестиції у розвиток транспортної інфраструктури мають бути поєднані з інвестиціями у сфері енергоефективності та використання відновлювальних джерел енергії. Таким чином, відновлення та розвиток транспортної інфраструктури має бути одним із пріоритетних заходів у стратегії розвитку України.

Не зважаючи на військовий стан, стратегічні напрямки розвитку вітчизняної інфраструктури є незмінними, але досягнення поставлених стратегічних цілей стає складним завданням. Стратегічні напрямки розвитку транспортної інфраструктури визначаються виходячи з того, які функції вона виконує. Нагадаємо, що основними функціями транспортної інфраструктури є:

- забезпечуюча;
- продуктивна;
- функція підтримки національної безпеки;
- регулююча;
- стимулююча;
- соціальна;
- зовнішньоекономічна.

Окреслимо основні стратегічні напрямки розвитку транспортної інфраструктури (рис. 4).



Рис. 4. Основні стратегічні напрямки розвитку транспортної інфраструктури

Зазначені вище стратегічні напрямки стосуються всіх видів транспортної інфраструктури. Але розуміємо, що кожен вид транспортної інфраструктури має свою специфіку.

Стратегічними ініціативами транспортної інфраструктури на сьогоднішній день є [8]:

- розвиток мультимодальних перевезень;
- розширення мережі транспортних коридорів;
- залучення державних та приватних інвестицій для забезпечення реалізації проектів розвитку, будівництва, реконструкції та модернізації інфраструктури;
- удосконалення тарифної політики на транспорті;
- розвиток інформаційних систем;

– модернізація та будівництво нових пунктів пропуску через державний кордон.

Будь-які стратегічні рішення в цій галузі повинні ґрунтуватися на вагомому аналізі потенційних ризиків та можливих перешкод для реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури. На даний момент важливо зрозуміти першорядні завдання.

Наразі існують різні моделі розвитку транспортної інфраструктури. Коротко охарактеризуємо кожен з них. Дані наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Моделі розвитку транспортної інфраструктури

Модель розвитку	Опис моделі	Країна
Випереджаюча	Передбачає активне залучення держави, яка несе високі інвестиційні ризики	Китай
Синхронна	Синхронна модель врівноважує участь держави у приватному бізнесі	США
Наздоганяюча	При наздоганяючій моделі важливу роль відіграють підприємства, які шукають можливості для усунення бар'єрів для зростання	Німеччина
Змішана модель	Використовується у тому випадку, коли жодна з моделей не може використовуватися у чистому вигляді	Україна

В Україні хронічно не вистачає державних коштів, немає створеної інфраструктурної бази та приватного венчурного капіталу, здатного взяти на себе провідну роль. Тому в останні роки в Україні розроблявся альтернативний підхід – перемогти в обмеженій кількості пріоритетних проєктів з активним залученням бізнесу до реалізації ключових ідей [18].

Однозначно в Україні буде змішана модель розвитку транспортної інфраструктури, адже у повоєнний період відновлення транспортної

інфраструктури відбуватиметься і за активної участі різних міжнародних організацій та приватних інвесторів. Звичайно, міжнародні інвестиції в різні інфраструктурні проекти здійснюються за умов, коли це вигідно інвесторам, а враховуючи розташування України, її транзитний потенціал, розуміємо що транспортна інфраструктура розвиватиметься. Наше завдання – зберегти незалежність та дбати про національні інтереси та безпеку.

В Україні започатковується цифрове управління відбудовою транспортної інфраструктури, на думку ініціаторів, це сприятиме ефективному, прозорому та підзвітному розподілу коштів на інфраструктурне відновлення [15]. Надалі ця система може стати основою електронної системи управління відбудовою для всіх галузей.

Важливим стратегічним завданням є створення умов для підтримання транспортної інфраструктури у належному функціональному стані на підконтрольних Україні територіях, збереження та підвищення пропускної спроможності пунктів пропуску, переорієнтація логістичних перевезень задля виконання найважливіших функцій країни.

У липні 2022 року було розроблено «Проект Плану відновлення України», в рамках якого працювала робоча група над питаннями відновлення та розбудови інфраструктури [8]. Проаналізувавши вище зазначений проєкт, можна виділити основні виклики та можливості для транспортної інфраструктури України. Розуміння ключових викликів, можливостей та обмежень дає підстави для визначення пріоритетних стратегічних цілей.

Всі цілі поділено на короткострокові, середньо та довгострокові. Для всіх видів транспортної інфраструктури головною короткостроковою ціллю є забезпечення ефективної роботи транспорту в умовах воєнного стану через відновлення та побудову нових логістичних шляхів.

Тут важливим є координація роботи всіх видів транспорту. Тобто конкурентна боротьба між різними видами транспорту відійшла на другий план, а головним завданням стала злагоджена робота підприємств критичної транспортної інфраструктури.

Середньострокові цілі для транспортної інфраструктури – це відновлення, перезапуск економіки та інститутів. Запланований термін реалізації 2023-2025 роки. Під час війни Державні цільові програми розвитку припинені, але після її закінчення їх відновлення буде супроводжуватися коригуванням, оскільки деякі проекти стануть неактуальними, і буде необхідно розпочинати нові проекти. Роботу над цією проблемою вже розпочали.

Довгострокові цілі передбачають структурну модернізацію та повноцінну інтеграцію до ЄС [1]. Очікувані терміни планування 2026 – 2032 роки.

Національну транспортну стратегію України до 2030 року найближчим часом буде відкоригована із врахуванням сучасних викликів.[17]

В сучасних умовах транспортна система є основою економічної інтеграції регіонів, а також включення їх в міжнародний та міжрегіональний поділ праці, що сприяє формуванню нових, ефективних зовнішньоекономічних відносин.

Поняття «транспортна система» охоплює комплекс всіх засобів транспорту, організованих для виконання перевезень[4]. Залежно від масштабу виконуваних завдань виділяють такі види транспортної системи:

- єдина транспортна система країни;
- транспортна система регіону або міста;
- транспортна система окремої галузі господарства або промислового підприємства.

Основна функція регіонального транспорту полягає в забезпеченні переміщення вантажів і пасажирів у просторі та часі [19]. Це робить дану інфраструктуру однією з найважливіших для регіону, з чітко вираженою територіальною специфікою. Це зумовлено просторовим розташуванням об'єктів транспорту, їх тісним зв'язком з територією, розміщенням виробництва і системою розселення регіону. Щільність транспортної мережі та інтенсивність транспортних потоків відображають рівень концентрації виробництва, ступінь освоєння території, а також рівень економічного і соціального розвитку регіону.

На розвиток транспорту в регіонах впливають кілька груп чинників:

1. Загальноекономічні чинники:

- Характер територіального поділу праці та структура виробництва;
- Рівень економічного і соціального розвитку регіону порівняно з країною;
- Особливості господарського механізму, що регулює взаємодію між виробництвом і транспортом.

## 2. Галузево-економічні чинники:

- Зміна обсягу і структури перевезень;
- Вдосконалення експлуатаційної діяльності;
- Управління і координація роботи різних видів транспорту та організація перевізного процесу;
- Оптимізація вантажних і пасажирських потоків;
- Впровадження нових засобів транспорту, механізація і автоматизація виробничих процесів;
- Вдосконалення транспортної мережі.

## 3. Адміністративно-територіальні чинники:

- Особливості транспортно-економічних зв'язків у регіоні;
- Рівень спеціалізації виробництва та система розселення;
- Розміщення соціально-економічних об'єктів на території;
- Природно-кліматичні умови та їх вплив на транспорт;
- Рівень забруднення території.

Для ефективного виконання функцій транспортування у складі транспортних систем виділяють наступні елементи:

1. Транспортні мережі (комунікації): Сюди входять залізничні і автомобільні дороги, морські та внутрішні водні шляхи, повітряні траси, магістральні трубопроводи;

2. Рухомий склад для транспортування: Транспортні засоби, які забезпечують перевезення пасажирів і вантажів;

3. Транспортні вузли: Вокзали, вантажно-розвантажувальні системи і склади для обслуговування пасажирів і зберігання вантажів;

4. Засоби обслуговування клієнтів: Інфраструктура, що забезпечує зручності для користувачів транспорту;

5. Системи управління транспортом: Управлінські структури та технології, що регулюють роботу транспортних мереж;

6. Підприємства та засоби технічної експлуатації транспорту: Підприємства, що забезпечують обслуговування і ремонт транспортних засобів.

Типи транспорту, що входять до складу регіональної транспортної системи:

- Дорожні: Легкові особисті засоби, громадський транспорт, вантажний транспорт;

- Водні: Річкові пасажирські, вантажні та технічні, морські;

- Електро-рейкові: Міські та магістральні;

- Авіаційні: Літаки для пасажирських і вантажних перевезень;

-Промислові (виробничі): Спеціалізовані транспортні засоби для виробничих потреб;

- Трубопровідні: Системи трубопроводів для транспортування рідких і газоподібних вантажів.

Транспорт, який відповідно до чинного законодавства має здійснювати перевезення вантажів і пасажирів, незалежно від того, ким вони пред'явлені до перевезення, називають транспортом загального користування, він становить основу єдиної транспортної системи регіону, адже він представляє самостійну «транспортну промисловість», яка забезпечує основні потреби того чи іншого регіону в перевезеннях.

Транспорт незагального користування – відомчий (професійний) транспорт, що виконує перевезення лише для свого відомства (установи, організації) і не зобов'язаний виконувати замовлення всіх інших замовників.

Наступний важливий для транспортної системи елемент – транспортна мережа – сукупність шляхів сполучення, що зв'язують населені пункти регіону. Даний елемент характеризує рівень потенційного транспортного обслуговування певної території і потужність транспорту, її складають залізничні й автомобільні

дороги, морські та внутрішні водні шляхи, повітряні траси, магістральні трубопроводи. Для позначення шляхів сполучення, що зв'язують найважливіші міста і промислові центри регіону застосовують термін «магістральний транспорт».

Щодо наземного транспорту, то він має шлях, прокладений по поверхні землі. Під напрямком і влаштування залізних і автомобільних доріг, каналів, трубопроводів, підвісних доріг і конвеєрів відводиться смуга місцевості (смуга відводу).

Водні шляхи – це шляхи сполучення морського і внутрішнього водного транспорту. Морські шляхи – це маршрути, за якими слідують судна, переважно природні, для них будуються причали, порти, іноді штучний фарватер або канали. Внутрішні водні шляхи – це внутрішні водні простори, використовувані для судноплавства і сплаву лісу. Вони можуть бути природні (внутрішні моря, озера і річки) і штучні (канали, штучні водосховища, шлюзовані річки).

Повітряні (аеро) траси призначені для виконання польотів повітряних суден, вони з'єднують повітряні простори аеродромів та обмежуються висотою і шириною; для зльоту і посадки літаків і вертольотів, аеродромно-технічного обслуговування польотів обладнуються аеропорти з необхідною інфраструктурою.

Обов'язковим елементом транспортної мережі є початкові, кінцеві та проміжні пункти, де формуються, розформовуються і переформовуються вантажні і пасажирські потоки, їх називають транспортними вузлами. У транспортних вузлах вантажі готуються до відправки, формуються партії вантажів, відбувається передача вантажу перевізнику і від перевізника одержувачу, передача з одного виду транспорту на інший, короткочасне зберігання вантажів, розформування партій вантажу та інші технологічні операції.

З розвитком сервісу транспортних послуг розширюються й функції транспортних вузлів: вантажно-розвантажувальні пункти, які виконували роль прийому, формування партій вантажів, а також їх відправки до пунктів

призначення, поступово трансформувалися в спеціальні термінали, де малі партії відправки трансформуються у великі, повнопартійні вантажі. Сьогодні термінали стали потужними об'єктами транспортної системи з комплексною механізацією вантажно-розвантажувальних і складських робіт за рахунок транспортно-експедиційних, митних, біржових, інформаційних та інших послуг. Транспортний вузол, який виконує весь перелік таких функцій тепер має назву «HUB» (з англ. – хаб, вузол). Європейські країни здобули неабиякий досвід у створенні та обслуговуванні хабів, адже перші такі вузли (пасажирські) з'явилися ще в середині XIX століття, а прикладом служить вокзал King's Cross Central (Лондон), зведення якого датується 1853 р. Вокзал з'єднали з підземним переходом, який забезпечив пасажиром зручну пересадку з одного виду транспорту на інший, що з плином часу призвело до позиціонування даного об'єкту як єдиного великого комплексу та найбільшого транспортного вузла Великобританії.

Інтенсивний розвиток міжрегіональних економічних зв'язків вимагає нових підходів для скорочення часу на виробництво і реалізацію продукції, тому важливим рішенням даної проблеми є зростання швидкості доставки вантажів. Різниця в засобах пересування і шляхах сполучення, інфраструктурі, системах контролю і управління, нормативно-правових вимогах в різних державах призводять до збільшення вартості транспортування вантажів у міжнародному та міжрегіональному сполученні, найчастіше до втрати якості вантажів, а тому – до втрати налагоджених зв'язків з ринком збуту. Саме тому логістичний підхід до систем транспортування вказує на необхідність створення так званих транспортних логістичних коридорів на найбільш значущих напрямках руху вантажів .

Транспортний логістичний коридор – це сукупність різних видів транспорту, які працюють для досягнення спільних цілей з урахуванням вантажо- і пасажиропотоків[10]. Для організації та функціонування коридору необхідною є наявність розвиненої транспортної інфраструктури екстра-класу згідно єдиних технічних вимог даної країни, впровадження передових

технологій, створення єдиного інформаційного простору для супроводу і безпеки транспортного процесу.

Організація транспортної системи міста є важливою складовою транспортної галузі, що забезпечує ефективність переміщення пасажирів і вантажів у межах міських територій. Вона має свої особливості, пов'язані з високою щільністю населення, обмеженими просторовими ресурсами та необхідністю інтеграції різних видів транспорту (рис. 5).

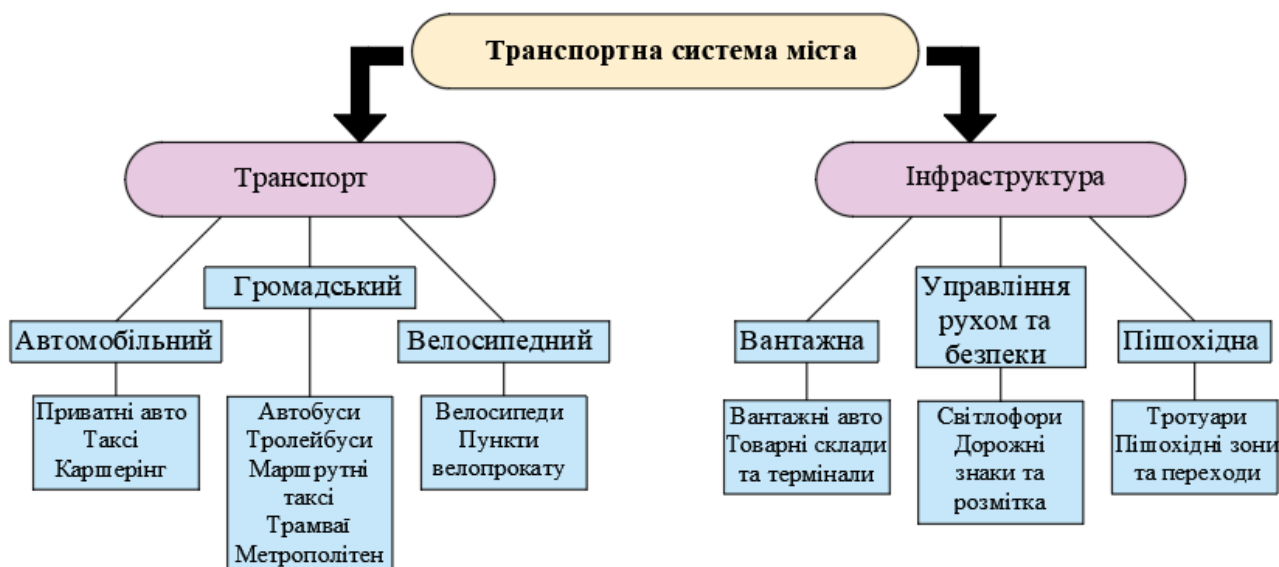


Рис. 5. Транспортна система міста

Основні особливості організації транспортної системи міста включають:

1. Інтеграція різних видів транспорту, а саме:

- Громадський транспорт: Автобуси, тролейбуси, трамваї, метрополітен, маршрутні таксі. Основна мета – забезпечити доступність та ефективність пересування для всіх категорій населення;

- Приватний транспорт: Автомобілі, мотоцикли, велосипеди. Важливою є організація руху, паркування та створення умов для безпечного і зручного використання;

- Пішохідні зони: Інфраструктура для пішоходів, включаючи тротуари, пішохідні переходи, зони відпочинку.

2. Транспортне планування:

- Маршрути і графіки руху: Розробка ефективних маршрутів і графіків руху громадського транспорту з урахуванням пікових годин, щоб мінімізувати затори і забезпечити швидке пересування;

- Інтеграція з приміськими перевезеннями: Узгодження міських маршрутів з приміськими для забезпечення зручних пересадок і безперервного транспортного обслуговування.

### 3. Інфраструктура:

- Дорожня мережа: Проектування і підтримка доріг, що відповідають інтенсивності руху, з врахуванням потреб як приватного, так і громадського транспорту;

- Паркування: Створення і управління паркувальними місцями для автомобілів, включаючи багатопверхові паркінги та вуличне паркування;

- Велодоріжки і велостоянки: Розвиток велосипедної інфраструктури для забезпечення безпечного та зручного пересування велосипедистів.

### 4. Системи управління рухом:

- Світлофорні системи: Оптимізація роботи світлофорів для забезпечення безперервного руху транспорту і зменшення заторів;

- Моніторинг і контроль трафіку: Використання камер спостереження, датчиків та інших технологій для відстеження і управління трафіком в реальному часі;

- Інформаційні системи: Надання водіям і пасажиром інформації про стан руху, затори, аварії, альтернативні маршрути через електронні табло, мобільні додатки та інші канали.

### 5. Екологічні аспекти:

- Зниження викидів: Впровадження екологічних стандартів для громадського і приватного транспорту, сприяння використанню електромобілів та інших екологічно чистих видів транспорту;

- Зелені зони і рекреаційні території: Інтеграція зелених зон у транспортну інфраструктуру для зменшення негативного впливу транспорту на довкілля.

### 6. Безпека руху:

- Інфраструктура безпеки: Встановлення дорожніх знаків, світлофорів, пішохідних переходів, бар'єрів та інших елементів, що забезпечують безпеку всіх учасників дорожнього руху;

- Програми підвищення безпеки: Проведення освітніх кампаній, впровадження заходів для зниження аварійності на дорогах.

#### 7. Технологічні інновації:

- Інтелектуальні транспортні системи (ITS): Використання сучасних технологій для оптимізації управління транспортом, включаючи адаптивні світлофорні системи, автоматичне розпізнавання номерних знаків, системи моніторингу трафіку;

- Мобільні додатки: Розробка та впровадження мобільних додатків для надання інформації про розклад руху громадського транспорту, наявність паркувальних місць, альтернативні маршрути та інші послуги.

#### 8. Фінансування і управління:

- Інвестиції в інфраструктуру: Залучення державних і приватних інвестицій для розвитку і модернізації транспортної інфраструктури;

- Управління та планування: Ефективне управління транспортними потоками, планування розвитку інфраструктури з урахуванням потреб населення та економічних умов.

Організація транспортної системи міста як складової транспортної галузі має враховувати численні аспекти: від інтеграції різних видів транспорту і планування маршрутів до забезпечення екологічної безпеки та впровадження сучасних технологій. Ці особливості сприяють підвищенню ефективності міської транспортної системи, зменшенню негативного впливу на довкілля та покращенню якості життя мешканців міст.

#### 1.2. Енергоефективність у сфері транспорту, напрямки і стратегії розвитку.

Одним з таких викликів є питання, що пов'язані із заощадженням електроенергії, енергоефективністю та екологічністю. Особливо гостро ці проблеми постають у транспортній галузі, яка є однією з найбільш динамічних і таких, що стрімко розвиваються. І особливо яскраво це проявляється у великих

мегаполісах, що переповнені усіма можливими видами транспорту, лівову частину якого займає мережа громадського транспорту, який повинен мати не лише належний рівень комфорту, а й відповідати всім сучасним екологічним нормам і вимогам [9]. Наприклад, по Києву щодня курсує більш ніж 500 автобусів, які за день викидають у повітря близько 32 кг вуглецю. Цим повітрям дихають мешканці та гості міста, отже, зі збільшенням кількості транспорту питання його екологічності набуває неабиякої актуальності.

Енергоефективний транспорт має великий потенціал зменшення попиту на нафту та інші види енергії. За оцінками Міжнародного Енергетичного Агентства (IEA) [25], передові технології та альтернативні види палива, такі як гібридні транспортні засоби, електричні транспортні засоби та транспортні засоби на паливних елементах, можуть значно знизити енергоспоживання транспорту на 20-40% до 2050 року порівняно з поточним рівнем. Це може призвести до значного зменшення потреби у викопних видів палива.

Проте, навіть при зменшенні енергоспоживання загальний попит на енергію, ймовірно, збільшиться через зростання попиту на транспортні послуги та автотранспортні засоби. Щоб зменшити майбутній попит нижче вже існуючих рівнів, потрібно не лише перейти на більш ефективні види транспорту, але й зменшити загальний попит на транспортні послуги на душу населення.

Енергоефективний транспорт потребує стимулювання на трьох різних рівнях. Існує потенціал для досягнення більшої енергоефективності транспортних засобів особистого користування (ефективність транспортного засобу) та поїздок (ефективність подорожей), а також усієї транспортної системи (ефективність системи).

На рівні енергоефективності транспортних засобів особистого користування, ефективність може бути поліпшена шляхом розвитку та впровадження передових технологій, таких як гібридні та електричні системи приводу, покращених двигунів з меншим споживанням палива, а також легких матеріалів та конструкцій. Впровадження таких технологій може допомогти зменшити споживання палива та емісії від автотранспорту.

На рівні ефективності подорожей, стратегії включають покращення планування маршрутів та управління трафіком, щоб зменшити затримки та зайві пробіги, а також стимулювання використання громадського транспорту та альтернативних видів пересування, таких як велосипеди або пішохідні маршрути.

Нарешті, на рівні ефективності системи, стратегії включають розвиток інтегрованих транспортних систем, які забезпечують зручність, ефективність та доступність різних видів транспорту, а також підтримку інфраструктури для альтернативних видів енергії, таких як електромобілі та заправних станцій для них. Ці стратегії спрямовані на створення інтегрованих систем, які зменшують витрати енергії та покращують загальну ефективність транспортної мережі.

Отже можемо виокремити три основні напрямки підвищення енергоефективності:

- Запобігання збільшеним обсягам транспортування та скорочення поточного попиту на транспорт;
- Переорієнтація попиту на більш ефективні види транспорту;
- Удосконалення використовуваних транспортних засобів та видів палива.

Кожна зі стратегій звертається до різних рівнів енергоефективності: уникнення/скорочення попиту на транспорт підвищує ефективність системи, переорієнтування попиту – ефективність пересування, а вдосконалення транспортних засобів та видів палива підвищить ефективність транспортного засобу.

Сумарна енергоефективність міської транспортної системи є наслідком експлуатаційних характеристик на всіх трьох рівнях (рис. 6).



Рис. 6. Система енергоефективності .

### **Ефективність системи – стратегія уникнення/скорочення**

Ефективність системи транспорту залежить від того, як формується попит на транспорт та як він задовольняється. Інфраструктура та міські структури грають ключову роль у формуванні попиту на транспорт, а також у визначенні способів пересування.

Дослідження показують, що розвиток міських структур та збільшення щільності населення може спричинити зменшення витрат енергії на пересування на душу населення. Це може бути пояснено більшою доступністю та ефективністю громадського транспорту в міських районах, а також можливістю коротших відстаней для подорожей.

Скорочення обсягу руху, особливо в міських областях, є важливим аспектом забезпечення енергоефективності транспорту. Це може включати розвиток інфраструктури для пішоходів та велосипедистів, сприяння використанню громадського транспорту, впровадження інтелектуальних систем управління трафіком та стимулювання використання екологічно чистих транспортних засобів. Такі заходи сприятимуть зменшенню транспортних заторів, викидів та споживанню енергії, що підтримує екологічну та енергоефективну транспортну систему.

Так, планування землекористування та розміщення поселень та виробничих структур грає ключову роль у забезпеченні ефективності транспортної системи. Оптимізація розміщення забудови може допомогти у запобіганні надмірного транспортного руху та скороченні відстаней, які потрібно подолати для здійснення поїздок.

Створення щільної міської структури з використанням змішаного типу перевезень є важливим аспектом забезпечення високої ефективності транспортної системи. Це передбачає розташування різних типів забудови, таких як житлові, комерційні та виробничі об'єкти, у близькій відстані один від одного. Такий підхід сприяє скороченню відстаней для подорожей та переходу до більш ефективних методів пересування, таких як ходьба пішки, велосипед, або громадський транспорт.

Крім того, ефективність системи також залежить від належного управління попитом на транспорт та наявності відповідної мережі громадського транспорту. Інвестування у розвиток громадського транспорту та забезпечення його доступності та зручності може сприяти зменшенню потреби у власному автотранспорті та загальному обсягу транспортного руху, що сприятиме ефективному використанню ресурсів та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Так, щільні міські структури можуть бути корисними і для вантажного транспорту, особливо коли маються на увазі короткі відстані перевезень. Поєднання житлових та торгових районів може скоротити відстані для доставки товарів для індивідуального споживання. Проте, важливо забезпечити належне місце та якісну інфраструктуру для сучасної промисловості.

Одним із можливих рішень є розміщення щільної заміської промислової зони поблизу центру комплектування вантажів. Це дозволить зосередитися на потоках вантажних перевезень від відправних точок до місць призначення. Такий підхід сприятиме організації вихідних та вантажів, що надходять, і може підвищити ефективність вантажного транспорту. Крім того, концентрація

окремих поставок, що йдуть у центр міста, може мінімізувати забруднення та шум.

Відповідно, оптимізація міської структури для вантажного транспорту може покращити ефективність та допомогти зменшити негативний вплив на довкілля.

### Ефективність подорожей – стратегія переорієнтації

Ефективність подорожей визначається величиною енергії, яка витрачається на різні способи пересування. Основними параметрами ефективності подорожей є розподіл за видами транспорту та коефіцієнти завантаження транспортних засобів. Питома витрата енергії на пасажиро-кілометр або на тонно-кілометр різняться в залежності від вибраного способу пересування. (рис. 7).

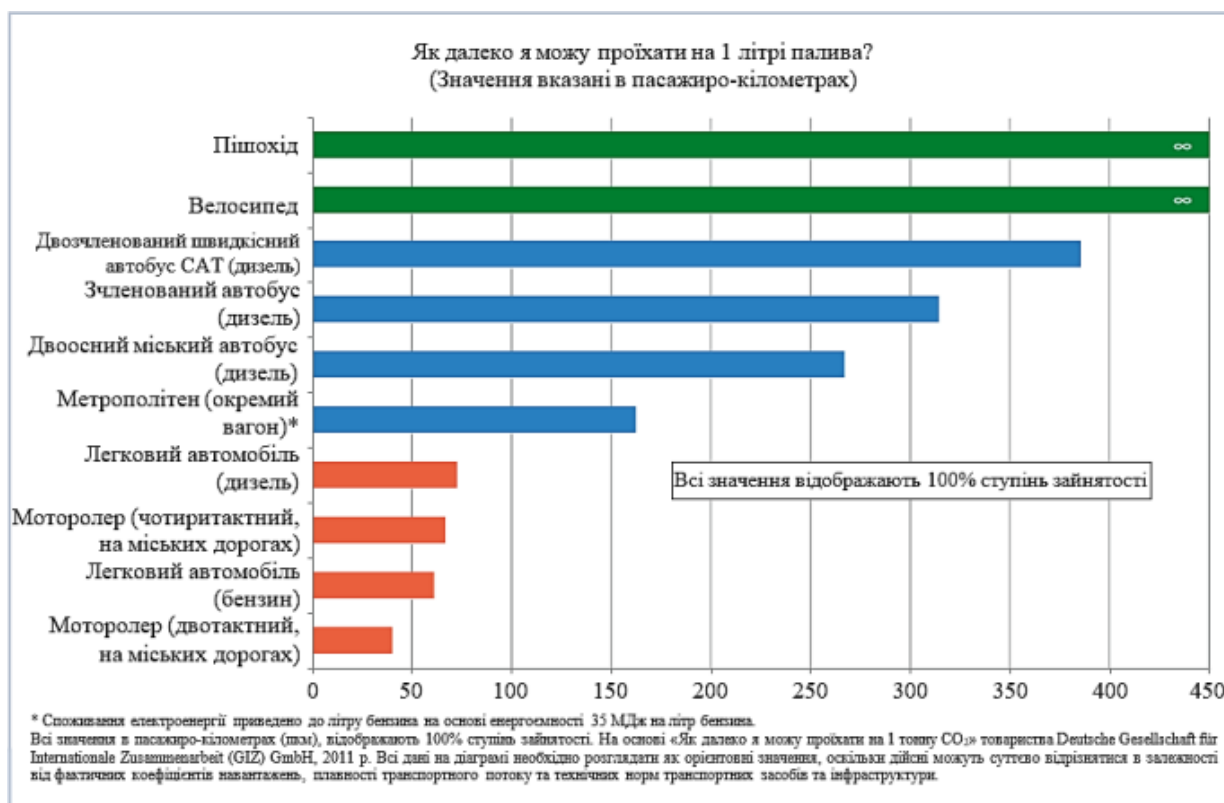


Рис. 7. Енергоефективність для різноманітних видів міського транспорту

Стимулювання пасажирів або перевізників для використання більш ефективних форм транспорту, таких як громадський та немоторизований, може сприяти підвищенню енергоефективності. Наприклад, в порівнянні з автомобільним транспортом, використання громадського транспорту часто є більш енергоефективним.

Також існують альтернативні варіанти, такі як немоторизовані види транспорту, що взагалі не потребують палива, наприклад, велосипеди чи пішохідні маршрути. Стимулювання використання таких видів пересування може сприяти подальшому зниженню витрат енергії та зменшенню енергетичних викидів.

Отже, підвищення енергоефективності подорожей полягає у сприянні використанню більш ефективних форм транспорту та раціональному використанні транспортних ресурсів.

Таким чином, скорочення використання автотранспортних засобів особистого користування та збільшення використання немоторизованого та громадського транспорту, особливо в міських районах, може сприяти підвищенню енергоефективності транспортної системи. Зокрема, для коротких відстаней, менших п'яти кілометрів, стимулювання пересування пішки чи на велосипеді може допомогти уникнути непотрібної витрати палива.

У довгих поїздках громадський транспорт може стати альтернативою автомобілю, що сприятиме підвищенню зайнятості та енергоефективності автобусів та поїздів. Заохочення використання громадського транспорту може зменшити кількість приватних автомобілів на дорогах та сприяти зменшенню заторів та екологічного впливу.

Крім пасажирського транспорту, також необхідно підвищити енергоефективність у вантажному транспорті. Залізничні вантажні перевезення, завдяки високому коефіцієнту завантаження, є особливо енергоефективними, хоча мають обмежену гнучкість. Розробка продуманої логістичної мережі, яка включає мультимодальні логістичні центри, може допомогти переводити вантажні перевезення на більш ефективні види транспорту, такі як залізниця та водний транспорт.

### **Ефективність транспортного засобу – стратегія вдосконалення**

Так, скорочення витрат палива на кілометр пробігу є ключовим фактором у підвищенні ефективності транспортних засобів. Це можна досягти шляхом

вдосконалення технологій та конструкції автомобілів, а також за допомогою ефективних методів водіння. Розглянемо ці заходи у вигляді трьох категорій:

1. Технологічні інновації: Удосконалення двигунів, використання легких матеріалів у конструкції кузова, розробка аеродинамічних форм автомобілів та застосування передових систем управління двигуном, таких як системи старт-стоп та рекуперації енергії, допомагають знижувати витрати палива.

2. Ефективна техніка водіння: Техніки економічного водіння, такі як плавне розгін та гальмування, вчасне перемикання передач, уникання зайвого прискорення та зниження швидкості на довгих відрізках шляху, можуть значно зменшити споживання палива.

3. Технології електричних та гібридних автомобілів: Використання електричних або гібридних приводів дозволяє знижувати залежність від традиційних джерел енергії та зменшувати викиди CO<sub>2</sub>. Такі автомобілі можуть використовувати електроенергію для руху на коротких відстанях, що дозволяє ефективно використовувати паливо лише для подолання довгих відстаней або у разі потреби.

Так, стратегія вдосконалення енергоефективності важлива для всіх видів транспорту, включаючи вантажний та пасажирський. Для пасажирських автомобілів специфічні заходи включають використання легких матеріалів, зменшення розмірів та використання гібридних двигунів.

Використання легких матеріалів дозволяє зменшити масу автомобіля, що зменшує витрати палива на кожному кілометрі. Зменшення розмірів та ваго-габаритних параметрів двигуна та автомобіля також сприяє зниженню опору повітря та енергії, необхідної для переміщення автомобіля.

Використання гібридних двигунів дозволяє поєднувати електричний та паливний приводи, що дозволяє зменшити споживання палива та викиди шкідливих речовин.

Порівняння різних автомобілів з однаковими параметрами підкреслює потенційні переваги технологій транспортних засобів. Навіть невеликі зміни у

конструкції та технології можуть призвести до значного зниження витрат енергії та зменшення впливу на довкілля.

Так, вдосконалення технологій транспортних засобів переважно лежить у сфері виробників та науково-дослідних інститутів. Проте законодавство та податкові заходи можуть відігравати значну роль у просуванні технологічного прогресу.

Місцеві та національні адміністративні органи можуть підтримати впровадження ефективних технологій на ринку шляхом встановлення нормативів, стимулюючих податкових заходів та інших заохочувальних механізмів. Вони також можуть сприяти розумінню проблем та стимулювати споживачів до купівлі більш енергоефективних транспортних засобів.

Місцеві визначення досягнутої економії енергії можуть використовувати різні індикатори, що відображають експлуатаційні характеристики транспортної системи на різних рівнях ефективності. Наприклад, це може включати вимірювання витрат палива на пасажиро-кілометр або тонно-кілометр, а також оцінку викидів шкідливих речовин.

Отже, законодавство та податкові заходи можуть сприяти вдосконаленню технологій та поширенню енергоефективних транспортних засобів на ринку. Адміністративні органи мають ключове значення у стимулюванні цього процесу та визначенні відповідних показників енергоефективності для оцінки досягнень в цій сфері .

1.3. Законодавчо-нормативна база по вирішенню проблем енергоефективності у транспортній галузі України.

У сучасному світі мінімізація витрат на енергоносії в загальному обсязі виробничих та невиробничих витрат дає змогу вирішити ряд важливих для суспільства питань: суттєво підвищити конкурентоспроможність економіки на міжнародному рівні, забезпечити зростання рівня життя населення, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, зменшити енергонезалежність країни, якщо вона є власною. запаси обмежені тощо. Особлива актуальність питань раціонального використання енергії здійснюється в умовах постійно

зростаючих цін на основні види енергоресурсів та значної зовнішньої залежності від постачальників. Для енергозбереження загалом характерна висока економічна ефективність. Економія від реалізації енергозберігаючих заходів, як правило, суттєво перевищує вартість реалізованих заходів уже в середньостроковому періоді. Тому впровадження енергозберігаючих технологій у всіх сферах життєдіяльності країни має стати стратегічним напрямком розвитку економіки та соціальної сфери.

Законодавче регулювання має значний вплив на рівень енергоефективності економіки країни через кілька ключових механізмів:

- Стимулювання інновацій та технологічного прогресу: Законодавчі акти встановлюють стимули для розвитку та впровадження енергоефективних технологій у різних секторах економіки. Це може включати податкові кредити або зниження податків для компаній, які інвестують у вдосконалення енергоефективності, а також програми державної підтримки для досліджень та розвитку в цій сфері;
- Встановлення стандартів енергоефективності: Законодавство визначає обов'язкові стандарти енергоефективності для різних видів продукції та обладнання. Це стимулює виробників до розробки та випуску більш енергоефективних товарів і послуг;
- Фінансові механізми: Законодавчі акти передбачають впровадження систем торгівлі викидами парникових газів або інших фінансових механізмів, які сприяють зменшенню викидів шкідливих речовин та стимулюють ефективне використання енергії;
- Публічні закупівлі: Законодавство може встановлювати вимоги щодо енергоефективності для державних та комерційних закупівель, що сприяє поширенню енергоефективних технологій на ринку.

В цілому, ефективне законодавче регулювання може стимулювати інновації, зменшення споживання енергії та викидів, а також сприяти загальному підвищенню рівня енергоефективності економіки країни. Однак успішність цих

заходів може залежати від їхньої реалізації та відповідного нагляду за їхнім виконанням.

Політику України в напрямку енергозбереження та енергоефективності регулюють наступні закони:

- 1) Закон України «Про енергетичну ефективність»
- 2) Закон України «Про енергозбереження»

Станом на 2024 рік Закон України «Про енергозбереження» втратив чинність на підставі закону «Про енергетичну ефективність» (Ст. 21, п.2). Отже головним законом, який регулює відносини, що виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності, та спрямований на посилення енергетичної безпеки, скорочення енергетичної бідності, сталий економічний розвиток, збереження первинних енергетичних ресурсів та скорочення викидів парникових газів є закон «Про енергетичну ефективність».

Також цей закон визначає державну політику у сфері забезпечення енергетичної ефективності, порядок управління у сфері забезпечення енергетичної ефективності, планування у сфері енергоефективності (Ст. 3-5), та ін.

Державне управління в сфері енергозбереження здійснює Кабінет Міністрів України та уповноважений Президентом України центральний орган виконавчої влади – Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності).

З метою мотивування юридичних та фізичних осіб до вживання заходів з підвищення енергоефективності та енергозбереження в Україні утворено Фонд енергоефективності. Статутний капітал Фонду енергоефективності утворюється за рахунок коштів Державного бюджету України та інших джерел, не заборонених законодавством України. Фонд енергоефективності забезпечує часткове відшкодування вартості заходів з енергоефективності юридичним та фізичним особам.

На законодавчому рівні основна увага приділена таким спеціальним функціям державного управління у сфері енергоефективності як планування у

сфері енергоефективності, енергетичний аудит та національна система моніторингу енергоефективності.

Найповніший набір енергозберігаючих заходів, необхідних до впровадження був викладений у програмі Енергетичної Стратегії України до 2030 року, на сьогоднішній день вже розроблена Енергетична Стратегія України до 2050 року[16], яка базуватиметься на цільових показниках розвитку економіки у відповідності до Стратегії до 2030 року.

Цілями Енергетичної стратегії України 2050 є:

- Досягнення максимального рівня кліматичної нейтральності;
- Максимальне скорочення використання вугілля в енергетичному секторі;
- Оновлення та модернізація енергетичної інфраструктури;
- Підвищення ефективності використання ресурсів в енергетичному секторі;
- Всебічна інтеграція з ринками Європейського Союзу та ефективне функціонування внутрішніх ринків;
- Забезпечення енергетичного сектору власними ресурсами з урахуванням економічної доцільності;
- Розвиток альтернативних джерел енергії, нових продуктів та інноваційних рішень в енергетичному секторі.

Технічну допомогу у розробці Енергетичної стратегії України до 2050 року надає уряд Великої Британії. Консультантом проєкту обрано компанію KPMG, яка має досвід роботи над стратегіями для приватного та державного сектору. Робота над стратегією відбувається із залученням експертного середовища, громадськості та представників провідних компаній енергетичного сектору.

#### 1.4. Транспортний потік, поняття, характеристики та склад. Вплив характеристик та складу ТП на енергоефективність.

Транспортний потік – це впорядкований транспортною мережею рух транспортних засобів.

Переміщення пасажирів називається пасажиропотоком, переміщення вантажів – вантажопотоком, рух пішоходів – пішохідним потоком.

Дорожній рух характеризується:

- Інтенсивністю транспортного потоку;
- Складом транспортного потоку;
- Щільністю транспортного потоку;
- Швидкістю руху;
- Затримками руху;
- Пропускною здатністю автомобільних доріг;
- Параметрами пішохідного руху.

Інтенсивність руху – це кількість транспортних засобів, яка пройшла поперечне січення вулиці або дороги за одиницю часу. Інтенсивність руху може виражатися у фактичних одиниця (авто/год.), коли необхідно встановити фізичну кількість транспортних засобів, а також у зведених одиницях (од/год.), коли транспортний потік на основі порівняння динамічних габаритів транспортних засобів зводиться до умовного легкового автомобіля.

Одиниці виміру інтенсивності:

- авто/добу – в значній мірі використовувалася і використовується при незначних обсягах руху, що дозволяє вирішувати завдання організації дорожнього руху. При значних обсягах руху цей показник не може бути використаний;
- авто/год. – використовується для розв’язання завдань організації руху;
- авто/год. «пік» – використовується для розв’язання завдань організації дорожнього руху в період існування щільних транспортних потоків;
- авто/ 5 хв. – використовується для розв’язання спеціальних завдань дорожнього руху (наприклад, для розрахунків світлофорної сигналізації).

В якості розрахункового періоду часу для визначення інтенсивності руху можуть також приймати рік, місяць, годину і більш короткі проміжки часу (секунда) залежно від поставленого завдання спостереження. На вулично-



інтенсивного руху. Періодом найбільш інтенсивного руху зазвичай є проміжок часу між 6:00 та 22:00 годинами (рис. 9).

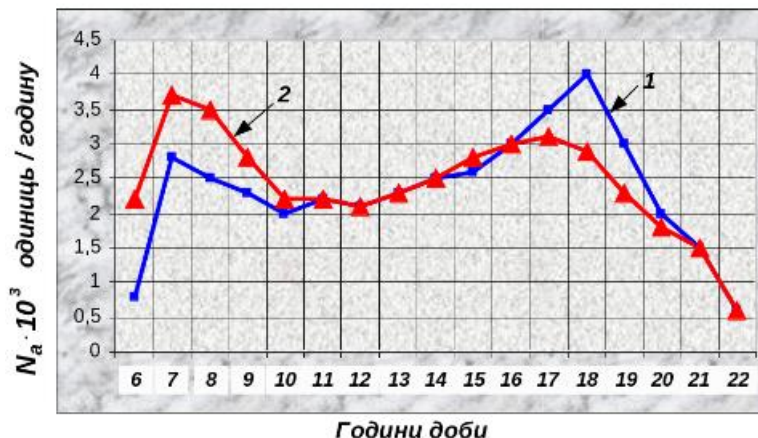


Рис. 9. Зміна інтенсивності транспортного потоку протягом доби на міській магістралі: 1 – транспортний потік з центру; 2 – транспортний потік до центру.

Часова нерівномірність транспортних потоків характеризується відповідним *коефіцієнтом нерівномірності*  $k_i$ . Цей коефіцієнт може бути розрахований для річної, добової та годинної нерівномірності руху. Коефіцієнт річної нерівномірності руху може бути визначений за формулою:

$$k_i = \frac{N_{a.p.} * 12}{N_{a.міс}}$$

Де  $N_{a.p.}$  – сумарна інтенсивність руху за рік, авто/рік;

$N_{a.міс.}$  – сумарна інтенсивність руху за місяць, авто/міс;

12 – кількість місяців у році.

Коефіцієнт добової нерівномірності  $k_{i.доб}$  визначається аналогічно:

$$k_i = \frac{N_{a.год.} * 24}{N_{a.доб}}$$

Де  $N_{a.год.}$  – сумарна інтенсивність руху за час, що порівнюється, авто/год;

$N_{a.доб.}$  – сумарна інтенсивність руху за добу, авто/добу;

24 – кількість годин у добі.

Щільність транспортного потоку – кількість автомобілів, що припадає на одиницю довжини дороги в даний момент часу. Проте фізично це твердження має сенс лише для щільних транспортних потоків.

На рис. 10 показані різні умови формування щільності транспортного потоку. Оскільки умови і стан руху транспортного потоку можуть змінюватися, то величину щільності штучно розповсюджують на одиницю довжини дороги.

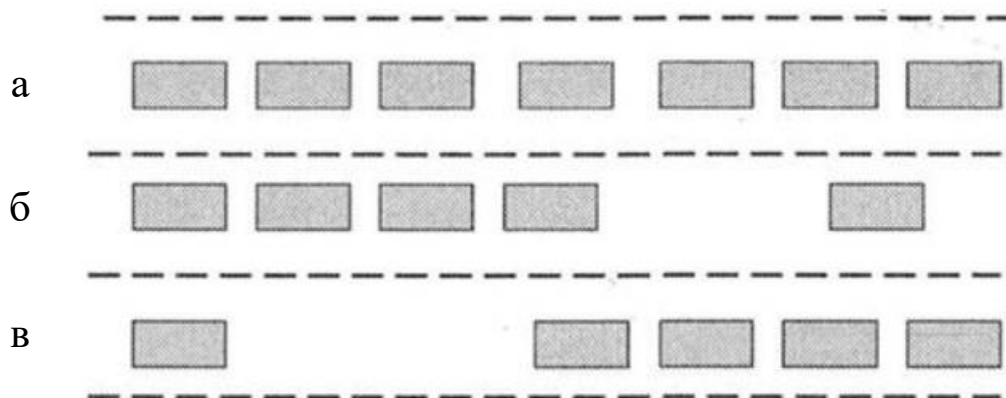


Рис. 10. Щільність транспортного потоку: а) щільний потік; б) група автомобілів – одиничний автомобіль; в) одиничний автомобіль – група автомобілів.

Таким чином існують різні характеристики і стани транспортного потоку за рівнями завантаження дороги автомобілями:

$$Z = \frac{M}{P}$$

де  $P$  – пропускна здатність ділянки дороги.

Пропускна здатність дороги – важливий показник умов руху транспортного потоку, вона також є однією з найважливіших характеристик, що використовується при розробленні заходів щодо підвищення транспортно-експлуатаційних якостей дороги, спрямованих на зростання продуктивності роботи автотранспорту, а також при вирішенні завдань які стосуються проектування доріг.

Під пропускною здатністю розуміють максимальне число автомобілів, яке може пропустити ділянка дороги в одиницю часу в одному або двох напрямках у розглянутих погодно-кліматичних і дорожніх умовах.

Для оцінки пропускної здатності дороги, як правило, використовуються динамічні моделі транспортного потоку, оскільки при інтенсивності руху, близької або рівної до пропускної здатності, має місце взаємний вплив автомобілів.

Динамічні моделі допускають два підходи – мікроскопічний, коли моделюється динаміка взаємодії між окремими автомобілями, і макроскопічний, при якому моделюється рух потоку в цілому. До мікроскопічного підходу відносять спрощені динамічні моделі і модель «слідування за лідером».

Розрізняють теоретичну, практичну та розрахункову величини пропускної здатності.

Теоретична пропускна здатність визначається розрахунком для прямої ділянки дороги під час руху однорідного за складом транспортного потоку – легкові автомобілі – з постійними інтервалами між ними. Вона обчислюється на підставі динамічних моделей і складає 2000 – 2400 автомобілів за годину на одну смугу руху. Це максимальна величина пропускної здатності, що може бути досягнута під час керування автомобіля людиною.

Практична пропускна здатність – це максимальне число автомобілів, яке може пропустити ділянка дороги в реальних дорожніх умовах за одиницю часу. Існує два види пропускної практичної здатності: максимальна, котра спостерігається на еталонній ділянці, і практична – для конкретних дорожніх умов. Під еталонною розуміють горизонтальну прямолінійну ділянку, із шириною смуги 3,75 м, укріпленими узбіччями шириною 3 м, покриття сухе, рівне, шорстке, відстань між пересіченнями більше 5 км, відстань видимості понад 800 м, транспортний потік складається з більше ніж 800 легкових автомобілів, відсутні перешкоди на узбіччях, погодно-кліматичні умови сприятливі.

Практична пропускна здатність – це пропускна здатність ділянок, що мають гірші умови у порівнянні з еталонними. Вона є випадковою величиною, що залежить від цілого ряду факторів. Значення її величини може змінюватися в значних межах.

Така зміна практичної пропускної здатності у часі для конкретної ділянки дороги з постійними дорожніми умовами може бути викликана такими факторами: зміною складу транспортного потоку, складу водіїв, технічного стану транспортних засобів, погодно-кліматичних умов, виникненням ДТП.

У зв'язку з випадковим характером практичної пропускної здатності для техніко-економічних розрахунків вводиться поняття розрахункової пропускної здатності, яке характеризує економічно доцільне число автомобілів, що може пропустити ділянка дороги за одиницю часу, у конкретних дорожніх умовах і за прийнятою схемою організації руху:

$$P_{\text{розр}} = k_p * P_T$$

де  $k_p$  – коефіцієнт переходу від теоретичної пропускної здатності до розрахункової;

$P_T$  – теоретична пропускна здатність (легкових автомобілів на годину).

Те положення, що величину пропускної здатності формує цілий ряд факторів, поєднання яких носить випадковий характер, дозволяє говорити про пропускну здатність як про імовірнісну просторово-часову характеристику.

В основі методу визначення практичної пропускної здатності лежить використання коефіцієнта зниження максимальної практичної пропускної здатності.

Цей коефіцієнт дорівнює відношенню пропускної здатності конкретної ділянки дороги до пропускної здатності еталонної ділянки, тобто до максимальної пропускної здатності:

$$\beta = P / P_{\text{max}}$$

Для оцінки пропускної здатності з використанням цієї формули необхідно виміряти середні інтервали руху у вільних умовах і, створивши штучний затор, визначити максимально можливу щільність.

При розрахунку пропускної здатності багатосмугових доріг виходять з того, що рух смугами таких доріг розподіляється нерівномірно. Загальна пропускна здатність автомагістралі обчислюється за формулою:

$$P=2*(P_1+P_2+...+P_n),$$

де  $P_1, P_2, \dots, P_n$  — пропускна здатність першої, другої і т. д. смуг руху

Пропускна здатність  $k$ -ї смуги руху:

$$P_n=(k*\beta_1*\beta_2*(1700+66.6b-9.54p-6.84i),$$

де  $k$  — коефіцієнт приведення змішаного потоку автомобілів до потоку легкових автомобілів:

$$k = \frac{1}{\sum \psi_{ci} * n_j}$$

$\beta_1$  — коефіцієнт, що враховує радіус кривої у плані;

$\beta_2$  — коефіцієнт, що враховує вплив пересічень на різних рівнях;

$b$  — ширина смуги руху, м;

$p$  — частка важких автомобілів і автобусів у %;

$i$  — подовжній схил у тисячних (‰);

$n_j$  — кількість транспортних засобів різних типів;

$\psi_{ci}$  — коефіцієнт приведення до легкового автомобіля окремих типів транспортних засобів.

Величина практичної пропускної здатності, як показує досвід, залежить від багатьох факторів, поєднання яких визначає її значення у кожному конкретному випадку, дорожні умови при цьому є визначальними.

Пропускна здатність тієї самої ділянки дороги з постійними умовами під впливом інших, крім дорожніх, факторів може змінюватися в 1,5-1,7 рази.

Швидкість руху. В організації дорожнього руху розглядаються два поняття швидкості руху:

- миттєва швидкість руху – це швидкість руху одиничного автомобіля в даному місці і в даний час;
- середня швидкість транспортного потоку – це статистичне значення швидкості руху для всіх автомобілів транспортного потоку.

Перша характеристика використовується для розрахунків характеристики руху одиничного автомобіля або параметрів геометричних елементів вулиць та доріг (плану, поперечного і подовжнього профілів тощо).

При вимірі миттєвих швидкостей руху протягом періоду спостереження одержують їх статистичну вибірку, причому вона мусить бути репрезентабельною. Якщо рознести одержані значення миттєвих швидкостей руху за класами (наприклад по 5 км/год) і визначити їх процентний вміст у вибірці, то можна побудувати натурну залежність розподілу швидкостей руху у транспортному потоці.

Склад транспортного потоку – процентний вміст транспортних засобів даного типу у транспортному потоці.

Він відіграє важливу роль щодо формування умов руху. Так, умови руху транспортних потоків складених, наприклад, з легкових або лише з вантажних автомобілів будуть значно відрізнятися.

Наявність у транспортному потоці, з одного боку, автомобілів із високими динамічними якостями, хорошим технічним станом і специфічною поведінковою функцією їх водіїв та, з другого – автомобілів старих із низькими динамічними якостями, поганим технічним станом (які виїжджають тільки кілька разів влітку) спричиняє вкрай складні умови руху щодо формування режимів руху й рівня його безпеки.

В організації дорожнього руху достатньо розділяти транспортний потік на такі групи: легкові, вантажні, автопоїзди, автобуси (тролейбуси) і мотоцикли (велосипеди), тобто має місце фізичний підхід до оцінки складу транспортного потоку, що характеризує площу, яку займає кожен засіб на проїзній частині або його динамічний габарит.

Вплив складу транспортного потоку на умови руху можна проілюструвати на рис. 11.



Рис. 11. Розміщення транспортних засобів різного типу на одиниці довжини дороги

Із рис. 11 видно, що за однакової швидкості руху величина його інтенсивності буде різною; умови руху для водія (позначено X) будуть різними, оскільки в першому випадку він взаємодіє з двома системами «автомобіль – водій – дорога», а в другому – з чотирма, тобто друга ситуація складніша для прийняття рішення щодо траєкторії і величини швидкості руху. Таким чином, характеристика складу транспортного потоку пов'язана з інтенсивністю та швидкістю руху.

Для того, аби порахувати інтенсивність руху з урахуванням щільності потоку, використовують коефіцієнти приведення  $K_n$

Для різних ТЗ вони мають такі значення:

легкові автомобілі,  $K_{nl} = 1,0$ ;

мотоцикли,  $K_{nm} = 0,75 \dots 0,5$ ;

вантажні автомобілі, автобуси  $K_{nv} = 1,5 \dots 3,5$ ;

автопоїзди, зчленовані автобуси  $K_{nan} = -3,5 \dots 6,0$ .

Таким чином, приведена інтенсивність ТП буде визначатися за формулою:

$$N_n = N_l + N_v K_{nv} + N_m K_{nm} + N_{an} K_{nan}$$

де  $N_l$  – інтенсивність руху ТП легкових автомобілів;

$N_v$  – інтенсивність руху ТП вантажних автомобілів;

$N_m$  – інтенсивність руху ТП мотоциклів;

$N_{an}$  – інтенсивність руху ТП автопоїздів.

Затримки руху характеризуються втратою часу при проходженні ТЗ заданого відрізка шляху зі швидкістю нижче оптимальної, і визначаються за формулою:

$$\int_{l_1}^{l_2} \left( \frac{1}{U_f} - \frac{1}{U_o} \right) dl$$

Де  $U_f$  – фактична швидкість;

$U_o$  – оптимальна швидкість;

$l_1, l_2$  – точки ділянки дороги, що розглядається.

Загальні втрати часу для ТП визначаються за формулою

$$T_{\Delta} = N_a * t_{\Delta} * T$$

де  $t_{\Delta}$  – середня сумарна затримка одного автомобіля, с.

$T$  – тривалість спостереження, год.

Існує два типи затримок:

- 1) на перегонах
- 2) на перехрестях

Затримки на перегонах є наслідком маневрування, наявності в потоці автомобілів, що рухаються з невеликою швидкістю, пішохідного руху, наявності зупинок і стоянки ТЗ, а також з перенасиченням потоку.

Затримки на перехрестях є наслідком необхідності дозволити транспортні і пішохідні потоки на перехрестях.

Інтенсивність, швидкість та склад транспортного потоку є ключовими факторами, які впливають на енергоефективність транспортної системи.

Висока інтенсивність потоку може призводити до затримок, зменшення швидкості руху та збільшення витрат палива через часті зупинки та прискорення. Особливо це стосується урбанізованих районів, де швидкість руху транспорту може бути обмеженою через трафік та затори.

Вища швидкість руху транспортних засобів зазвичай сприяє зменшенню витрат палива. Однак урбанізовані райони можуть мати обмежену можливість

розвитку високошвидкісних мереж, що призводить до збільшення витрат палива через зупинки та прискорення на коротких відстанях.

Різні види транспортних засобів мають різні енергоефективності. Наприклад, громадський транспорт або велосипеди можуть бути більш енергоефективними, ніж приватні автомобілі. Збільшення частки громадського транспорту та немоторизованих видів пересування може сприяти зниженню витрат палива в транспортному потоці.

Таким чином, оптимізація інтенсивності, швидкості та складу транспортного потоку може покращити енергоефективність транспортної системи, особливо в урбанізованих районах, де зокрема можуть бути зроблені кроки для сприяння використанню громадського транспорту та немоторизованих видів пересування.

1.5. Фактори, які впливають на енергоефективність транспортного потоку, їх залежність від планувальних рішень перетинів міських магістралей.

Енергоефективність транспортного потоку залежить від багатьох факторів, які можна класифікувати на три основні категорії: інфраструктурні, поведінкові та технологічні. Розглянемо детальніше ці фактори:

Інфраструктурні фактори:

1. Якість доріг: Гладкі, рівні дороги без ям і тріщин сприяють зменшенню опору коченню, що знижує витрати палива;

2. Дорожня розмітка та знаки: Правильне розташування знаків та чітка розмітка допомагають водіям краще орієнтуватися на дорозі, що сприяє рівномірному руху;

3. Організація руху: Наявність кільцевих розв'язок, світлофорів з розумною синхронізацією, смуг для громадського транспорту може зменшити затори і підвищити ефективність руху;

4. Міський план: Компактне розташування важливих об'єктів (робочих місць, шкіл, магазинів) зменшує потребу в тривалих поїздках.

Поведінкові фактори:

1. Стиль водіння: Акуратне прискорення та гальмування, підтримка постійної швидкості та уникання різких маневрів допомагають знизити споживання палива;

2. Використання громадського транспорту: Підвищення популярності громадського транспорту зменшує кількість автомобілів на дорогах, що знижує загальні витрати енергії;

3. Карпулінг та спільні поїздки: Спільне використання автомобіля кількома людьми зменшує загальну кількість поїздок і підвищує ефективність використання палива. 4. Дотримання правил дорожнього руху: Уникання перевищення швидкості, правильне використання смуг руху та дотримання інших правил підвищує ефективність транспортного потоку.

Технологічні фактори:

1. Енергоефективні транспортні засоби: Використання автомобілів з низьким споживанням палива або електромобілів значно знижує витрати енергії;

2. Інтелектуальні транспортні системи (ITS): Використання технологій для моніторингу та управління трафіком може допомогти уникнути заторів і знизити споживання палива;

3. Аеродинаміка транспортних засобів: Автомобілі з поліпшеною аеродинамікою потребують менше енергії для підтримання швидкості;

4. Регулярне технічне обслуговування: Добре обслуговувані транспортні засоби працюють більш ефективно та економніше.

Додаткові фактори:

1. Погодні умови: Сприятливі погодні умови зменшують додатковий опір руху та покращують енергоефективність;

2. Навчання та обізнаність водіїв: Програми навчання водіїв щодо енергоефективного водіння можуть значно підвищити загальну ефективність транспортного потоку;

3. Законодавчі та регуляторні заходи: Введення стандартів на викиди та стимулювання використання енергоефективних транспортних засобів може вплинути на загальну енергоефективність.

Ефективне поєднання цих факторів може значно підвищити енергоефективність транспортного потоку, зменшити витрати палива та вплив на навколишнє середовище.

Планувальні рішення міських магістралей мають значний вплив на різні фактори, що визначають енергоефективність транспортного потоку. Нижче розглянемо, як саме ці рішення можуть впливати на інфраструктурні, поведінкові та технологічні фактори.

Інфраструктурні фактори:

#### 1. Якість доріг:

- Планування нових доріг та реконструкція старих: Використання сучасних матеріалів і технологій будівництва забезпечує гладкість і довговічність дорожнього покриття;

- Планування об'їзних шляхів: Зменшення навантаження на основні дороги через створення об'їзних маршрутів допомагає підтримувати якість дорожнього покриття.

#### 2. Дорожня розмітка та знаки:

- Розумне розміщення знаків та розмітки: Чітке і зрозуміле розміщення допомагає уникнути різких маневрів і непередбачуваної поведінки водіїв, що підвищує плавність руху і знижує витрати палива.

#### 3. Організація руху:

- Розташування світлофорів та розв'язок: Розумне розміщення і синхронізація світлофорів мінімізує затори та сприяє рівномірному руху;

- Виділення смуг для громадського транспорту: Зменшує затори для автобусів і трамваїв, що робить їх використання більш привабливим та енергоефективним.

#### 4. Міський план:

- Інтеграція різних типів транспорту: Створення вузлів для пересадки між громадським транспортом, велосипедними доріжками і пішохідними зонами зменшує потребу у використанні автомобілів;

- Зонування: Розумне зонування міста з концентрацією житлових, комерційних і промислових зон зменшує потребу у довгих поїздках.

Поведінкові фактори:

1. Стиль водіння:

- Навчання водіїв: Інфраструктура, яка сприяє плавному руху (наприклад, кругові перехрестя замість світлофорів), стимулює водіїв до менш агресивного стилю водіння.

2. Використання громадського транспорту:

- Доступність та зручність: Створення зручних і доступних маршрутів громадського транспорту з частими зупинками стимулює населення до його використання.

3. Карпулінг та спільні поїздки:

- Інфраструктура для карпулінгу: Виділені місця для зупинки та паркування автомобілів, які використовуються для спільних поїздок, підвищують популярність цього способу пересування.

4. Дотримання правил дорожнього руху:

- Проектування безпечних доріг: Дороги, спроектовані з урахуванням безпеки, сприяють дотриманню правил дорожнього руху, що покращує загальну енергоефективність.

Технологічні фактори:

1. Енергоефективні транспортні засоби:

- Інфраструктура для електромобілів: Наявність зарядних станцій для електромобілів сприяє їх більш широкому використанню.

2. Інтелектуальні транспортні системи (ITS):

- Впровадження ITS: Планування міських магістралей з врахуванням інтеграції ITS (наприклад, датчиків трафіку та систем моніторингу) допомагає оптимізувати потік транспорту в реальному часі.

3. Аеродинаміка транспортних засобів:

- Забезпечення пріоритету для транспортних засобів з високою аеродинамікою: Наприклад, виділення окремих смуг для вантажних автомобілів або автобусів.

#### 4. Регулярне технічне обслуговування:

- Інфраструктура для технічного обслуговування: Доступність СТО (станцій технічного обслуговування) поруч з основними магістралями сприяє підтримці транспортних засобів у хорошому технічному стані.

Додаткові фактори:

##### 1. Погодні умови:

- Врахування кліматичних умов при плануванні доріг: Використання матеріалів і конструкцій, що враховують місцевий клімат, підвищує довговічність і якість доріг.

##### 2. Навчання та обізнаність водіїв :

- Освітні кампанії та інформаційні знаки: Використання інформаційних панелей і знаків для підвищення обізнаності водіїв про енергоефективне водіння.

##### 3. Законодавчі та регуляторні заходи:

- Введення нормативів та стандартів: Розробка та впровадження стандартів для планування міських магістралей, які сприяють підвищенню енергоефективності.

Планування міських магістралей з врахуванням вищезазначених факторів дозволяє створити транспортну систему, яка не лише забезпечує комфортне пересування, але й сприяє зменшенню енергоспоживання та впливу на навколишнє середовище.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі магістерської наукової роботи нами були розглянуті наступні питання:

- 1) Було проведено аналіз сучасного стану та проблем у транспортній галузі України, наведено склад та особливості організації транспортної системи міста;
- 2) Досліджено питання енергоефективності у сфері транспорту, виокремлено напрямки і стратегії розвитку енергоефективності;
- 3) Проаналізовано законодавчо-нормативну базу по вирішенню проблеми енергоефективності у транспортній галузі України;
- 4) Наведено та розкрито поняття транспортного потоку, його характеристики та склад. Вивчено вплив характеристик та складу ТП на його енергоефективність;
- 5) Проведено аналіз факторів, які впливають та енергоефективність транспортного потоку, виявлено їх залежність від планувальних рішень перетинів міських магістралей.

## РОЗДІЛ 2. Науково-дослідний

### 2.1. Методи вимірювання енергоефективності транспортного потоку

Оцінка енергоефективності транспортного потоку на перетині міських магістралей є важливим завданням для покращення транспортної системи міста, зменшення викидів забруднюючих речовин та економії енергії. Існує декілька методів для виконання цієї оцінки[11-14]:

#### **1. Моделювання транспортних потоків:**

- Використання програмного забезпечення для моделювання транспортних потоків, таких як PTV Vissim або TransCAD, дозволяє моделювати рух транспортних засобів на перетині та розраховувати їх енерговитрати;
- Ці програми враховують такі фактори, як тип транспортного засобу, швидкість, ухил дороги, динаміку розгону та гальмування, а також сигнали світлофора;
- За результатами моделювання можна визначити вузькі місця, де транспортні засоби витрачають більше енергії через зупинки та розгін, а також оцінити вплив різних сценаріїв організації дорожнього руху на енергоефективність.

#### **2. Аналіз даних про фактичний рух:**

- Збір та аналіз даних про фактичний рух транспортних засобів на перетині, таких як швидкість, щільність та час очікування на світлофорі, може дати цінну інформацію про енергоефективність;
- Ці дані можна отримати за допомогою датчиків, камер або шляхом ручного спостереження;
- Аналіз даних про фактичний рух може допомогти визначити періоди пікового навантаження, коли транспортні засоби витрачають більше енергії, а також виявити проблеми з організацією дорожнього руху, які призводять до неефективного використання енергії.

### **3. Вимірювання викидів:**

- Вимірювання викидів забруднюючих речовин, таких як оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), оксид вуглецю (CO) та тверді динамічні частинки (PM), може дати непряму оцінку енергоефективності;
- Високий рівень викидів може свідчити про неефективне використання енергії транспортними засобами;
- Вимірювання викидів можна проводити за допомогою стаціонарних або мобільних датчиків.

### **4. Оцінка економічних показників:**

- Аналіз витрат палива та експлуатаційних витрат транспортних засобів може дати економічну оцінку енергоефективності;
- Високі витрати палива можуть свідчити про неефективне використання енергії;
- Ці дані можна отримати за допомогою бортових комп'ютерів транспортних засобів або шляхом опитування водіїв.

На енергоефективність транспортного потоку найбільшою мірою впливають енерговтрати ТП, з наступних причин:

1. Затори на дорогах приводять до постійних зупинок та розгонів, що призводить до збільшеного споживання палива. Автомобілі в заторі працюють на маленьких швидкостях або стоять на місці, витрачаючи паливо без ефективного руху;

2. Часті зупинки та розгони через затори або нерегулярний рух в транспортному потоці призводять до значних енерговтрат через процеси гальмування та прискорення;

3. Іноді водії обирають довші маршрути, щоб уникнути заторів або перевантажених доріг, що також призводить до додаткового споживання палива та збільшених енерговтрат;

4. Велика кількість автомобілів на дорозі може створювати турбулентність трафіку, що призводить до додаткових опорів повітря, що збільшує споживання палива;

5. Довгі часи стоянки в заторах або на перехрестях призводять до споживання палива без руху, що є неефективним використанням енергії.

Загалом, енерговтрати в транспортному потоці можуть великою мірою зменшити його енергоефективність, споживаючи додаткове паливо та збільшуючи викиди шкідливих речовин в атмосферу. Оптимізація руху та управління трафіком може допомогти зменшити ці енерговтрати та підвищити загальну енергоефективність транспортного потоку.

Застосування інтегрального критерію рівня обслуговування (Level of Service, LOS) в оцінці вантажно-дорожнього руху, особливо в США, є загальноприйнятою практикою. LOS є основним показником, що використовується на всіх етапах – від планування до експлуатації.

LOS, взятий з теорії масового обслуговування, використовується для оцінки умов руху транспортних засобів. Хоча основні характеристики системи масового обслуговування можуть вимагати складних обчислень, вони допомагають зрозуміти, скільки часу витрачає кожен автомобіль на очікування обслуговування, яка частина дороги перебуває у заторі і таке інше.

Підходи з використанням LOS постійно вдосконалюються і широко застосовуються у керівництві з оцінки пропускної здатності, такому як Highway Capacity Manual (HCM). Цей метод дозволяє оцінити якість руху на дорозі та визначити, наскільки ефективно вона обслуговує потреби транспортного потоку.

Тому виникла ідея використовувати для оцінки умов руху транспортних потоків таку просту характеристику, як коефіцієнт завантаження (1):

$$k = N / P, (1)$$

де N – інтенсивність надходження вимог; P – інтенсивність обслуговування вимог.

В країнах пострадянського простору цей показник став використовуватися для оцінки умов руху на автомобільних дорогах загального користування і отримав назву «рівень зручності» (табл. 2).

**Градації рівнів обслуговування і рівнів зручності**

Рівень обслуговування	Рівень завантаження	Характеристика умов руху	Рівень зручності	Коеф. завантаження	Характеристика умов руху
A	<0,1	Вільний потік	A	<0,2	Вільний потік
D	≥0,1	Стійкий потік	Б	0,2-0,45	Частково зв'язаний потік
C	≥0,3	Стійкий потік	В	0,45-0,7	Зв'язаний потік
D	≥0,7	Наближається до нестійкого	Г-а	0,7-1,0	Насичений потік
E	≥1,0	Нестійкий потік	Г-б	≥1,0	Щільно насичений потік

Отже основні критерії на яких базується LOS це:

- Швидкість руху;
- Затримки часу;
- Свобода маневру;
- Перебої в русі;
- Комфорт та зручність руху;
- Безпека руху.

Щодо вітчизняного досвіду, то, нажаль, на даний час в Україні не використовується система оцінки рівнів обслуговування на ВДМ міста, а також немає нормативного підґрунтя для її впровадження.

Серед основних критеріїв на яких базується LOS одразу складно виділити такий показник, як витрати енергії на ВДМ, тому що він пов'язаний з великою кількістю показників, а саме швидкістю руху, затримкою часу (з системи LOS) та складом транспортного потоку (ТП), структурою ТП, режимом руху ТП, характеристиками руху ТП, геометричними параметрами ВДМ. Кількість витраченої енергії на певній ділянці ВДМ міста – складний та багатогранний показник на який впливає велика кількість факторів.

Станом на зараз для розрахунку великої кількості показників, які характеризують ВДМ, імітаційного відтворення руху транспорту та визначення ефективності прийнятих рішень використовують моделювання як на мікро- так і

на макрорівні. Хоча в діючих нормативах [ДБН вулиці] моделювання має лише рекомендаційний характер.

Для цього використовується моделювання в програмному комплексі PTV Vissim, який дозволяє відтворення імітаційного руху на мікрорівні. При визначенні енерговитрат ТП за допомогою програмного комплексу PTV Vissim спочатку необхідно створити, відкалібрувати та перевірити точність моделі розрахунку об'єкта дослідження. Після виконання наведених операцій можна здійснювати моделювання руху, а, отже і визначати енерговитрати ТП в межах обраного об'єкта дослідження, і, таким чином, визначати рівень енергоефективності на перетині міських магістралей.

Транспортне моделювання є потужним інструментом для визначення енергоефективності транспортного потоку. Це включає використання програмного забезпечення для створення віртуальних моделей транспортних систем, що дозволяє аналізувати та оптимізувати різні аспекти руху транспорту. Ось кроки, як це можна зробити:

Кроки для визначення енергоефективності за допомогою транспортного моделювання:

1. Збір даних:

- Зібрати дані про транспортні потоки, включаючи обсяги руху, швидкість транспортних засобів, типи транспортних засобів, маршрути, частоту та час затримок;

- Використовувати датчики, камери, GPS та інші технології для збору точних і актуальних даних.

2. Створення моделі:

- Використовувати програмне забезпечення для транспортного моделювання, таке як VISSIM, Aimsun, TransModeler або інші;

- Створити віртуальну модель транспортної мережі, що включає всі ключові дороги, перехрестя, світлофори та інші інфраструктурні елементи.

3. Калібрування та валідація моделі:

- Калібрувати модель на основі реальних даних, щоб забезпечити її точність;
- Перевірити модель, порівнюючи результати моделювання з фактичними даними, щоб підтвердити її надійність.

#### 4. Моделювання різних сценаріїв:

- Моделювати різні сценарії руху, включаючи поточні умови, можливі зміни в інфраструктурі, зміну регулювання світлофорів, введення нових транспортних засобів тощо;
- Аналізувати вплив кожного сценарію на транспортний потік, включаючи затримки, швидкість, пробки.

#### 5. Оцінка енергоефективності:

- Використовувати модель для розрахунку витрат палива та викидів шкідливих речовин для кожного сценарію;
- Аналізувати, як зміни в транспортному потоці впливають на споживання енергії транспортними засобами.

#### 6. Оптимізація транспортної системи:

- Виявляти вузькі місця та ділянки з низькою енергоефективністю;
- Розробляти рекомендації для поліпшення енергоефективності, такі як зміна сигналізації світлофорів, введення пріоритету для громадського транспорту, покращення інфраструктури для велосипедистів та пішоходів.

#### 7. Моніторинг та вдосконалення:

- Постійно моніторити транспортні потоки та коригувати модель на основі нових даних;
- Впроваджувати рекомендовані зміни та оцінювати їхній вплив на енергоефективність.

#### Приклади показників для оцінки енергоефективності:

##### 1. Витрата палива:

- Розрахунок середньої витрати палива для різних типів транспортних засобів у моделі;
- Порівняння витрат палива для різних сценаріїв руху.

## 2. Викиди CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин:

- Оцінка загальних викидів від транспортних засобів на різних ділянках дороги;

- Аналіз впливу змін у русі на викиди.

## 3. Середня швидкість руху:

- Визначення середньої швидкості транспортного потоку на різних ділянках дороги;

- Порівняння середньої швидкості між сценаріями для оцінки ефективності руху.

## 4. Час затримок та простоїв:

- Розрахунок середнього часу затримки для транспортних засобів на перехрестях і в заторах;

- Аналіз впливу затримок на загальну енергоефективність.

### Переваги транспортного моделювання:

- Точність: Моделювання дозволяє точно оцінити вплив різних змін на транспортні потоки та енергоефективність;

- Гнучкість: Можна моделювати різні сценарії та умови, що дозволяє обрати найефективніші рішення;

- Економія часу та коштів: Замість дорогих і тривалих експериментів у реальних умовах, моделювання дозволяє швидко і відносно недорого оцінити ефективність змін.

Транспортне моделювання є невід'ємною частиною сучасного підходу до планування та оптимізації транспортних систем, що дозволяє підвищити їхню енергоефективність та зменшити екологічний вплив.

Ми в нашій роботі розглядаємо енергоефективність транспортного потоку у межах перетину міських магістралей. Тарасюк В.П. в своїй роботі [22] навів схему залежності транспортних енерговитрат від впливу факторів, які визначають зміну показників енерговитрат ТП в межах ТПВ (рис. 12).

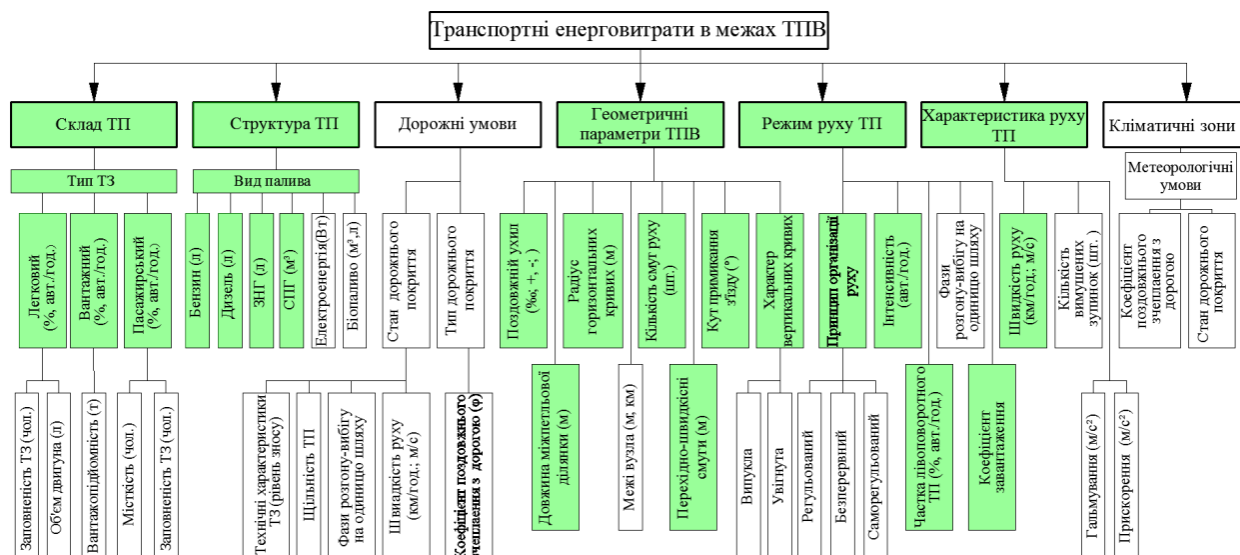


Рис. 12. Транспортні енерговитрати в межах ТПВ

Також було зазначено, що кожен з наведених факторів впливу знаходиться у динамічному зв'язку з іншими, і цей зв'язок не підлягає вираженню кількісними показниками. Для цього було виставити пріоритетність у оптимізації умов і факторів впливу на показник енерговитрат ТП в межах ТПВ (таб.3) [22].

Таблиця 3

Характер взаємозв'язків та взаємовпливів факторів впливу на енерговитрати ТП в межах ТПВ

Фактори впливу	Склад ТП	Структура ТП	Дорожні умови	Геометричні параметри	Режим руху	Характеристик и руху ТП	Кліматичні зони
Склад ТП		X	X	X	X	X	
Структура ТП	X				X	X	
Дорожні умови	X			X	X		X
Геометричні параметри ТПВ	X		X		X	X	X
Режим руху ТП	X	X	X	X		X	
Характеристики руху ТП	X	X		X	X		X
Кліматичні зони			X	X		X	

На основі даної характеристики було встановлено, що саме склад ТП, характеристики руху ТЗ, режим руху та геометричні параметри перетину мають найбільший вплив на показник енерговитрат ТП в межах перетину.

Отже оптимізуючи дані показники ми можемо знижувати енерговтрати на перетинах, тим самим підвищуючи енергоефективність транспортного потоку і ВДМ в цілому.

Наведені вище фактори впливу на енерговтрати мають прямий вплив на критерії LOS, серед яких швидкість руху, затримки часу та перебої в русі. Перебої в русі ми можемо трактувати як середня кількість зупинок ТЗ на перетині. Для визначення даних показників використовується імітаційне мікромоделювання у програмному комплексі PTV Vissim.

2.2. Критерії оцінки інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей, як ці критерії залежать від енерговитрат та впливають на енергоефективність.

В даний час існуюча нормативна документація України в області проектування елементів ВДМ, на жаль, не має чітко визначеної методики щодо обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей. Науково-технічна література минулого століття в сучасних умовах потребує вдосконалення запропонованих методик прийняття рішень щодо проектування перетинів в різних рівнях на ВДМ міста. В навчальній літературі є методики щодо техніко-економічного обґрунтування вибору типу перетину автомобільних доріг з залізними дорогами, визначення економічної ефективності капітальних вкладень в реконструкцію автомобільної дороги, в будівництво мостового переходу, вибір траси прокладання автомобільної дороги тощо. Є роботи таких авторів, як Турчихин Э. Я., Дубровин Е. Н., Лобанов Е. М., а також нормативні документи «Методика и нормативы для технико-экономического обоснования развития транспортных узлов», ВСН 21-83 та ін. Але тут не розглядається методика обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення міських розв'язок, що для міських умов є необхідним і передбачає врахування й аналіз різних факторів. В ДБН Б.2.2-12:2019

«Планування та забудова територій»[5] проектування транспортних розв'язок порушено тільки в загальних рисах. Більш докладно геометричне проектування перетинів і примикань розглянуто в ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів»[6]. Тобто розроблена нормативна документація не достатньо глибоко висвітлює питання проектування транспортних розв'язок.

Без комплексного підходу до проектування перетинів міських магістралей неможливо підібрати правильні принципові схеми конкурентних варіантів транспортних розв'язок. Характерною ознакою міського транспортного потоку є його неоднорідність (в тому числі транзитного), а також існування перетинів транспортних і пішохідних потоків. Основною вимогою сучасного проектування транспортних розв'язок є забезпечення пропускнуої здатності та безпеки руху. Однак, поряд з цими показниками потрібно врахувати ще ряд важливих параметрів, які потрібно задовольнити при виборі інженерно-планувального рішення перетину. Це такі ознаки як мінімізація шкідливого впливу на навколишнє середовище (шкідливі викиди та шум), мінімізація енергетичних витрат, вписування в ландшафтно-просторову композицію прилеглої території тощо. Вплив цих параметрів дуже слабо розглянутий у вітчизняній нормативній базі та літературі. Це обумовлює вдосконалення методики обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей в різних рівнях.

Аналіз проектних розробок та особливостей експлуатації існуючих перетинів міських магістралей в різних рівнях виявив фактори, що впливають на обґрунтування їх інженерно-планувальних рішень. Серед всіх цих факторів слід виділити дві окремі групи[13]:

**Містобудівні фактори:**

1. Категорія магістралей що перетинаються;
2. Характеристика за складом і обсягом прямих, ліво- та правоповоротних потоків транспорту у вузлі;
3. Схеми організації руху громадського транспорту на перетині;
4. Характер повздовжніх та поперечних профілів магістралей;

5. Інтенсивність та напрямки пішохідного руху на перетині;
6. Наявність вільної території та її конфігурація;
7. Розташування та характеристика існуючої забудови і забудови що проектується;
8. Характер рельєфу місцевості;
9. Наявність, характер, тип та розміщення в плані та профілі існуючих і таких що проектуються інженерних підземних комунікацій;
10. Розташування та характеристика зелених насаджень;
11. Геологічні та гідрогеологічні умови;
12. Багатофункціональне використання перетину;
13. Інші фактори (зручність реконструкції і стадійність будівництва, забезпечення руху при виході зі строю штучної споруди).

При обґрунтуванні вибору інженерно-планувального рішення перетину потрібно не забувати про людський масштаб. Умови безпеки автотранспорту і пішоходів повинні бути головним пріоритетом. Можливість безпечного пересування по міському простору - обов'язкова якість привабливих, добре функціонуючих міст для людей. У кожному проекті фахівці повинні приймати індивідуальне рішення про підходящий тип транспортно-планувального рішення перетину міських магістралей.

Щорічно на дорогах країн світу гинуть більше 1,2 млн чол., і ще 50 млн чол. отримують травми. Крім того, дорожньо-транспортний травматизм створює величезне навантаження на державні системи охорони здоров'я, багато з яких страждають від значного браку ресурсів. На сучасному етапі дуже важливим є врахування «реакції соціуму» на прийняте планувальне рішення. Тому слід виділити наступні умови та соціальні критерії що повинні бути забезпечені при прийнятті планувального рішення перетину міських магістралей ( рис. 13):

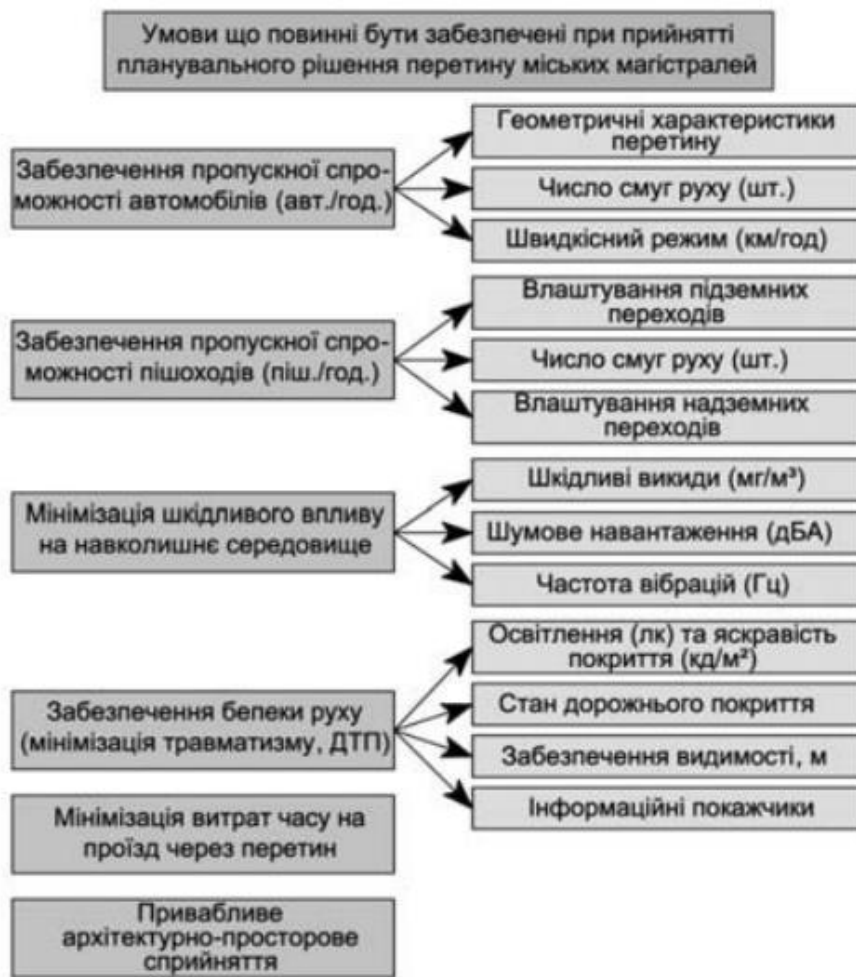


Рис. 13. Умови, що повинні бути забезпечені при прийнятті планувального рішення перетину міських магістралей

Кожна з цих умов є елементом що впливає на вибір інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей. Перші дві умови на цій схемі відносяться до технічних характеристик, а інші до соціальних характеристик. При виборі інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей в місті дуже важливим є питання соціальної ефективності цього перетину.

#### **Техніко-економічні показники.**

Техніко-економічна оцінка є одним з найголовніших показників при виборі інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей. При цьому використовуються приведені витрати – показник порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень, що застосовується при виборі

кращого з варіантів вирішення технічних і господарських завдань. Приведені витрати дають можливість визначити, не тільки який варіант краще, а й наскільки він краще в абсолютному вираженні (рис. 14).

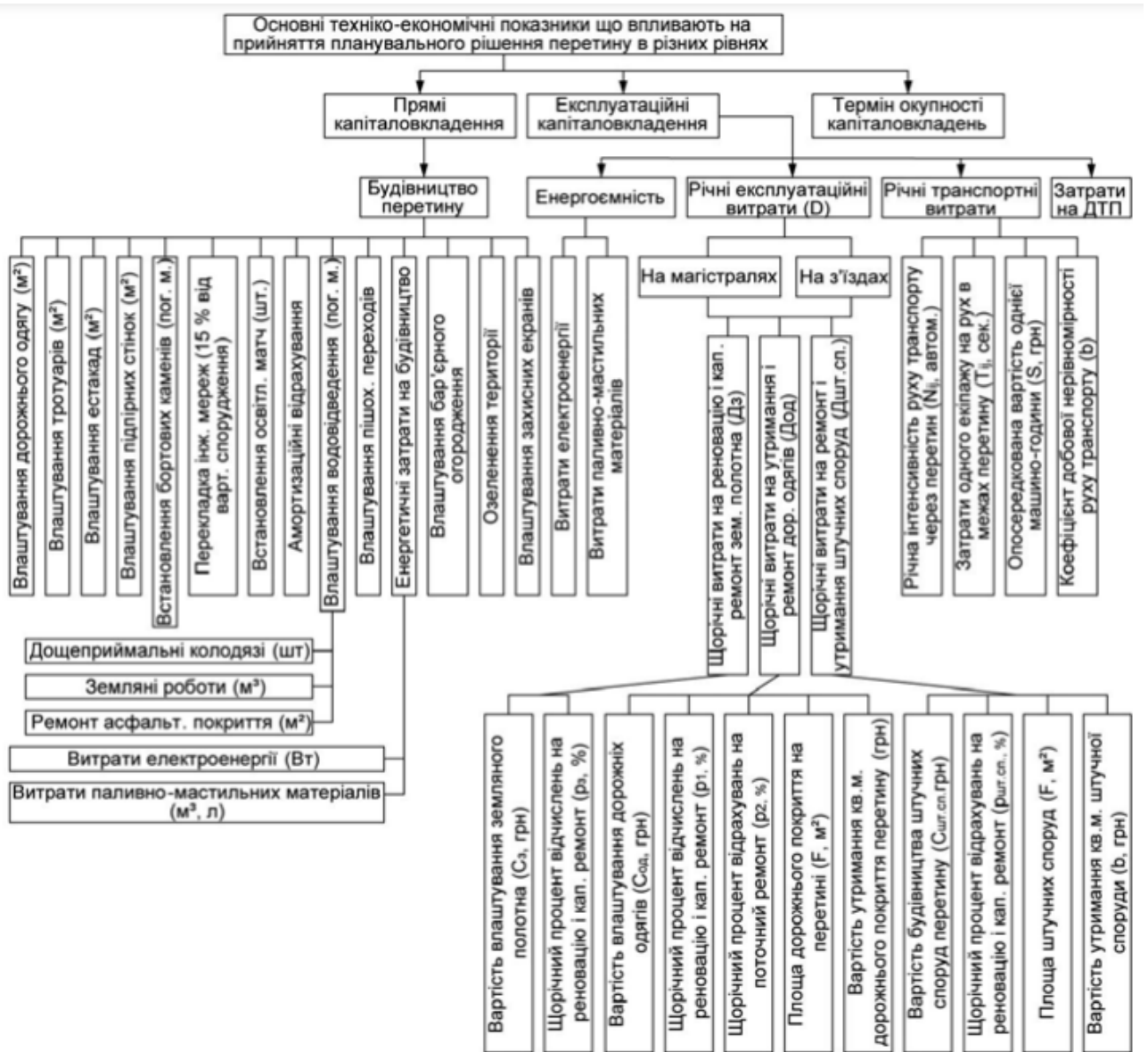


Рис. 14. Основні техніко-економічні показники, що впливають на прийняття планувального рішення перетину в різних рівнях

За економічним змістом приведені витрати являють собою вартість продукції, до якої входять як поточні витрати виробництва, так і одноразові витрати (капітальні вкладення), здійснені раніше, не реалізовані до моменту їх використання у виробництві. Поточні витрати мають річну розмірність (відносяться до даного року), а капітальні вкладення – разову (одноразову). Для приведення до однієї розмірності одноразові витрати помножуються на нормативний коефіцієнт ефективності.

Складність прийняття рішень по кожному конкретному перетину міських магістралей визначається різноманіттям факторів, що впливають на прийняття рішень, які часто суперечать один одному. В кожному конкретному випадку повинні бути визначені основоположні (пріоритетні) і супутні фактори. І в результаті на кінцевому етапі повинні бути приведені ТЕО.

Щорічний збиток, нанесений затримками транспорту економіці – дуже великий. Підвищення та вдосконалення організації дорожнього руху, насамперед, залежить від науково-обґрунтованих рішень, прийнятих при проектуванні елементів транспортної системи. Вищезазначене обумовлює розробку й теоретичне обґрунтування нових, більш об'єктивних методів обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей в різних рівнях.

Виникає необхідність встановлення пріоритетності (первинні чи вторинні) та виявлення взаємозв'язків факторів що розглядаються. На основі вищезазначеного аналізу проблем отримуємо задачі які потребують вирішення:

- Створення інформаційної моделі інженерно-планувальної структури дорожньо-транспортного перетину вулично-дорожньої мережі міст;
- Встановлення принципів та методів вибору інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей;
- Дослідження різноманітних умов і факторів які визначають обґрунтування інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей;
- Проведення досліджень структури стану показників і техніко-економічних параметрів перетинів міських магістралей;
- Формулювання моделі оцінки інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей;
- Розробка алгоритму визначення техніко-економічних показників інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей.

Оцінювання інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей з точки зору енерговтрат включає кілька ключових критеріїв[21]:

1. Середня швидкість руху транспорту: Оцінюється швидкість, з якою транспортні засоби можуть пересуватися через перехрестя. Більш плавний і безперервний рух знижує енерговитрати, оскільки зменшується кількість прискорень і гальмувань;

2. Час очікування на перехресті: Вимірюється час, протягом якого транспортні засоби змушені чекати на зелене світло або інші транспортні умови. Менший час очікування призводить до зниження споживання палива та відповідно енерговтрат;

3. Кількість зупинок і прискорень: Зменшення кількості зупинок і прискорень на перехресті сприяє економії енергії, оскільки ці маневри є енергоємними;

4. Оптимізація фаз світлофорів: Ефективне управління світлофорним регулюванням, яке мінімізує зупинки і дозволяє транспортним засобам рухатися без зупинок, також сприяє зниженню енерговтрат;

5. Потоки руху: Аналіз інтенсивності руху на перехресті для забезпечення оптимального розподілу транспортних потоків. Збалансовані транспортні потоки знижують навантаження на двигуни і, відповідно, енерговитрати;

6. Інтеграція альтернативних видів транспорту: Створення умов для безперервного руху велосипедистів та пішоходів, а також стимулювання використання громадського транспорту може знизити загальне споживання енергії в транспортній системі міста;

7. Інфраструктурні рішення: Впровадження спеціальних розв'язок, підземних переходів та естакад для розведення потоків руху на різних рівнях, що дозволяє уникнути зупинок на перехрестях;

8. Врахування екологічних факторів: Зниження забруднення повітря і шуму за рахунок зменшення кількості енерговитрат також є важливим критерієм оцінювання.

Всі ці критерії спрямовані на те, щоб мінімізувати енергетичні втрати і підвищити ефективність руху на перетинах міських магістралей, що сприятиме

загальному поліпшенню міської інфраструктури та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

Таким чином, можна зробити висновок, що до критеріїв оцінки інженерно-планувальних рішень, які напряду пов'язані з енерговтратами ми можемо віднести наступні:

- Характеристика за складом і обсягом прямих, ліво- та правоповоротних потоків транспорту у вузлі;
- Схема організації руху громадського транспорту на перетині;
- Інтенсивність та напрямки пішохідного руху на перетині.

2.3. Особливості визначення рівня енергоефективності для різних планувальних рішень перетинів міських магістралей.

Згідно ДБН В.2.3-5 «Вулиці та дороги населених пунктів» перетини міських магістралей поділяються на 2 основні групи: транспортні розв'язки в одному рівні та транспортні розв'язки в кількох рівнях.

До транспортних розв'язок в одному рівні відносять наступні (табл. 4):

Таблиця 4

Класифікація транспортних розв'язок в одному рівні

Перехрестя	Рух		Категорії вулиць, що перехрещуються
	транспорту	пішоходів та велосипедистів	
Нерегульовані	нерегульований, можливо каналізований	нерегульований	– міські вулиці місцевого значення; – вулиці сільських населених пунктів
З рухом по кільцю	саморегульований, як правило, каналізований; можливо регульований	нерегульований, можливо регульований	– міські вулиці місцевого значення; – магістральні вулиці районного значення; – магістральні вулиці загальноміського значення (у малих і середніх містах); – головні вулиці і дороги сільських населених пунктів; – вулиці сільських населених пунктів
Регульовані	регульований, можливо каналізований	регульований, можливо безперервний	– магістральні вулиці загальноміського та районного значення; – головні вулиці і дороги сільських населених пунктів

- **Нерегульовані** – цей тип перетину не має світлофорів, а рух регулюється знаками пріоритету ("роз'їзд", "головна дорога", "зупинка")

або розміткою;

- **Регульовані:** Цей тип перетину має світлофори, які регулюють рух транспортних засобів та пішоходів;
- **Кільцеві:** Цей тип перетину має круговий рух, де транспортні засоби рухаються по кільцевій дорозі, а пріоритет мають ті, хто вже їде по ній.

До транспортних розв'язок в кількох рівнях відносять наступні (табл. 5):

Таблиця 5

Класифікація транспортних розв'язок в кількох рівнях

Типи розв'язок	Клас перехрещення	Рух автотранспортних потоків	Рекомендована розрахункова швидкість на лівоповоротних з'їздах, км/год			Пішохідний рух
			у разі їх частки в потоці			
			< 0,15	0,15-0,30	> 0,30	
1	2	3	4	5	6	7
З повною розв'язкою руху в різних рівнях	I	Всі потоки безперервні та відокремлені	50	60	70	Безперервний, повністю відокремлений від усіх транспортних потоків
	II	Те саме	30	50	60	Те саме
	III	Усі прямі потоки безперервні та відокремлені. Поворотні потоки безперервні, але можуть мати ділянки суміщення	30	40	50	Безперервний, відокремлений на перехрещенні з прямими та основними потоками. Безперервний чи регульований на перехрещенні з іншими потоками
	IV	Всі прямі потоки безперервні, але можуть мати ділянки з поворотними потоками. Поворотні потоки регульовані чи саморегульовані	15	20	30	Те саме
1	2	3	4	5	6	7
З неповною розв'язкою руху в різних рівнях	V	Один прямий потік безперервний та відокремлений. Всі інші потоки регульовані чи саморегульовані. Частина поворотних потоків може бути відсутньою	15	10	–	Безперервний, відокремлений на перехрещенні з прямими потоками. Безперервний, регульований чи нерегульований на перехрещенні з іншими потоками
<b>Примітка.</b> Відокремленими потоками є ті, що не мають у межах транспортної розв'язки ділянок перестроювання (перехід з однієї смуги на іншу) і ділянок суміщення (рух потоків на одній смузі з наступним розгалуженням).						

- **З неповною розв'язкою руху в різних рівнях:** Цей тип перетину має один або два рівні, які частково розділяють потоки транспортних засобів, але не повністю їх розділяють;
- **З повною розв'язкою руху в різних рівнях:** Цей тип перетину має два або більше рівні, які повністю розділяють потоки транспортних засобів, що мінімізує конфлікти та підвищує пропускну здатність;

Методи оцінки енергоефективності транспортного потоку на перетині в одному рівні і на перетині в кількох рівнях мають свої специфічні відмінності. Ось ключові аспекти, що розрізняють ці методи:

Оцінка енергоефективності на перетині в одному рівні:

1. Аналіз заторів та часів очікування:

- Основним показником є середній час затримки для транспортних засобів на перетині;
- Оцінка частоти і тривалості червоних сигналів світлофорів, що сприяють витраті палива при очікуванні.

2. Оптимізація світлофорного регулювання:

- Використання моделей для налаштування світлофорних циклів з метою мінімізації затримок і простоїв;
- Адаптивне керування світлофорами на основі реальних даних про потік транспорту.

3. Вивчення впливу конфігурації перехресть:

- Вплив кількості смуг, наявності лівих і правих поворотів на енергоефективність руху;
- Оцінка ефективності різних типів перехресть (регульовані, нерегульовані, кругові).

4. Вплив на екологію:

- Розрахунок викидів парникових газів та інших забруднювачів від транспортних засобів, що очікують на перетині.

Оцінка енергоефективності на перетині в кількох рівнях:

1. Аналіз транспортних потоків на всіх рівнях:

- Оцінка швидкості та інтенсивності руху на різних рівнях (мости, тунелі, естакади);

- Моделювання та симуляція для визначення оптимальних маршрутів і розподілу потоків.

## 2. Вплив конструктивних особливостей:

- Оцінка енергоефективності конструкцій, включаючи матеріали, вентиляційні системи та освітлення;

- Аналіз витрат енергії на експлуатацію і підтримку інфраструктури (наприклад, енергія для освітлення тунелів).

## 3. Інтелектуальні транспортні системи (ITS):

- Використання ITS для координації руху між різними рівнями, мінімізації заторів і забезпечення плавного руху;

- Інтеграція сенсорів та автоматизованих систем керування для оптимізації транспортних потоків.

## 4. Врахування безпеки та комфорту:

- Аналіз безпеки руху на багаторівневих перетинах, включаючи аварійність і ризики для учасників дорожнього руху;

- Забезпечення комфортного руху для водіїв, пішоходів і велосипедистів.

## 5. Економічний та екологічний аналіз:

- Розрахунок витрат на будівництво і експлуатацію багаторівневих конструкцій;

- Оцінка екологічного впливу, включаючи зниження викидів завдяки безперервному руху на багаторівневих перетинах.

Спільні методи для обох типів перетинів:

## 1. Моделювання та симуляція:

- Використання програмних інструментів для створення моделей руху та оцінки різних сценаріїв;

- Аналіз даних з моделювання для виявлення вузьких місць та оптимізації потоків.

## 2. Моніторинг та аналіз даних:

- Збір даних про реальні транспортні потоки за допомогою сенсорів, камер та інших технологій;
- Використання цих даних для постійного вдосконалення системи керування рухом.

Методи оцінки енергоефективності на перетині в одному рівні зазвичай зосереджені на оптимізації роботи світлофорів та мінімізації затримок, тоді як методи для багаторівневих перетинів включають аналіз більш складних інфраструктурних рішень і інтеграцію інтелектуальних систем для управління транспортними потоками на різних рівнях.

#### 2.4. Методи підвищення енергоефективності транспортного потоку у межах перетину міських магістралей

В загальному, методи, що можуть використовуватись для підвищення енергоефективності перетинів магістралей у одному та різних рівнях спільні, але все ж таки кожен з наведених типів розв'язок має свої особливості.

Наприклад для підвищення енергоефективності в межах перетину в одному рівні можна використати наступні методи:

##### **1. Оптимізація світлофорного регулювання:**

- **Адаптивні світлофорні системи:** Використання інтелектуальних систем управління світлофорами, які змінюють режими роботи на основі реального часу та даних про поточний транспортний потік. Це дозволяє зменшити час затримок і підвищити пропускну здатність перехрестя;
- **Координація світлофорів:** Синхронізація світлофорів вздовж магістралі для створення "зеленої хвилі", що дозволяє транспортним засобам проїжджати кілька перехресть без зупинки.

##### **2. Інфраструктурні зміни:**

- **Розширення смуг руху:** Додавання додаткових смуг для зменшення заторів, особливо на під'їздах до перехресть;

- **Виділені смуги для громадського транспорту:** Створення спеціальних смуг для автобусів і тролейбусів, що дозволяє підвищити ефективність і швидкість громадського транспорту;
- **Пішохідні та велосипедні доріжки:** Впровадження безпечних пішохідних переходів і велосипедних доріжок, що сприяє зменшенню використання приватних автомобілів.

Для розв'язок в різних рівнях використовуються наступні методи:

### **1. Оптимізація проектування та будівництва:**

- **Інтелектуальне планування:** Проектування багаторівневих розв'язок з урахуванням майбутніх транспортних потоків та зростання трафіку. Це включає використання транспортного моделювання для оцінки ефективності різних варіантів проектування;
- **Використання сучасних матеріалів:** Застосування новітніх матеріалів для будівництва, що забезпечують довговічність і зменшують потребу в частих ремонтах, що може призводити до заторів.

### **2. Інфраструктурні покращення:**

- **Розподіл потоків:** Забезпечення ефективного розподілу транспортних потоків між рівнями розв'язки для уникнення заторів. Це включає введення додаткових смуг для злиття та розділення потоків;
- **Виділені смуги для громадського транспорту:** Створення окремих смуг для автобусів і тролейбусів, що дозволяє їм уникати заторів і покращує ефективність громадського транспорту;
- **Впровадження нових розв'язок:** Встановлення нових розв'язок або модернізація існуючих для підвищення пропускної здатності та зменшення заторів.

### **3. Організаційні заходи:**

- **Платний в'їзд:** Введення платного в'їзду до зони багаторівневих розв'язок у пікові години для зменшення навантаження на інфраструктуру;

- **Зони з обмеженим рухом:** Введення зон з обмеженням в'їзду для транспортних засобів з високим рівнем викидів для покращення якості повітря та зменшення заторів.

Також існують спільні для цих двох типів розв'язок методи підвищення рівня енергоефективності:

#### **Технологічні інновації:**

- **Системи моніторингу трафіку:** Використання камер, датчиків та інших технологій для постійного моніторингу та аналізу транспортних потоків. Це дозволяє оперативно реагувати на зміну умов руху та оптимізувати управління;
- **Інформаційні табло:** Встановлення електронних табло, які інформують водіїв про поточний стан руху, затори та пропонують альтернативні маршрути;

#### **Організаційні заходи:**

- **Регулювання швидкісного режиму:** Введення оптимальних швидкісних обмежень, які сприяють плавному потоку руху та зменшують витрату палива;
- **Зони з обмеженням в'їзду:** Введення зон з обмеженням в'їзду для вантажних автомобілів у години пік або для транспортних засобів з високим рівнем викидів.

#### **Пріоритет для громадського транспорту:**

- **Пріоритетні сигнали для громадського транспорту:** Встановлення систем, що надають пріоритет автобусам і тролейбусам на світлофорах, зменшуючи час їх очікування та покращуючи загальну енергоефективність;
- **Впровадження швидкісних автобусних маршрутів:** Створення швидкісних маршрутів з мінімальною кількістю зупинок і перешкод, що сприяє зменшенню загального часу в дорозі для пасажирів.

#### **Просвіта та заохочення:**

- **Інформаційні кампанії:** Проведення кампаній з інформування населення про переваги використання громадського транспорту, велосипедів та пішохідного руху;
- **Заохочення карпулінгу:** Пропаганда спільних поїздок на автомобілі, що зменшує кількість транспортних засобів на дорогах.

**Використання альтернативних джерел енергії:**

- **Енергоефективне освітлення:** Встановлення світлодіодних (LED) світлофорів та вуличного освітлення, що зменшує енергоспоживання;
- **Сонячні панелі:** Використання сонячних панелей для живлення світлофорних систем та іншої дорожньої інфраструктури.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В ході роботи над другим розділом роботи було розглянуто наступні питання:

- 1) Було наведено та описано основні методи вимірювання енергоефективності транспортного потоку;
- 2) Розглянуто критерії оцінки інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей, досліджено їх залежність від енерговтрат та вплив на енергоефективність;
- 3) Наведено особливості визначення енергоефективності для різних типів інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей;
- 4) Описано методи підвищення енергоефективності транспортного потоку у межах перетинів міських магістралей.

### РОЗДІЛ 3. Рекомендації та розрахунково-конструктивні рішення

3.1 Рекомендації по оцінці рівня енергоефективності на перетині в одному рівні.

Для оцінки рівня енергоефективності на перетині в одному рівні рекомендовано використовувати транспортне імітаційне мікромодельовання у програмному комплексі PTV Vissim[23]. Мікромодель перетину в одному рівні дасть нам змогу зробити аналіз, та з'ясувати показники, які необхідні нам для оцінки рівня енергоефективності, серед яких: середній час затримки; середня швидкість руху ТЗ; середня кількість зупинок ТЗ.

Про задовільний рівень енергоефективності перетину буде свідчити наступне:

- Середній час затримки мінімальний;
- Середня швидкість руху ТЗ наближена до дозволеної швидкості руху на перетині;
- Середня кількість зупинок ТЗ мінімальна.

Для розробки транспортної імітаційної мікромоделі у програмному комплексі PTV Vissim необхідно зібрати та задати вихідні дані (рис.15):

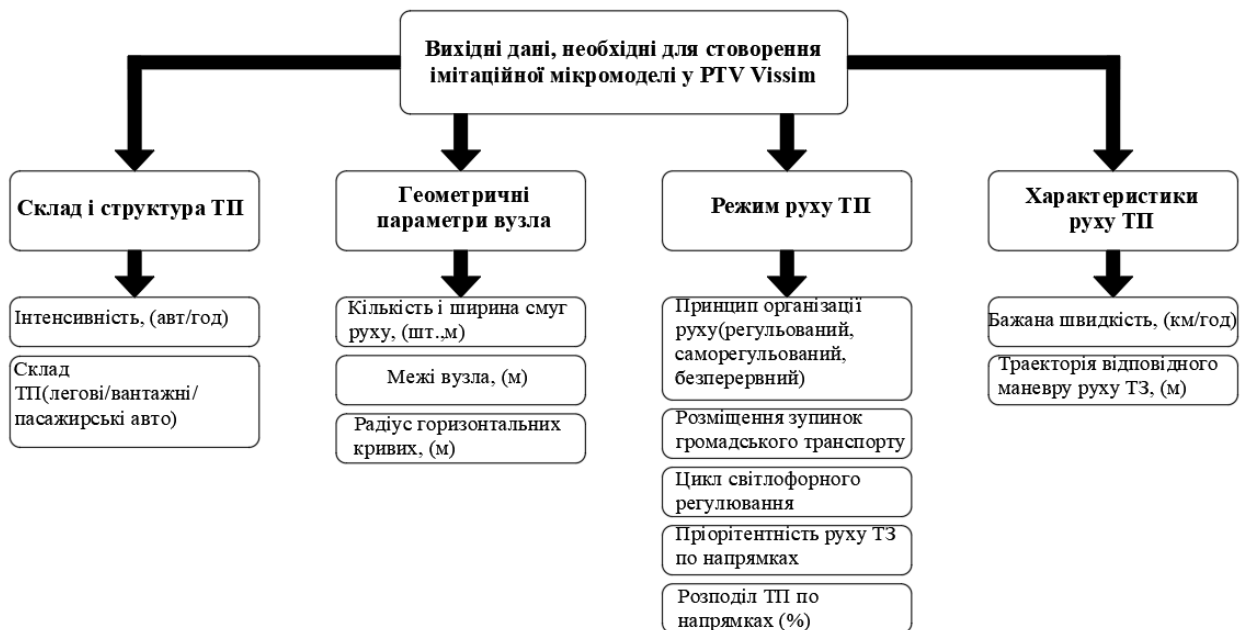


Рис. 15. Вихідні дані, необхідні для створення імітаційної мікромоделі

Після того, як імітаційна транспортна модель створена, необхідно налаштувати конфігурацію аналізу мережі, та запустити імітацію.

На рис.16 вказані пункти у списку атрибутів, які необхідно обрати та налаштувати для отримання необхідних даних аналізу моделі.

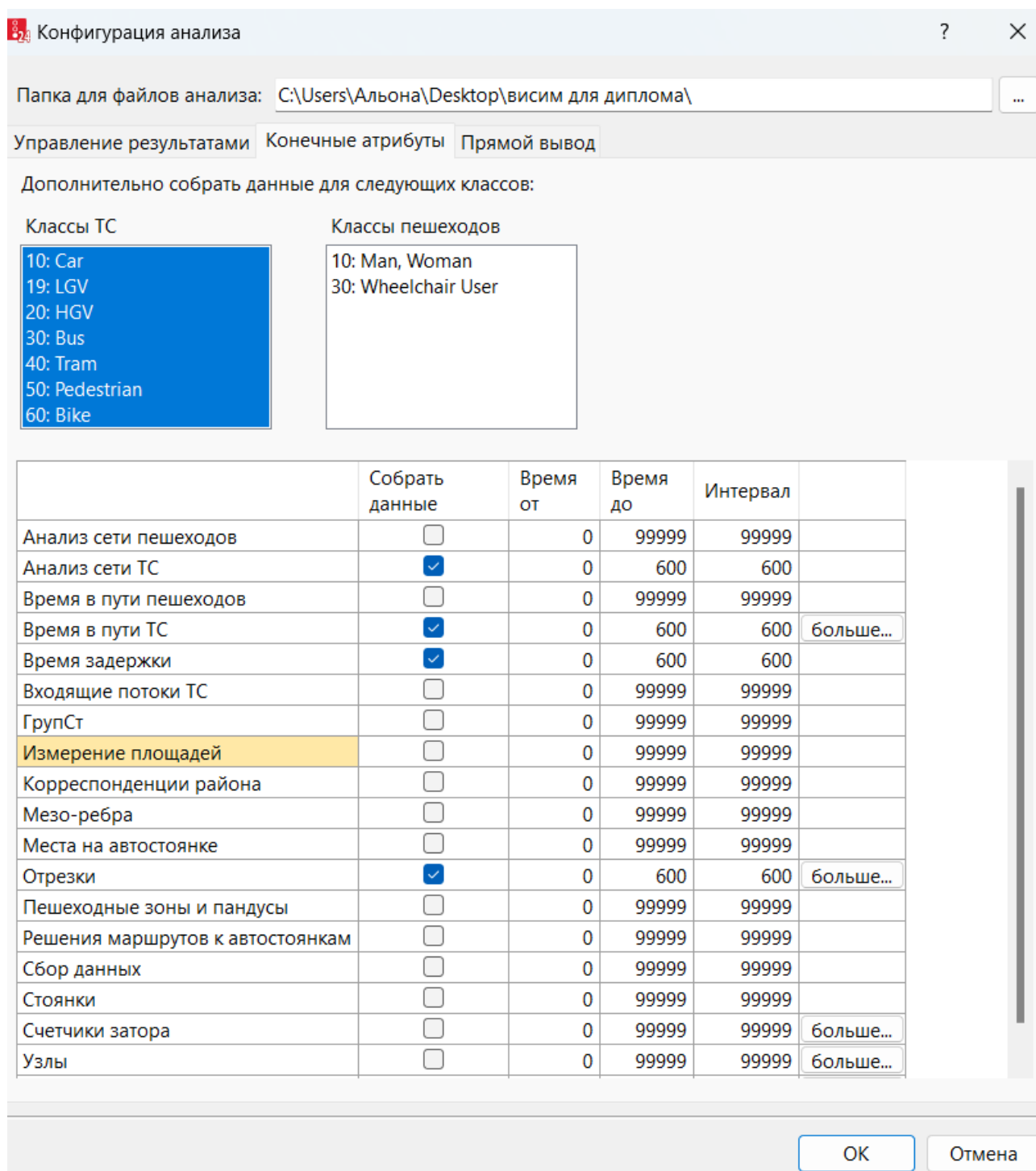


Рис. 16. Список атрибутів для налаштування даних аналізу моделі

Після циклу імітації маємо список результатів (Рис 17).

Результаты анализа сети ТС									
Число: 13	Цикл/Имит	ИнтВр	ВрЗадержСр(Все)	ВрЗадержСр(10)	ВрЗадержСр(19)	ВрЗадержСр(20)	ВрЗадержСр(30)	ВрЗадержСр(40)	ВрЗадержСр(50)
1	5	0-600	53,85	56,18	13,97	38,45			
2	6	0-600	3,57	3,57					
3	7	0-600	53,85	56,18	13,97	38,45			
4	8	0-600	53,85	56,18	13,97	38,45			
5	9	0-600	53,85	56,18	13,97	38,45			
6	10	0-600	53,85	56,18	13,97	38,45			
7	11	0-600	53,85	56,18	13,97	38,45			
8	12	0-600	53,85	56,18	13,97	38,45			
9	13	0-600	56,82	58,92	13,10	62,86			

Рис. 17. Список результатів аналізу мережі ТЗ

Зі списку результатів обираємо потрібні нам атрибути та заносимо у таблицю результатів аналізу:

	Середній час затримки	Середня кількість зупинок	Середня швидкість
Базова модель			
Проектний сценарій 1			
Проектний сценарій 2			

**3.2** Приклад оцінювання рівня енергоефективності на перетині в одному рівні вул. Стеценка – вул. І. Виговського.

#### Аналіз ролі перетину:

Вузол знаходиться в Україні, місті Києві, в Шевченківському та Подільському районах (рис. 18, 19).

Категорії вулиць, що перетинаються за генеральним планом транспорту:

Вул. Стеценка – магістральна вулиця загальноміського значення регульованого руху.

Вул. Виговського – магістральна вулиця районного значення.



Рис. 18. Схема перетину в одному рівні вул. Стеценка – вул. І. Виговського.



Рис. 19. Інтенсивність руху легкового транспорту в межах області моделювання (прив. од./год.)

## Поперечні профілі вулиць на підходах до перетину

Поперечні профілі на підходах до перетину мають наступний вигляд (рис. 20, 21, 22).

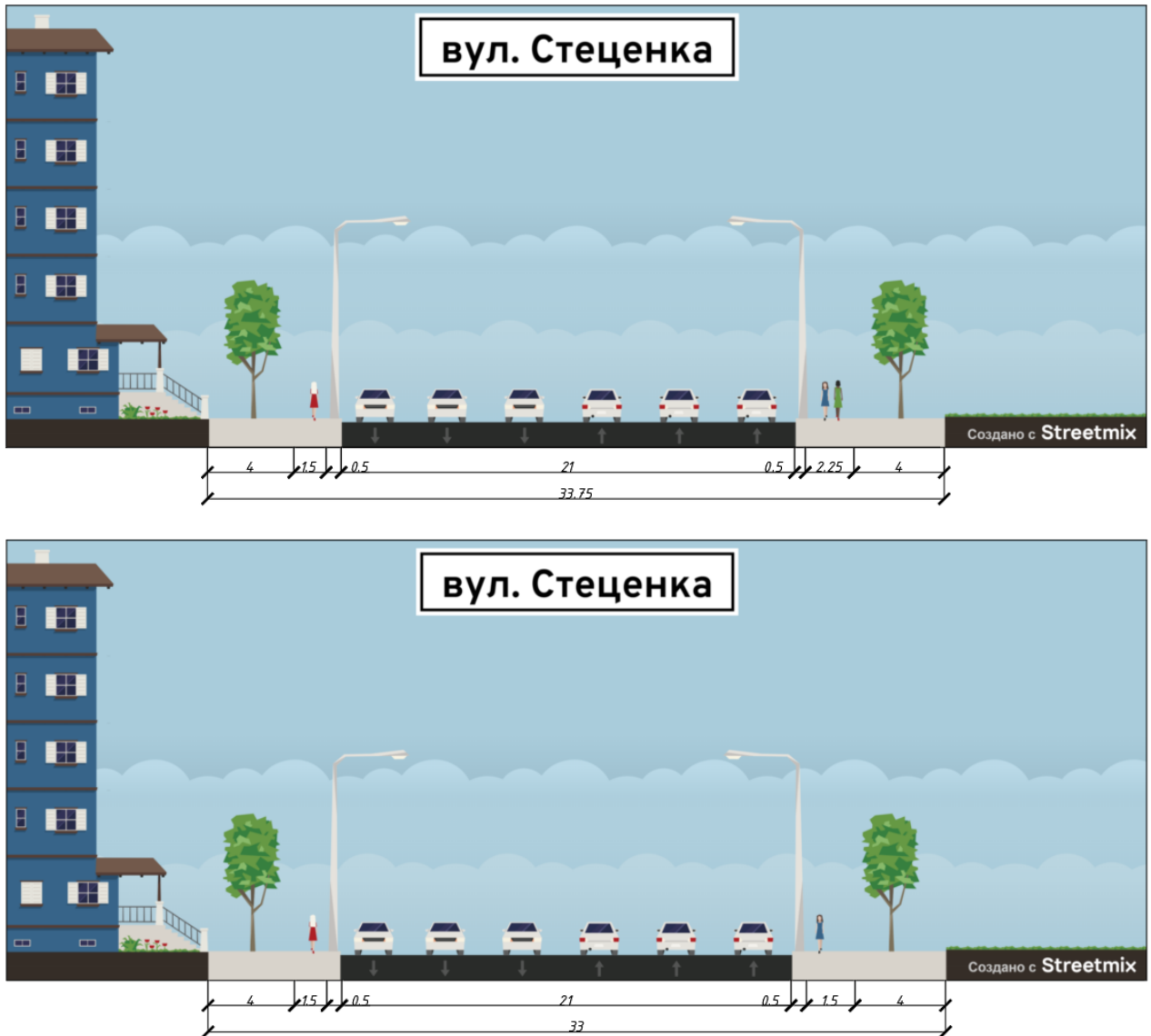


Рис. 20. Поперечні профілі на підходах до перетину (вул. Стеценка)



Рис. 21. Поперечні профілі на підходах до перетину вул. І. Виговського

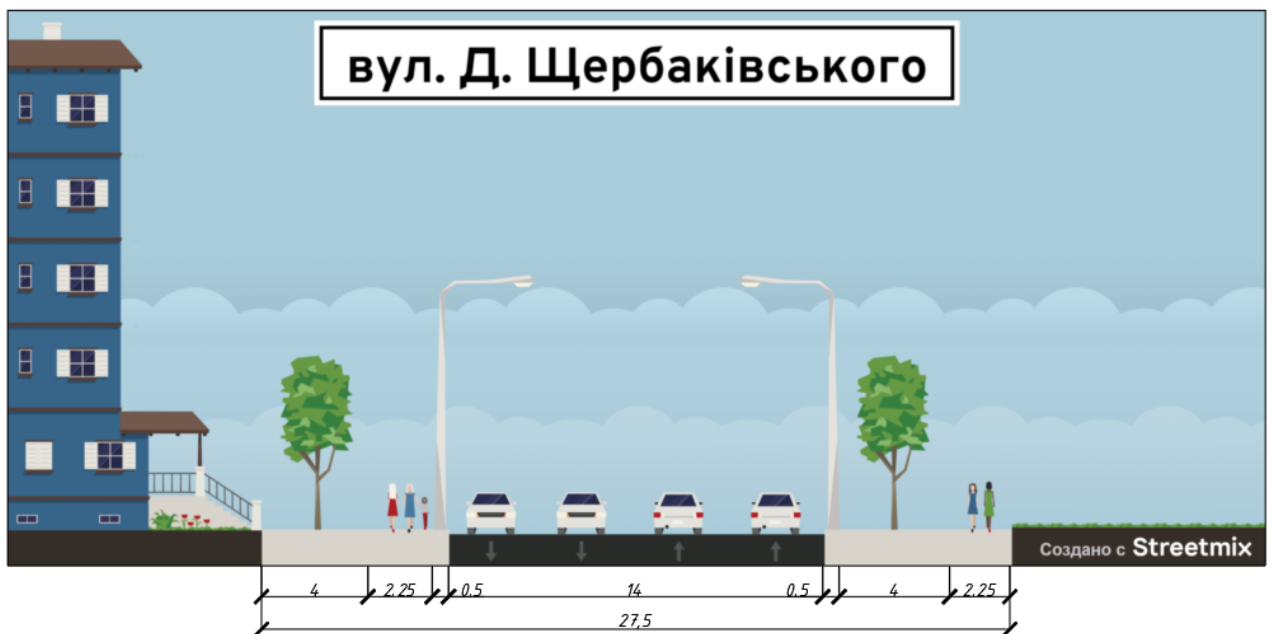


Рис. 22. Поперечні профілі на підходах до перетину вул. Д. Щербаківського

### Організація руху на перетині

На перетині рух регульований, регулюється світлосигнальними пристроями з наступним циклом роботи (рис 23, 24):

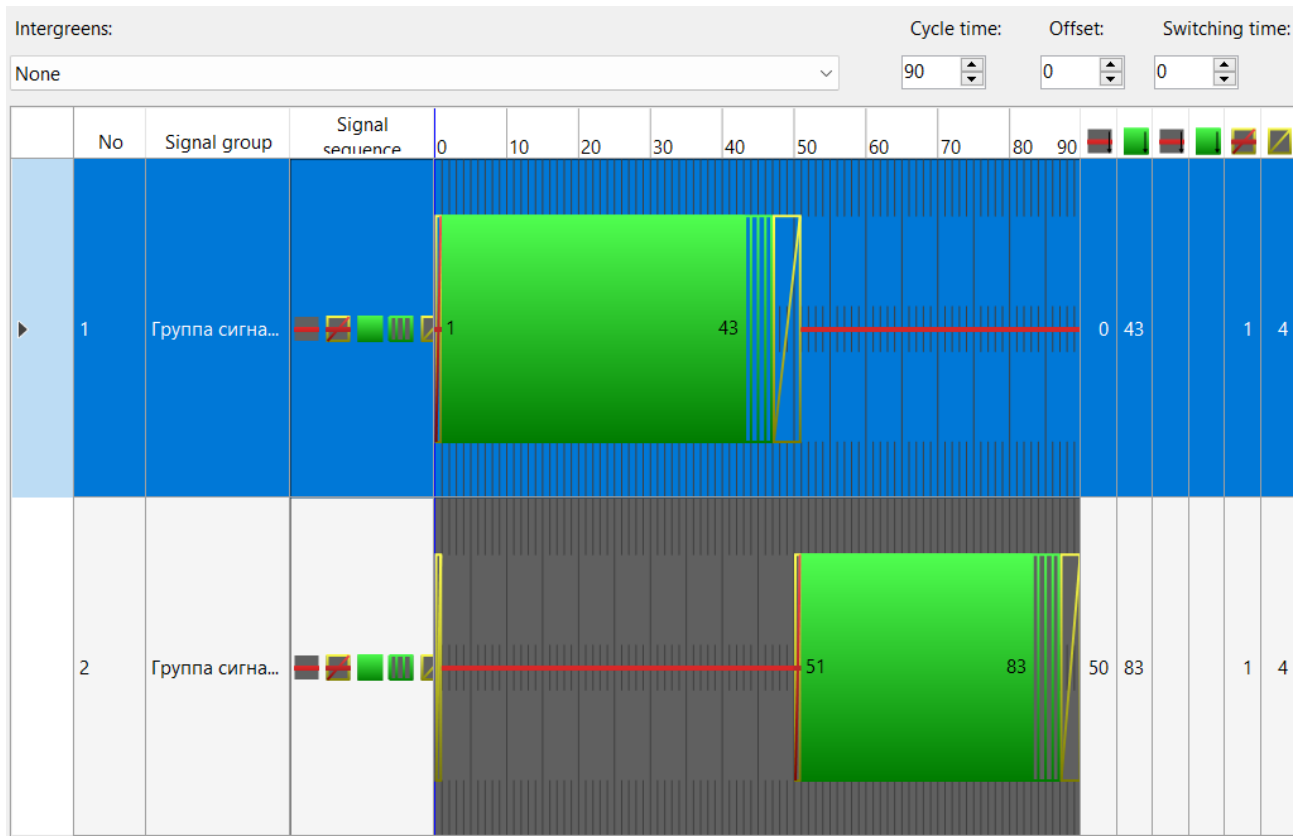


Рис. 23. Режим роботи світлофорів на перетині



Рис. 24. Перетин, вид зверху (існуючий стан)

Після циклу імітації заносимо дані аналізу в таблицю 6. Теплові карти швидкості, навантаження, щільності потоку та час затримки наведені у Додатку 1.

Таблиця 6

Дані аналізу після циклу імітації 1

	Середній час затримки	Середня кількість зупинок	Середня швидкість
Базова модель	91,17	3,81	17,42

Після аналізу існуючого стану, можна зробити висновок, що перетин не є досить ефективним, оскільки високим є середній час затримки на перетині, середня кількість зупинок, і доволі низька середня швидкість.

Для поліпшення стану та підвищення рівню енергоефективності на перетині пропонується внести наступні зміни:

- 5) Відкоригувати цикл світлофорного регулювання (рис. 25);
- 6) Додати клин відгону для правого повороту (рис. 26).

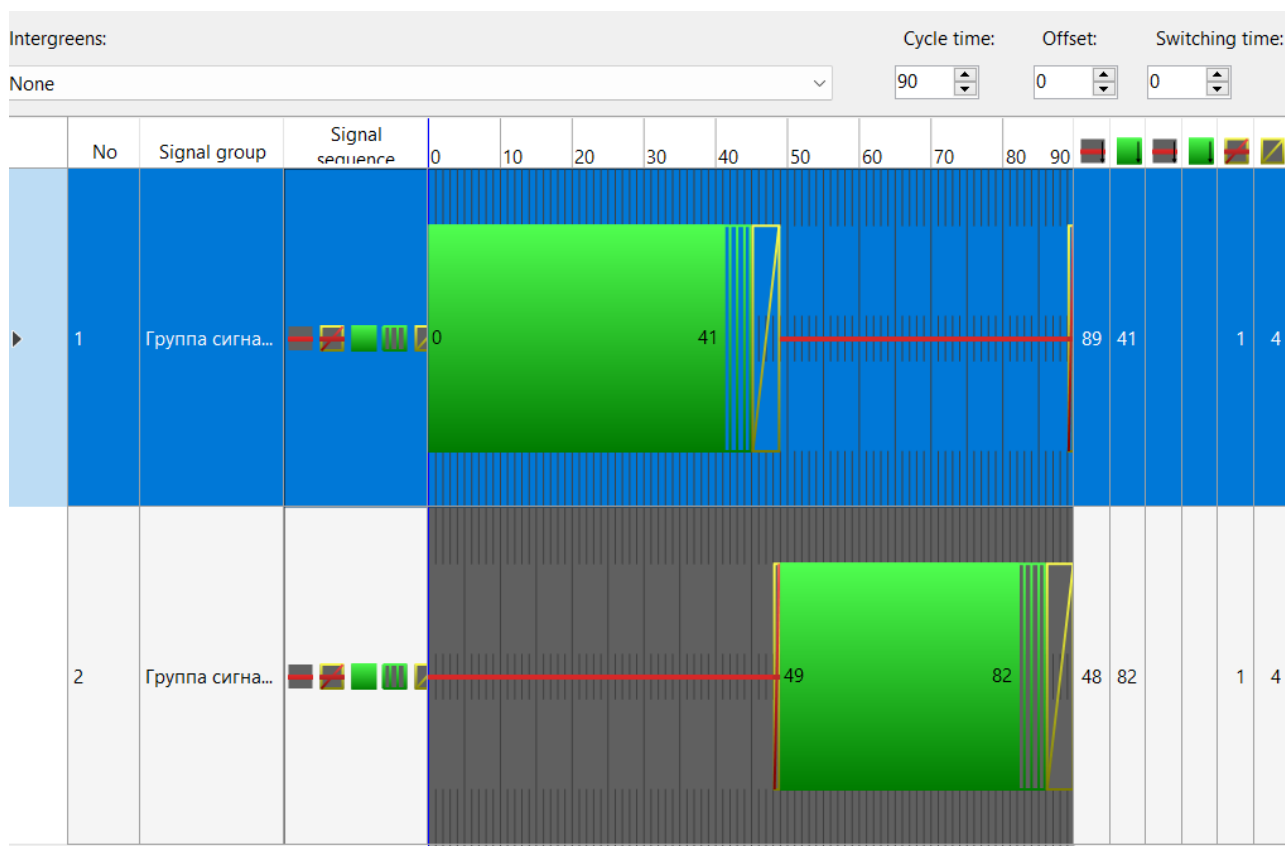


Рис. 25. Рекомендований режим роботи світлофорів на перетині



Рис. 26. Модель перетину після реконструкції

Після циклу імітації заносимо дані аналізу в табл.7. Теплові карти швидкості, навантаження, щільності потоку та час затримки наведені у Додатку 2.

Таблиця 7

Дані аналізу після циклу імітації 2

	Середній час затримки	Середня кількість зупинок	Середня швидкість
Базова модель	81,43	3,09	18,86

## **Висновки**

Аналізуючи та порівнюючи базовий та проектний сценарій можна стверджувати наступне:

- Зменшено середній час затримки у моделі на 10,68 %;
- Зменшено середню кількість зупинок транспортного потоку – на 18,89 %;
- Підвищено середню швидкість руху на 8,26%.

Таким чином можна зробити висновок, що у даній ситуації завдяки внесенню змін у геометрію перетину, а також регулюючи світлофорне регулювання, нам вдалося підвищити енергоефективність транспортного потоку в межах перетину міських магістралей.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі наукової роботи було висвітлено наступні питання:

- Надано рекомендації по оцінці рівня енергоефективності транспортного потоку на перетині в одному рівні за допомогою транспортного імітаційного мікромоделювання;
- Наведено приклад оцінювання рівня енергоефективності на перетині в одному рівні вул. Стеценка – вул. І. Виговського.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

У даній роботі нами було проведене дослідження, в ході якого ми проаналізували сучасний стан та проблеми транспортної галузі України, дослідили енергоефективність у сфері транспорту, стратегії та напрямки її розвитку, законодавчо-нормативну базу, яка визначає державну політику у сфері енергоефективності. Було розглянуто поняття транспортного потоку та його характеристик, досліджено та оцінено вплив характеристик і складу ТП на його енергоефективність, а також визначено фактори, які впливають на енергоефективність ТП.

Наступним кроком ми дослідили методи оцінювання енергоефективності ТП, критерії оцінки планувальних рішень перетинів міських магістралей, та їх зв'язок та вплив на енергоефективність та енерговтрати, а також особливості визначення рівня енергоефективності на різних типах планувальних рішень перетинів. Було також приведено методи підвищення енергоефективності ТП. Також було надано рекомендації по визначенню рівня енергоефективності на перетині в одному рівні за допомогою транспортного імітаційного мікромоделювання, та приклад такого оцінювання на прикладі перетину вул. Стеценка – вул. І. Виговського.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Байда О. Політики енергоефективності у країнах-членах ЄС. Київ, 2023. 54 с. URL: <https://internews.ua/storage/app/media/rang/2023%20event%20news/December/Report-Energy%20efficiency-in-EU-Countries.pdf>
2. Бакуліч О. О., Дзюба О. П., Єресов В. І. та ін. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник за ред. В.П. Поліщука. Київ. 2014. 467 с.
3. Бізнес оцінив стан розвитку транспортної інфраструктури в Україні. [European Business Association. Веб-сайт. URL: https://eba.com.ua](https://eba.com.ua)
4. Блудова Т. В. Транзитний потенціал України: формування та розвиток. Київ : НІПМБ, 2006. 274 с.
5. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій [чинний від 01.10.2019]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 185 с. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3260441209981634046?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3260441209981634046?doc_type=2)
6. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. 55 с. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3199686959802877315?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199686959802877315?doc_type=2)
7. Динаміка реального ВВП України у 1991-2023 рр. Growford Institute. Website. <https://www.growford.org.ua/infographic/dynamika-realnogo-vvp-ukrayiny-u-1991-2023-rr/>
8. Карась О. С. Стратегічні напрями формування, розвитку та розширення транспортної інфраструктури України Наука та інновації. 2019. Т. 15. № 6. С. 23–33. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/174110> (дата звернення: 23.02.2023).
9. Київ і забруднене повітря. Які можуть бути наслідки для здоров'я та як захиститися? Liga.net. веб-сайт. URL: <https://life.liga.net/poyasnennya/article/kiev-i-zagryaznennyy-vozduh-kakie-mogut-byt-posledstviya-dlya-zdorovya-i-kak-zaschititsya>

10. Новікова А. М. Україна в системі міжнародних транспортних коридорів. Київ: НІПМБ, 2003. 494 с.
11. Осетрін М. М., Беспалов Д. О., Дорош М. І., Тарасюк В.П. Транспортне моделювання як один із методів оцінки ефективності інженерно-планувальних елементів розв'язок в різних рівнях. Містобудування та територіальне планування. 2019. № 70. С. 417-430. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.70.417-430>
12. Осетрін М. М., Костенко Н.П. Значення показника енерговитрат транспортного потоку в системі оцінки рівнів обслуговування вулично-дорожньої системи міста. *Вісник НУВГП*. 2021. №2. С. 41-49. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/22291/1/Vt945%20%281%29.pdf>
13. Осетрін М. М., Карпенко О.В. Принципи і методи обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей. Містобудування та територіальне планування. 2016. Вип. 51. С. 401-407. <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f254f949-eef4-4f99-ba7d-f87f0811d0c2/content>
14. Осетрін М. М., Селезньова О. С., Економічна оцінка, як умова прийняття рішення щодо визначення принципу організації руху транспорту та пішоходів на перетинах міських магістралей. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2017. Вип 48. С. 242-249.
15. Проект Плану відновлення України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf> (дата звернення: 22.02.2023)
16. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>
17. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>

18. Пусева М. В. Стратегічні напрями відновлення та розвитку транспортної інфраструктури України. *Економіка та суспільство*, 2023. Вип. 49. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/2322/2242/>
19. Рогозян Ю. С. Складові та елементи транспортної системи регіону. *Ефективна економіка: електронний журнал*. 2015. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5744>
20. Стан і пріоритети розвитку транспортної інфраструктури. Logistics in Ukraine: веб-сайт. URL: <https://logistics-ukraine.com> (дата звернення: 20.02.2023)
21. Тарасюк В. Енергетична оцінка як критерій обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. 2018. № 11 URL: <http://energy.nzeb.com.ua/article/view/141756>
22. Тарасюк В. П. Принципи і методи оцінки впливу енерговитрат транспортного потоку при обґрунтуванні вибору інженерно-планувального рішення транспортно-планувальних вузлів (на прикладі м. Києва): дис канд. техн. наук: 05.23.20. Київ, 2018. 150 с.
23. Транспортне імітаційне мікромодельювання: методичні вказівки / Т65 уклад.: М.М. Осетрін та ін. Київ: КНУБА, 2021. 26 с.
24. Фінансово-економічні наслідки війни. LB.ua. Веб-сайт. URL: <https://lb.ua/society>
25. World Energy Outlook 2010. *International Energy Agency*. Paris, 2010. 738 p.

## **ДОДАТКИ**



Рис. А.1 Теплова карта «Час затримки», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, існуючий стан.

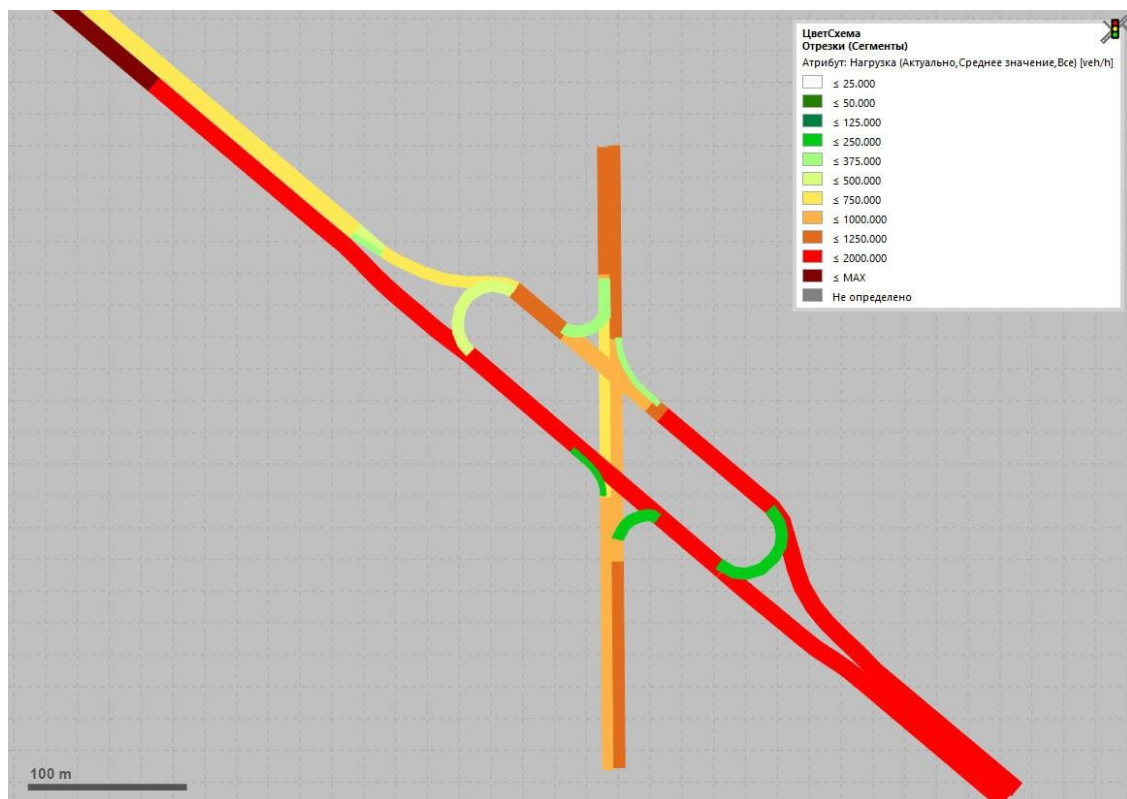


Рис. А.2 Теплова карта «Навантаження», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, існуючий стан.

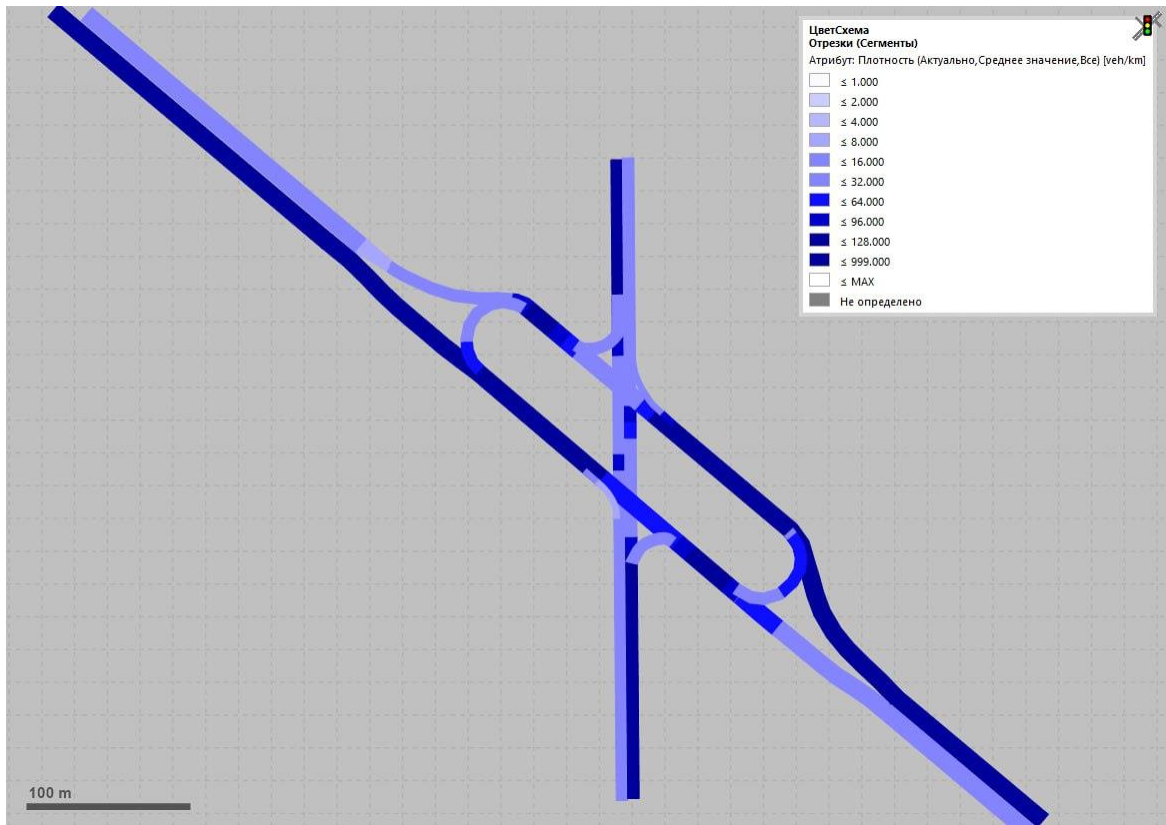


Рис. А.3 Теплова карта «Щільність», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, існуючий стан.

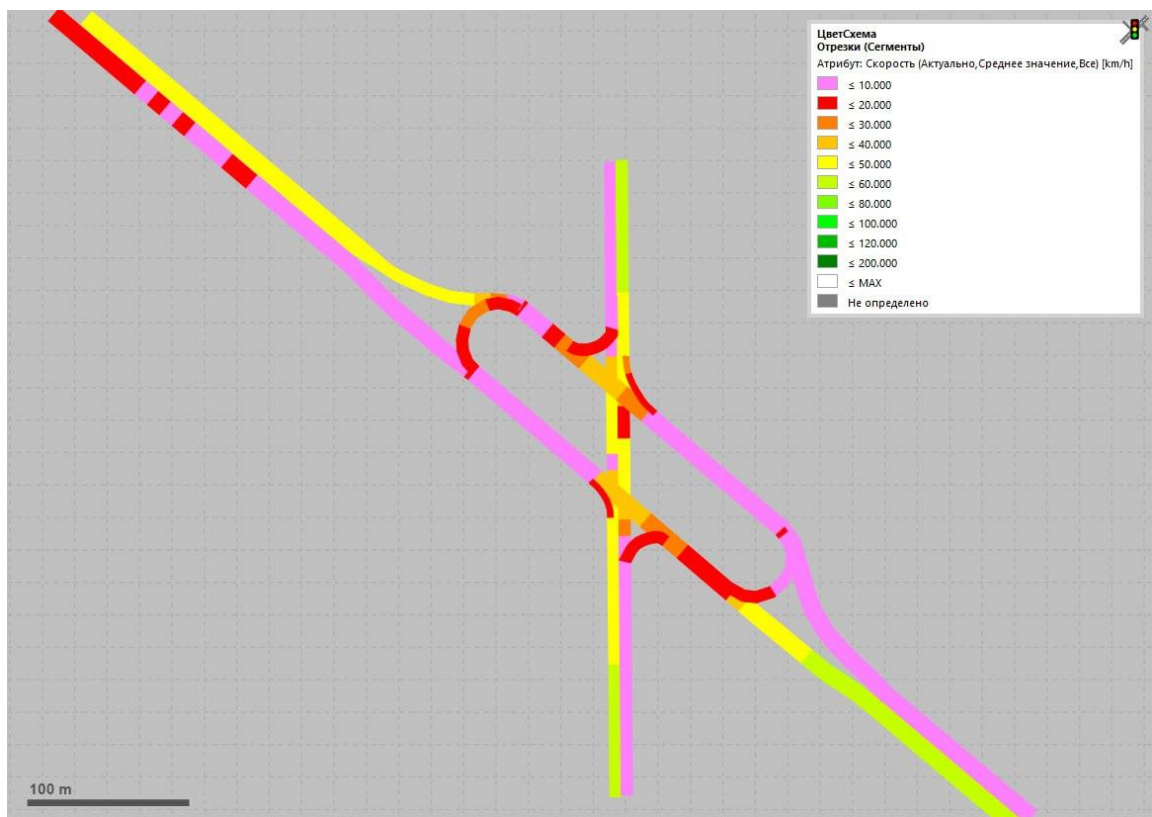


Рис. А.4 Теплова карта «Швидкість», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, існуючий стан.



Рис. А.5 Теплова карта «Час затримки», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, проектний стан.

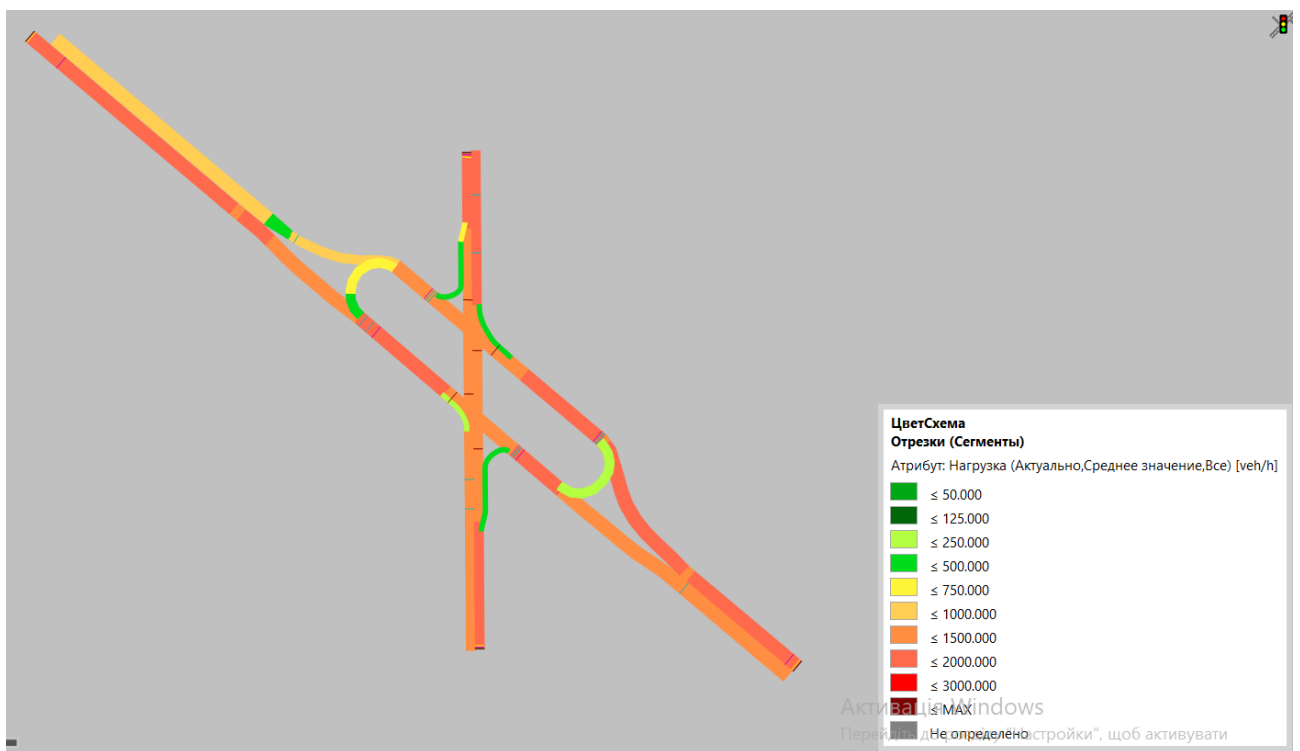


Рис. А.6 Теплова карта «Навантаження», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, проектний стан.

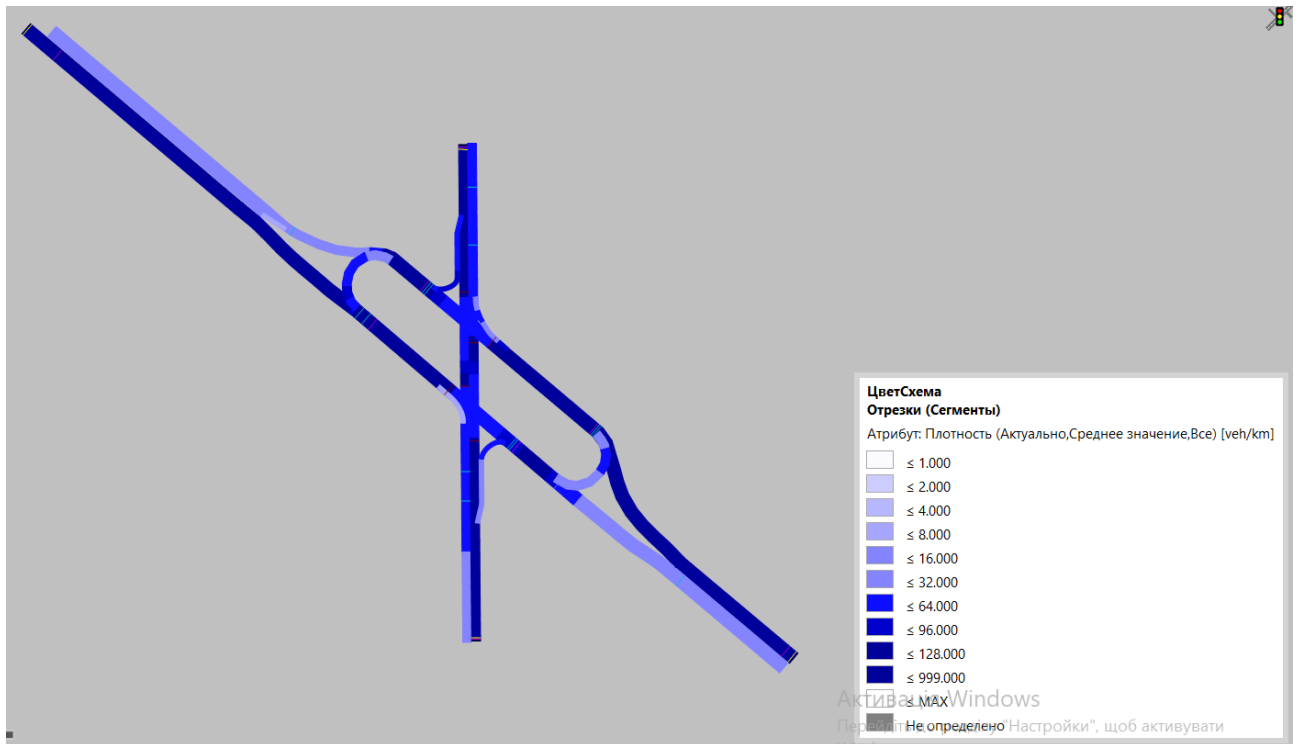


Рис. А.7 Теплова карта «Щільність», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, проектний стан.

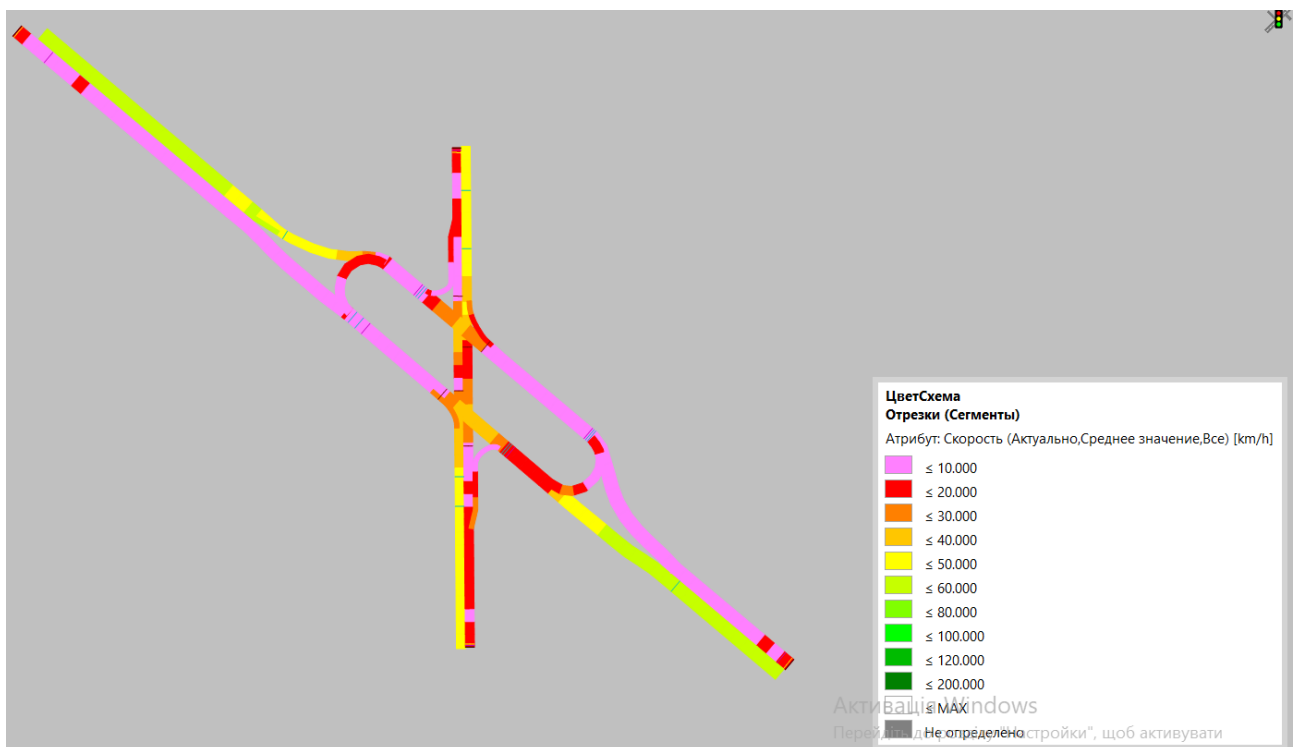


Рис. А.8 Теплова карта «Швидкість», перетин вул. Стеценка – вул. І. Виговського, проектний стан.