КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет урбаністики та просторового планування

Кафедра міського будівництва

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
Доц. Приймаченко О.В. _____

_____

«____»_____ 2025р

Пояснювальна записка

До кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему

«Підвищення рівня енергоефективності на перетині вул. Соломянська – Соломянська площа у м. Києві»

Виконала: студентка 4 курсу групи МБГ-22с
Галузь знань: 19 « Архітектура та будівництво»
Спеціальність:
192 « Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП: «Міське будівництво та господарство»

Шешеня В.О.
Керівники:
професор Осетрін.М.М.

ст.викладач Беспалов Д.О.

м. Київ – 2025

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: урбаністики та просторового планування

Кафедра: міського будівництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність: 192 « Будівництво та цивільна інженерія»

ОПП: «Міське будівництво та господарство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, доц. Приймаченко О.В.

_____

« » _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТКИ

Шешені Валерії Олександрівні

1. Тема проекту: «Підвищення рівня енергоефективності на перетині вул. Солом'янська – Солом'янська площа у м. Києві»

керівник проекту: к.т.н. проф. Осетрін М.М. , ст.викл. Беспалов Д.О.

затверджені наказом вищого навчального закладу №587/25/25 від 14.05.2025 року

2. Термін подання студентом проекту *16.05.2025*

3. Вихідні дані до проєкту*:*

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

№ розділу	Найменування розділів пояснювальної записки	Орієнтовний об’єм пояснювальної записки (аркушів ФА4)
1	Вступ	≤ 3
2	Аналітичний розділ	≤ 30
3	Розрахунково-проєктний розділ	≤ 30
4	Конструктивний розділ	≤ 10
5	Висновки	≤ 5
6	Список літератури	≤ 2
	Разом:	≤ 80

5. Перелік графічних матеріалів проекту

№ розділу	Найменування розділів проєкту	Об’єм креслень (аркушів ФА1)
1	Оцінка роботи перетину (існуюче положення)	1
2	Проєктні пропозиції перетину магістралей	1
3	Поперечні профілі	1
4	Транспортне моделювання проєктної пропозиції	1
5	Поздовжні профілі перетину магістралей	1
6	Вертикальне планування перетину магістралей	1
7	Конструктивні рішення та висновки	1
	Разом:	7

6. Дата видачі завдання : 02.05.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ розділу з/п	Етапи дипломного проекту	Термін виконання етапу	Примітки
1	Видача завдання	02.05.2025	
2	Збір вихідних даних	12.05.2025	
3	Робота над графічною частиною проекту	10.06.2025	
4	Оформлення пояснювальної записки	13.06.2025	
5	Подача на рецензію та перевірку на плагіат	16.06.2025	
6	Захист проекту	25.06.2025	

Студент _____ Шешеня В.О.
(підпис)

Керівники проєкту _____ Осетрін М.М.
(підпис)

_____ Беспалов Д.О.
(підпис)

Зміст

1. ВСТУП 6

2. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ 8

2.1. Аналіз існуючого положення стану організації руху на перетині вул. Солом'янська та Солом'янська площа 9

2.2. Чинна нормативна база України та ЄС щодо енергоефективності транспортної інфраструктури 15

2.3. Оцінка енергоефективності 17

3. РОЗРАХУНКОВО-ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ 18

3.1. Проектні пропозиції перетину 19

4. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ 25

4.1. Енергоощадне освітленн перетину 26

4.2. Озеленення для покращення мікроклімату та енергоефективності 29

4.3. Енергоефективні зупинки громадського транспорту 30

4.4. ВИСНОВКИ 34

4.5. **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 36**

Вступ

Сучасні тенденції розвитку міст передбачають інтеграцію принципів сталого розвитку, що включає підвищення рівня енергоефективності транспортної інфраструктури. В умовах глобальних кліматичних змін, підвищення цін на енергоресурси та необхідності зменшення викидів парникових газів питання енергоефективності в транспортній сфері набуває особливої актуальності.

Перетин вул. Солом'янська та Солом'янської площі є одним із важливих транспортних вузлів міста Києва. Його функціонування впливає на ефективність роботи значної частини вулично-дорожньої мережі району. Щоденна інтенсивність руху на перетині формує значне навантаження на інженерну інфраструктуру та призводить до високого рівня енергоспоживання, зумовленого роботою світлофорних об'єктів, систем освітлення, сигналізації, а також затримками транспорту, що сприяють перевитраті пального.

Згідно з європейськими та національними нормативними документами, підвищення енергоефективності транспортної інфраструктури є одним із ключових напрямів забезпечення сталої мобільності у містах. У ДБН В.2.3-5:2018 зазначено необхідність впровадження сучасних енергоощадних технологій під час реконструкції транспортних вузлів та вулично-дорожньої мережі [1]. Рекомендації NACTO та CROW підкреслюють важливість інтеграції енергоефективних рішень під час модернізації міських перехресть [11-12].

Актуальність теми. Проблематика підвищення енергоефективності на перетині вул. Солом'янська та Солом'янської площі обумовлена:

- високою інтенсивністю руху, що призводить до значного споживання енергії та підвищених викидів забруднювальних речовин у навколишнє середовище;
- застарілими системами освітлення та управління рухом, які не відповідають сучасним вимогам енергоощадності;

- необхідністю підвищення безпеки руху за рахунок використання інтелектуальних транспортних систем (ІТ С) із низьким енергоспоживанням;

Підвищення рівня енергоефективності перетину дозволить не лише зменшити витрати міського бюджету на утримання транспортної інфраструктури, але й сприятиме зниженню негативного впливу транспорту на довкілля, покращенню якості життя мешканців району.

Об'єкт - перетин вул. Солом'янська та Солом'янська площа у місті Києві.

Предмет - підвищення рівня енергоефективності на перетині.

Мета – підвищення рівня енергоефективності на перетині вул. . Солом'янська та Солом'янська площа.

Поставленні задачі:

1. Проаналізувати чинну нормативну базу України та ЄС щодо енергоефективності транспортної інфраструктури.
2. Виконати обстеження існуючого стану перетину, визначити основні джерела енергоспоживання
3. Розробити інженерно-планувальні рішення, що сприятимуть зниженню енергоспоживання
4. Запропонувати модернізацію систем зовнішнього освітлення із застосуванням енергоощадних джерел світла (LED-технології)
5. Передбачити інтеграцію ІТС для управління рухом із використанням енергоефективного обладнання;
6. Оцінити ефективність запропонованих рішень за показниками зменшення енергоспоживання та покращення безпеки дорожнього руху.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Керівники: _____
(підпис, дата)

_____
(підпис, дата)

1.1. Аналіз існуючого положення стану організації руху на перетині вул. Солом'янська та Солом'янська площа

Перетин вул. Солом'янська та Солом'янської площі є одним із ключових транспортних вузлів Солом'янського району м. Києва. Він забезпечує зв'язок між центральною частиною міста та важливими районами, зокрема Чоколівкою, Караваєвими Дачами, Відрадним.

Солом'янська площа історично склалася як важливий транспортний вузол, що обслуговує значний потік приватного і громадського транспорту, пішоходів. Перетин входить до складу вулично-дорожньої мережі загальноміського значення та підпорядковується вимогам ДБН В.2.3-5:2018 [1].

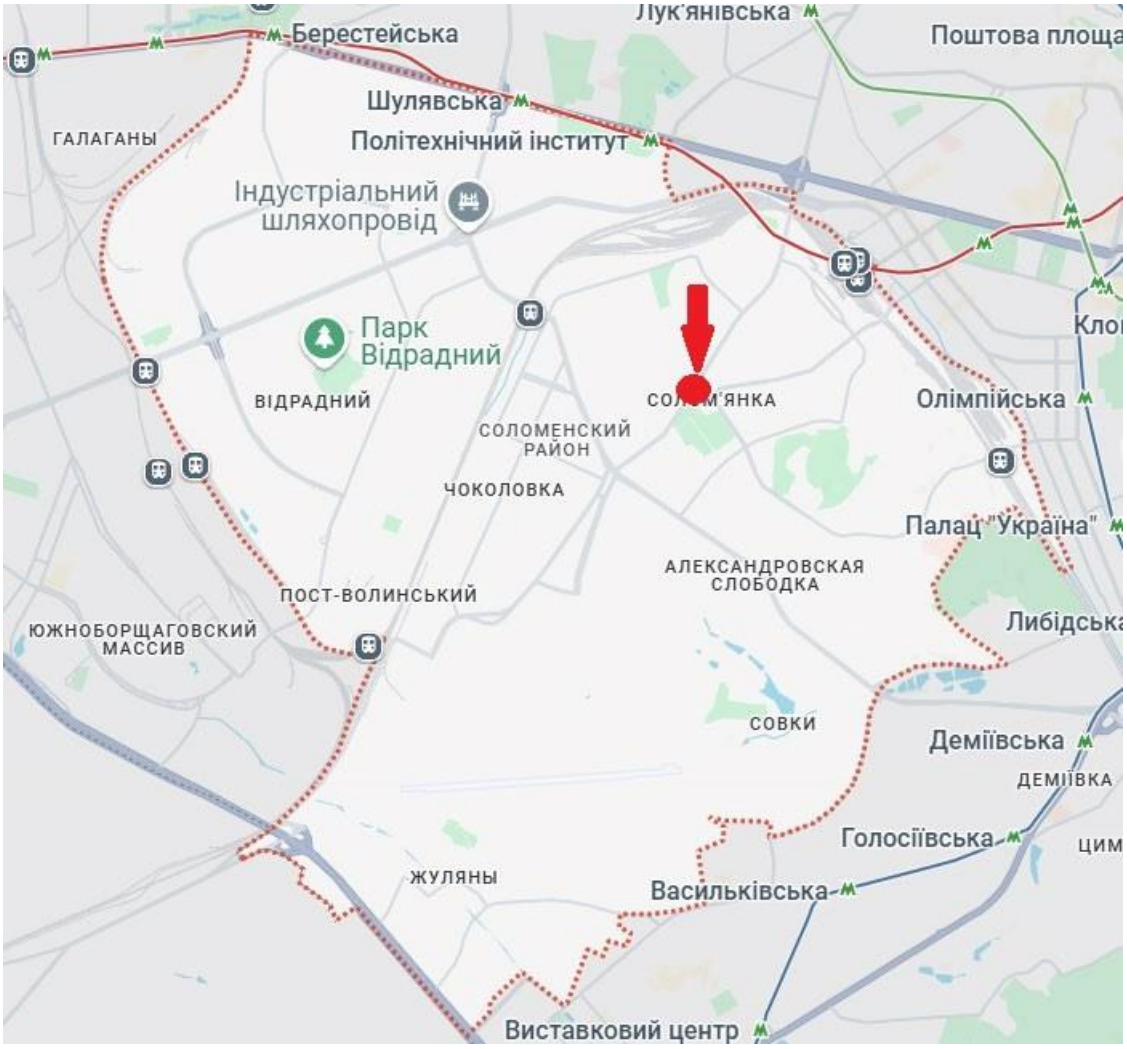

Рис. 1.1. Місце положення перетину у межах Солом'янського району

Перетин вул. Солом’янської та Солом’янської площі обслуговується маршрутами:

- тролейбусу : №8, №9К, №17, №19, №35, №40, ;40к;
- автобуси : №69, №119, №302, №368, №805;
- маршрутні таксі : №223, №401, №496, №499.

Зупинки громадського транспорту розташовані без заїзних кишень, що створює додаткові затримки потоку транспорту. Відсутній пріоритет для громадського транспорту у фазах світлофорного регулювання.

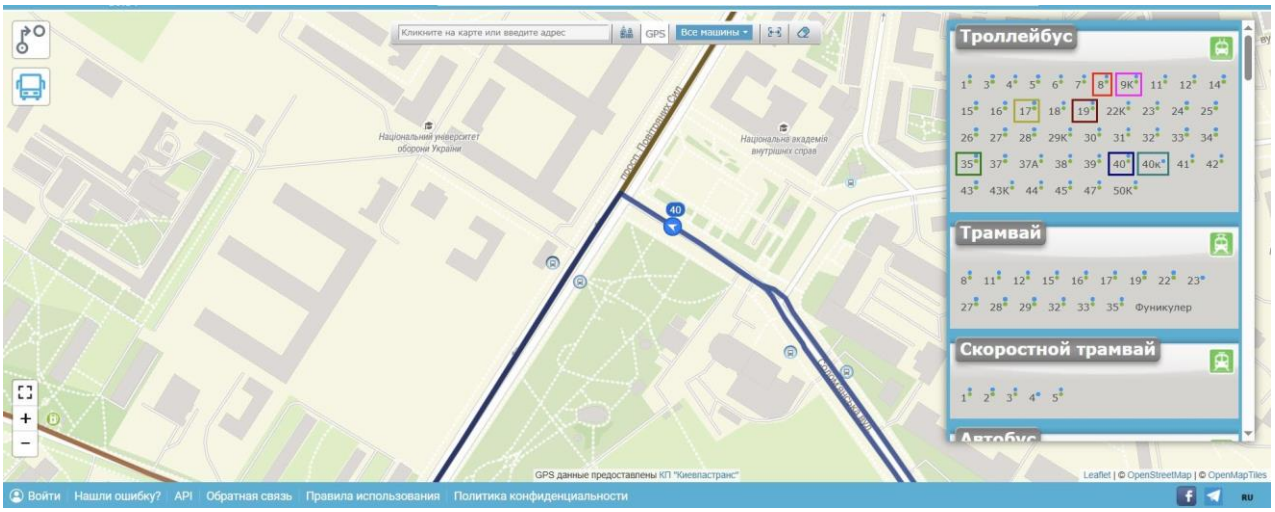

Рис. 1.2. Схема руху тролейбусів у межах перетину

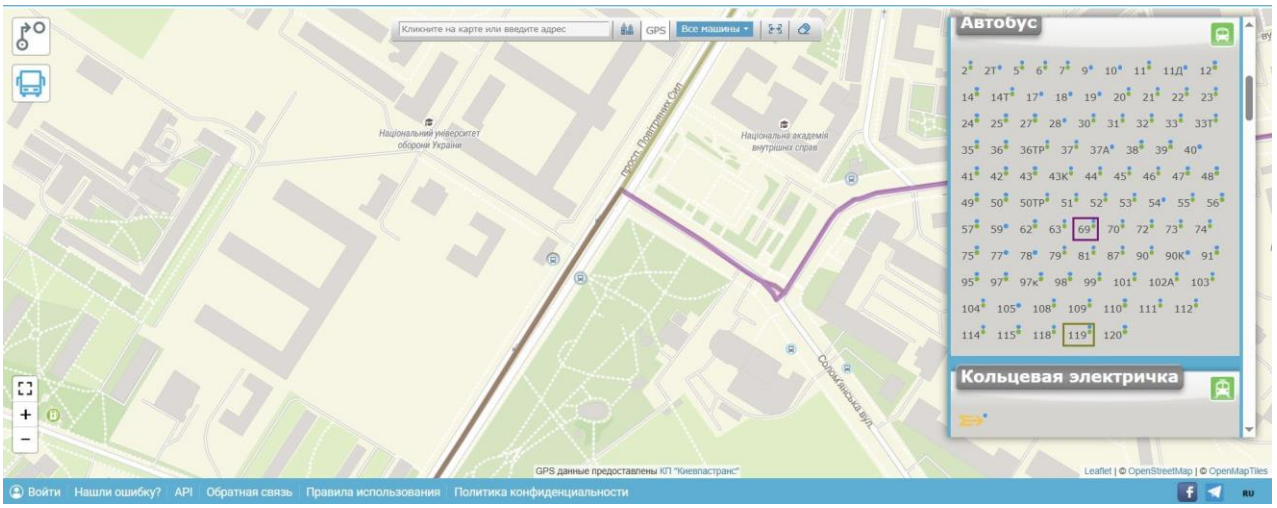

Рис. 1.3. Схема руху автобусів у межах перетину

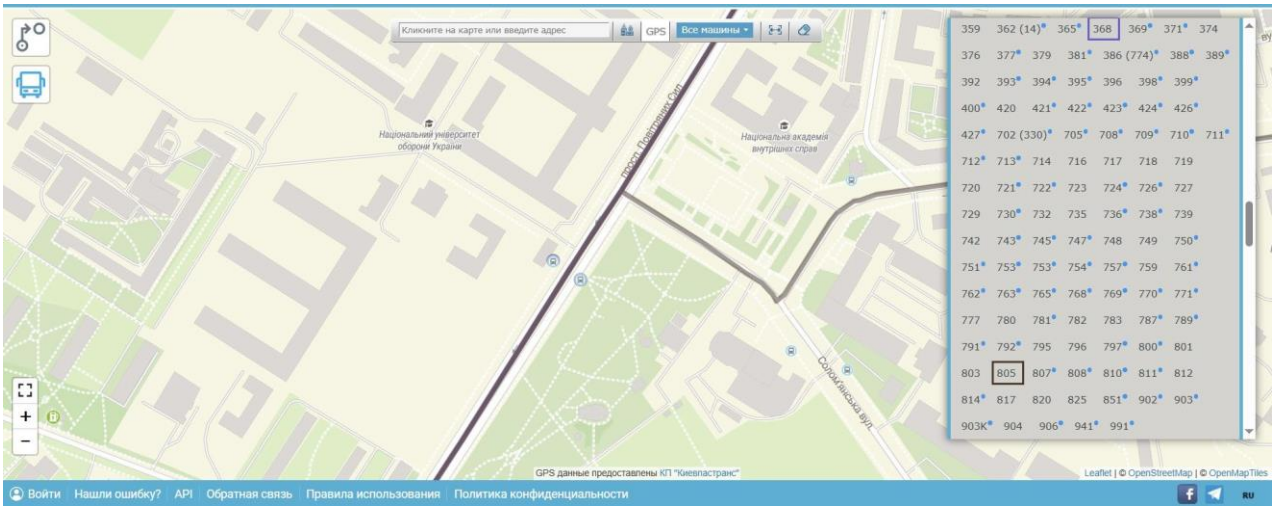

Рис. 1.4. Схема руху приміських автобусів у межах перетину

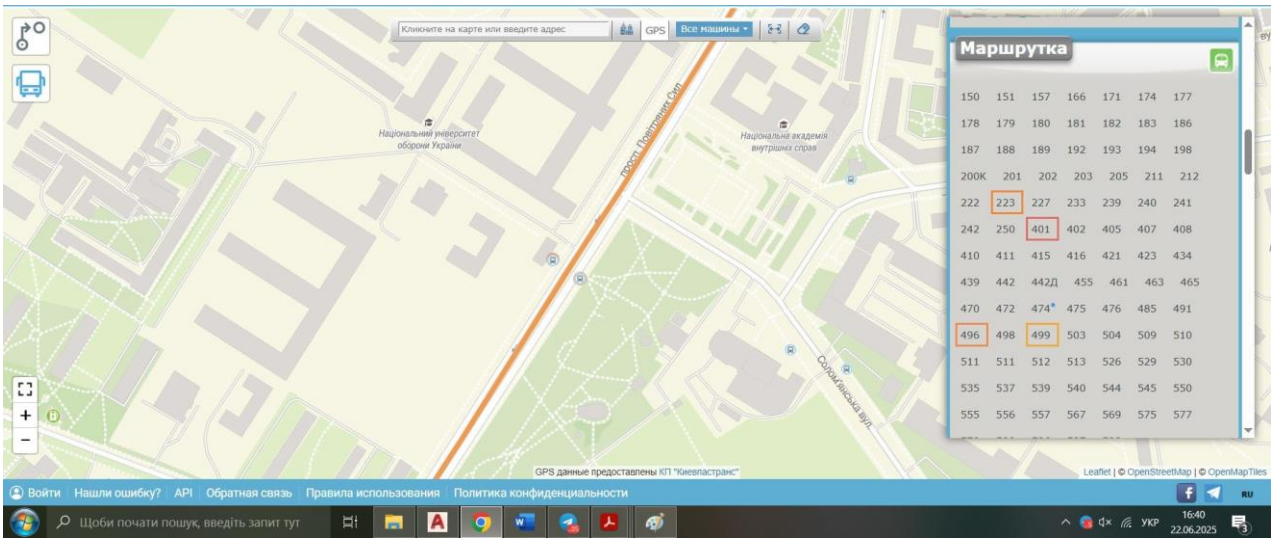

Рис. 1.5. Схема руху маршрутного таксі у межах перетину

Існуюча робота перетину висвітлена на рис. 1.6-1.9 - це є результати транспортного моделювання. Безпосереднє зображення імітаційної моделі зображено на рис. 1.10. Показники котрі були отримані в результаті моделювання сформовано та записано до таблиці 1.

Табл.1.1. Показники рівня обслуговування

Атрибут	**Існуюче положення**	
	Показн. мережі	**Рівень (LOS)**
Середній час затримок	25,14	**С – помірна затримка, помітний вплив перехрестя**
Середня швидкість	16,18	
Кількість зупинок	1,06	

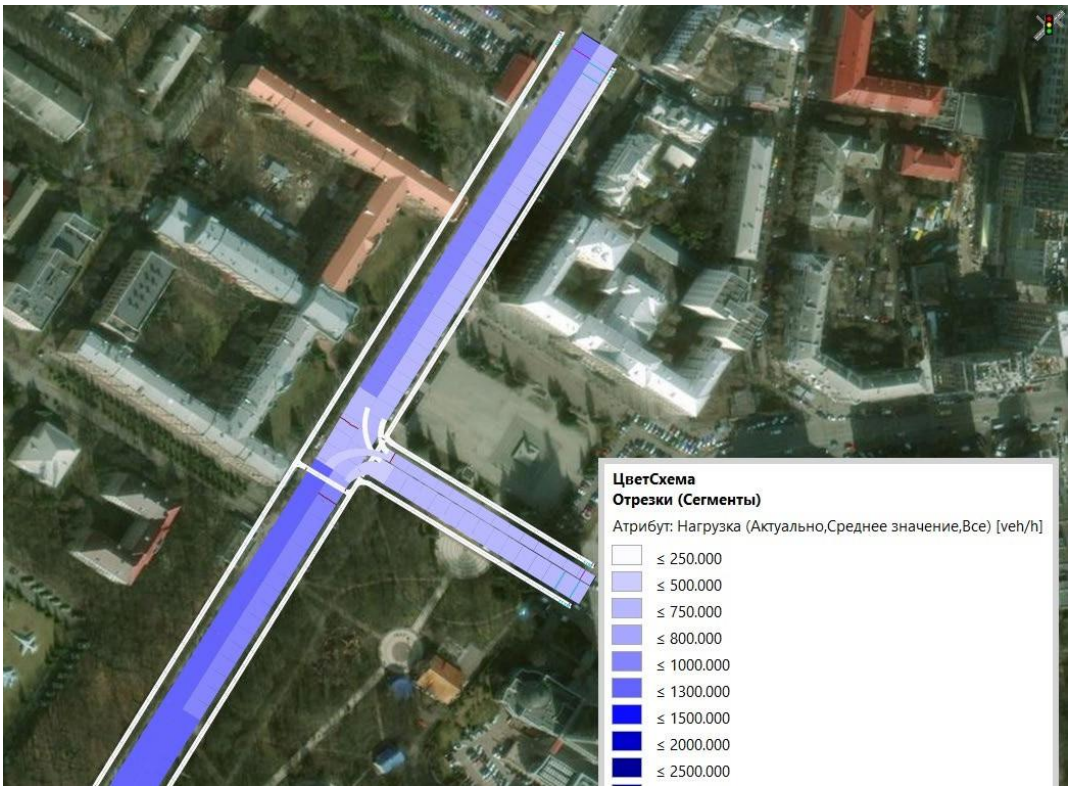

Рис. 1.6. Картограма навантаження на перетині , середнє значення

Рис. 1.7. Картограма часу затримки на перетині , середнє значення

Рис. 1.8. Картограма швидкості на перетині , середнє значення

Рис. 1.9. Картограма щільності на перетині , середнє значення

Рис. 1.10. Фото імітаційної моделі

Пішохідна активність на перетині є досить високою. Основні проблеми:

- великі ширини проїзної частини (до 30 м), що ускладнює перехід;
- відсутність острівців безпеки;
- недостатнє освітлення пішохідних переходів;
- часті порушення режимів переходу через затримки у фазах.

На перетині та прилеглих вулицях велоінфраструктура не передбачена, що не відповідає сучасним вимогам розвитку сталої мобільності на ДСТУ 8751:2019 [2].

Основні проблеми існуючої організації руху:

- перевантаження вузла у години пік;
- затримки руху через хаотичне паркування і відсутність виділених смуг для громадського транспорту;
- недостатня безпека пішоходів (відсутність острівців безпеки, слабке освітлення);
- підвищена аварійність у місцях інтенсивного пішохідного руху;
- нераціональне використання проїзної частини без розподілу потоків за видами транспорту;
- відсутність сучасного енергоефективного освітлення.

Перетин вул. Солом'янська та Солом'янської площі потребує модернізації організації руху та реконструкції для підвищення пропускної здатності, забезпечення пріоритету громадського транспорту, підвищення рівня безпеки пішоходів та велосипедистів. Необхідна інтеграція сучасних систем управління рухом з енергоефективними рішеннями для освітлення та сигналізації.

1.2. Чинна нормативна база України та ЄС щодо енергоефективності транспортної інфраструктури

Енергоефективність у транспортній інфраструктурі є пріоритетним напрямком сталого розвитку як для України, так і для країн Європейського Союзу. Вона передбачає зниження витрат енергії під час експлуатації вулично-дорожньої мережі, інженерного обладнання (освітлення, світлофорних об'єктів, ІТС) та транспортних засобів, що пересуваються мережею.

В Україні та ЄС регулювання питань енергоефективності транспортної інфраструктури здійснюється на підставі законів, стандартів, будівельних норм, директив та технічних регламентів.

Нормативна база України:

- Закон України « Про енергозбереження» №74/94-ВР – визначає правові, економічні , соціальні основи для ефективного використання енергії [22];
- Закон України «Про енергетичну ефективність « №1818- IX (2021) – встановлює вимоги до підвищення енергоефективності у всіх секторах , включно з транспортною інфраструктурою [23];
- Закон України «Про дорожній рух» - містить положення про організацію руху з урахуванням безпеки та економного використання ресурсів [24];
- ДБН В2.3-5:2018 «Вулиці і дороги населених пунктів» - містить вимоги щодо впровадження енергоощадних технологій під час проєктування та експлуатації вулиць [1];
- ДСТУ 4100:2014 «Безпека дорожнього руху. Штучне освітлення

автомобільних доріг і вулиць» — визначає вимоги до енергоефективних систем освітлення [25];

- ДСТУ 8751:2019 «Безпека дорожнього руху. Планування велосипедної інфраструктури» - передбачає заходи для розвитку сталих видів транспорту як складову енергоефективної транспортної системи [2];
- ДБН В.2.5-28:2006 «Природне і штучне освітлення» — регламентує проєктування систем освітлення з урахуванням зменшення енергоспоживання [4];
- Енергетична стратегія України до 2035 року (КМУ,2017) – передбачає зменшення споживання енергії в комунальному та транспортному секторі.

Нормативна база Європейського Союзу :

- Директива 2012/27/ЄС про енергоефективність - встановлює зобов'язання держав-членів щодо впровадження заходів із підвищення енергоефективності, включаючи транспортну інфраструктуру [26];
- Директива 2010/31/ЄС про енергетичну ефективність будівель — застосовується також до споруд транспортної інфраструктури (зупинки, павільйони) [27];
- Директива 2009/28/ЄС про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел — стимулює використання ВДЕ, зокрема в освітленні інфраструктури [28];
- EN 13201 «Дорожнє освітлення» — комплекс стандартів з проектування, експлуатації та оцінки енергоефективності систем освітлення доріг [29] ;
- CROW Design manual for bicycle traffic (Нідерланди) — визначає принципи сталого транспортного планування, інтеграції веломереж, як складової енергоефективності [12];
- Green Deal (2019) — курс на кліматичну нейтральність ЄС до 2050 року, акцент на декарбонізації транспорту [30];
- Sustainable and Smart Mobility Strategy (2020) — передбачає

підвищення енергоефективності транспортних систем [31].

Україна орієнтується на гармонізацію своєї нормативної бази з європейською, зокрема в рамках імплементації положень Угоди про асоціацію з ЄС. Першочерговими завданнями є:

- впровадження обов'язкових стандартів енергоефективного освітлення;
- розвиток мережі сталого транспорту (велодоріжки, пріоритет громадського транспорту);
- застосування ІТС з функціями енергоощадного управління рухом.

1.3. Оцінка енергоефективності

Енергоефективність транспортної інфраструктури визначається як здатність об'єкта (перетину, вузла, вулиці) забезпечувати необхідний рівень обслуговування при мінімальних витратах енергетичних ресурсів. Це включає енергоспоживання систем зовнішнього освітлення, світлофорного регулювання, інтелектуальних транспортних систем, а також витрати пального транспортними засобами через затримки на перетині [17].

На вул. Солом'янська – Солом'янська площа застосовується застаріла система освітлення з лампами ДНаТ та лампами розжарювання. Річне споживання енергії для освітлення та сигналізації оцінюється на рівня понад 20 000 кВт год. Середня затримка транспортних засобів складає 25,14 с, що призводить до підвищених витрат пального – додатково до 8-12% на кожну поїздку через затримки.

Потенціал підвищення енергоефективності на перетині вул. Солом'янська та Солом'янська площа:

- Перехід на LED-освітлення дозволяє знизити споживання енергоенергії до 7 000 – 8 000 кВт рік;
- Запровадження адаптивного управління світлофорними обєктами дозволяє знизити затримки транспорту на 15-30 %, а витрати пального на затримках – до 5%.

2. РОЗРАХУНКОВО-ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ

Керівники: _____
(підпис, дата)

_____
(підпис, дата)

2.1. Проєктні пропозиції перетину

У межах кваліфікаційної роботи бакалавра розглянуто два альтернативні варіанти проєктних рішень перетину вул. Солом’янська та Солом’янська площа для підвищення енергоефективності. Обидва варіанти базуються на принципах організації кругового руху, проте мають відмінності у планувальній структурі та характеристиках роботи.

Саморегульоване кільце передбачає організацію кругового руху без світлофорного регулювання, що забезпечує безперервний рух транспортних засобів. Основні характеристики цього варіанту:

- мінімізація затримок за рахунок виключення циклічних фаз світлофорів;
- природне зниження швидкості руху при під’їзді до кільця, що сприяє підвищенню безпеки;
- простота проєктування та реалізації у порівнянні з турбо-кільцем;
- можливість гнучкого реагування на зміни інтенсивності потоків без потреби налаштування керуючих пристроїв.

Саморегульоване кільце передбачає наявність центральної острівної частини з озелененням та облаштування острівців безпеки на пішохідних переходах.

Саморегульоване кільце забезпечує організацію руху без світлофорних об'єктів, що дозволяє повністю виключити витрати електроенергії на живлення світлофорних пристроїв. Це зменшує експлуатаційні витрати та підвищує загальний рівень енергоефективності вузла.

Рух на саморегульованому кільці є безперервним, без циклічних зупинок перед світлофорами. Це дозволяє мінімізувати час простою двигунів у режимі холостого ходу й, відповідно, зменшити непродуктивне споживання пального. Зниження середнього часу затримки транспорту до **10–12 с** у порівнянні з

традиційним регульованим перехрестям позитивно впливає на рівень витрат палива та кількість шкідливих викидів.

На саморегульованому кільці доцільно впроваджувати сучасне LED-освітлення з адаптивним регулюванням яскравості залежно від часу доби та погодних умов, що додатково підвищує енергоефективність.

На відміну від турбо-кільця, яке вимагає ретельного утримання складної системи розмітки й дорожніх знаків, саморегульоване кільце є менш вимогливим до обслуговування та поновлення технічних засобів організації руху, що також знижує витрати ресурсів.

Табл. 2.1. SWOT – аналіз кільцевого перетину на вул. Солом'янська – Солом'янська площа у м. Києві

Сильні сторони (Strengths)	**Слабкі сторони (Weaknesses)**
Зменшення кількості конфліктних точок порівняно з класичним світлофорним перехрестям.	Потреба у значній площі для розміщення кільця.
Покращення пропускної здатності завдяки безперервному руху.	Можливі труднощі для водіїв, не знайомих із кільцевою схемою.
Природне обмеження швидкості транспорту при в'їзді на кільце, що підвищує безпеку руху.	Відсутність повноцінного пріоритету для громадського транспорту без додаткових заходів.
Можливість організації безпечних пішохідних переходів з острівцями безпеки.	Необхідність ретельного проєктування для уникнення заторів на пілходах у години пік.
Можливості (Opportunities)	**Загрози (Threats)**
Інтеграція інтелектуальних систем управління рухом (ІТС).	Зростання інтенсивності руху в майбутньому може призвести до перевантаження кільця.
Використання центральної частини кільця для озеленення та створення естетичного акценту міського простору.	Ризик підвищення аварійності у разі недотримання правил проїзду кільцевого руху.

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Організація виділених смуг для громадського транспорту на підходах.	Ускладнення при обслуговуванні розмітки, освітлення та озеленення великої площі перетину.

Турбо-кільце є сучасною модифікацією класичного кільця, яка забезпечує розділення транспортних потоків ще на підходах завдяки спеціальній розмітці та геометрії під'їздів. Основні переваги турбо-кільця:

- зменшення кількості конфліктних точок за рахунок чіткої смугової організації;
- підвищення пропускної здатності завдяки запобіганню перетину траєкторій транспортних засобів усередині кільця;
- зниження ймовірності бокових зіткнень;
- підвищена безпека за рахунок напрямного руху по смугах.

Турбо-кільце складніше в реалізації, вимагає високої якості проєктування розмітки та дорожніх знаків, а також інформаційного забезпечення для водіїв.

Табл. 2.2. SWOT – аналіз турбо-кільця на вул. Солом'янська – Солом'янська площа у м. Києві

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Чіткий розподіл потоків по смугах руху завдяки розмітці та напрямними острівцям, що знижує кількість конфліктних точок.	Необхідність високої дисципліни водіїв для дотримання смугової організації.
Підвищена пропускна здатність порівняно зі звичайним кільцем завдяки запобіганню перетину траєкторій.	Складність сприйняття схеми руху для водіїв, які вперше користуються турбо-кільцем.
Зниження ризику бокових зіткнень за рахунок напрямного руху по смугах.	Підвищені витрати на проєктування, будівництво і обслуговування через складну геометрію.
Кращі умови для впровадження пріоритету громадського транспорту на підходах.	Необхідність ретельного опрацювання розмітки та дорожніх знаків для уникнення помилок водіїв.

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Можливості (Opportunities)	**Загрози (Threats)**
Використання ІТС для підвищення ефективності роботи та контролю за потоками.	Можливість утворення заторів на підходах при надмірній інтенсивності руху без додаткових регулюючих заходів.
Формування сучасного міського простору завдяки озелененню центральної острівної частини.	Порушення водіями правил користування смугами може призвести до аварійних ситуацій.
Можливість організації виділених смуг для громадського транспорту..	Необхідність періодичного оновлення розмітки та знаків через інтенсивну експлуатацію.

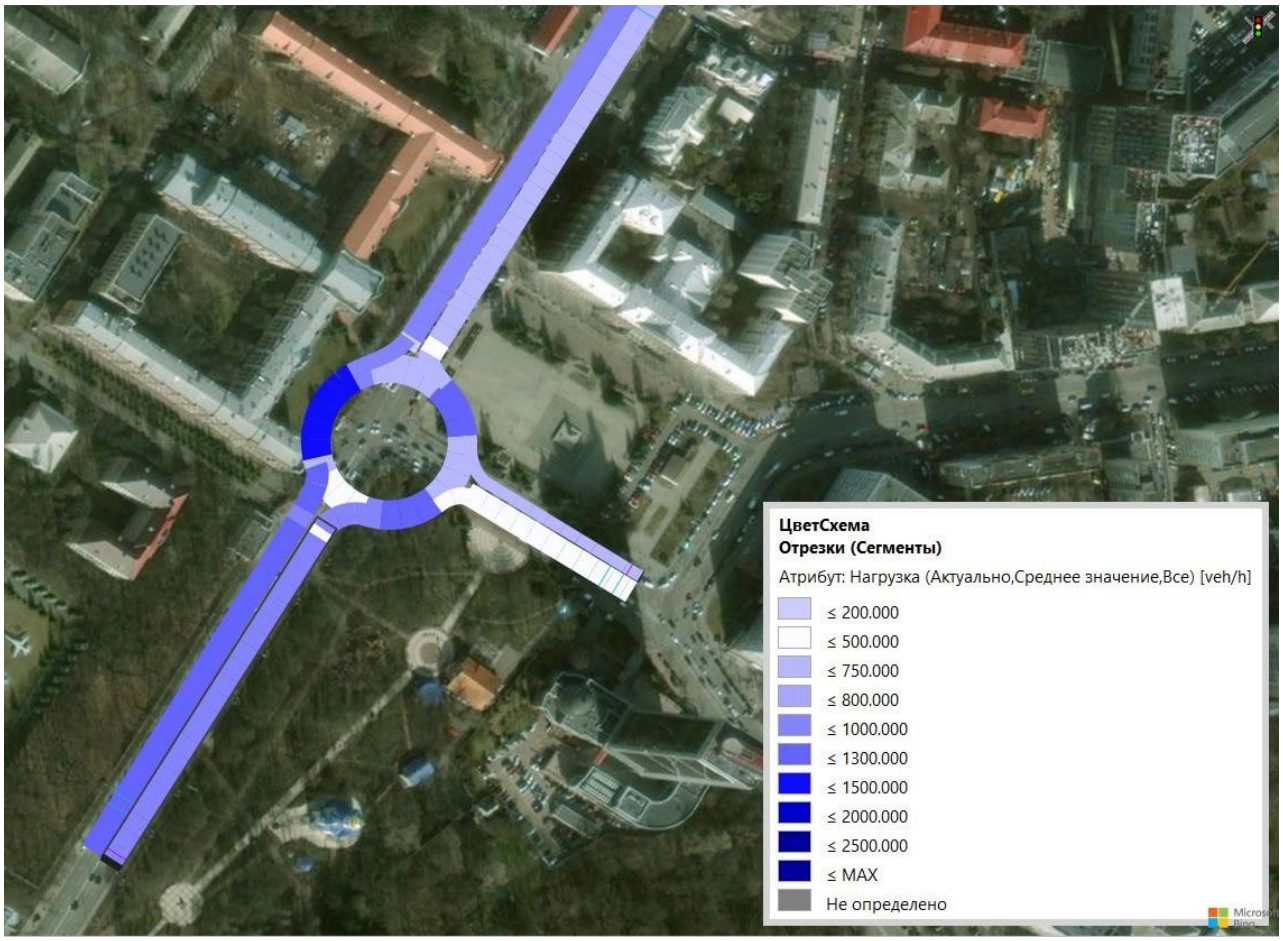

Рис. 2.1. Картограма навантаження на проєктний перетин, середнє значення

лис

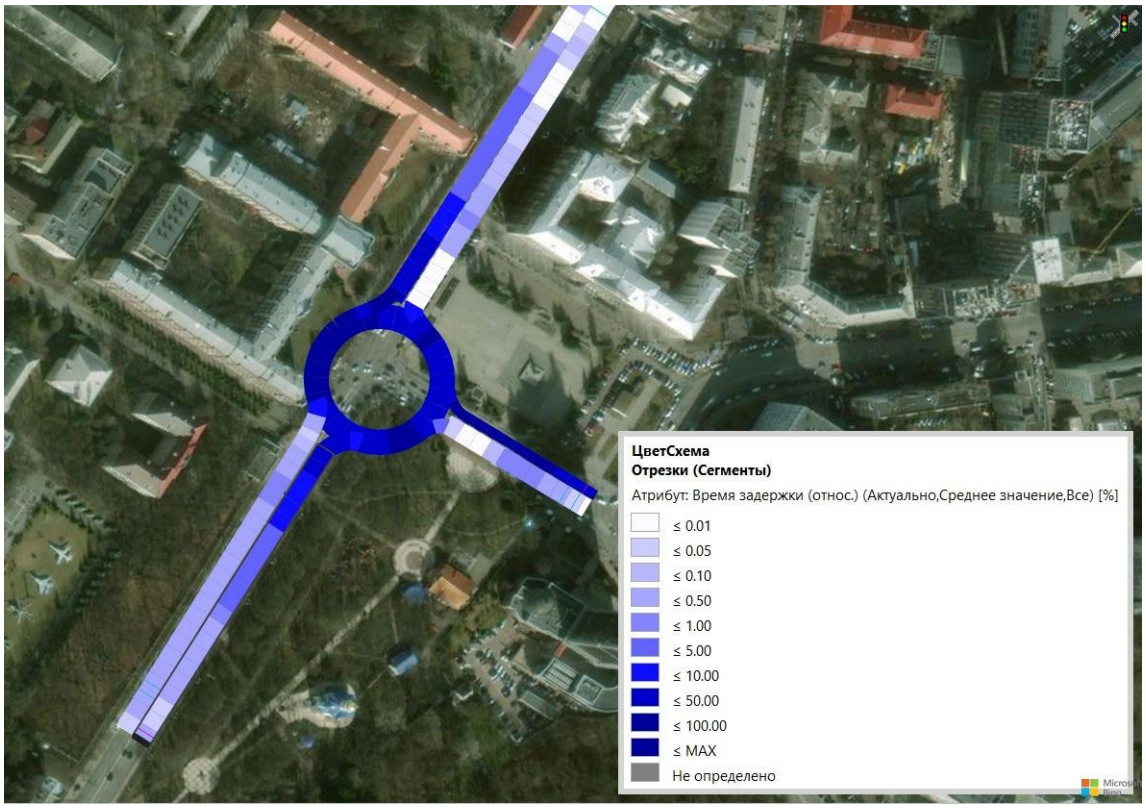

Рис. 2.2. Картограма часу затримок на проєктному перетині, середнє значення

Рис. 2.3. Картограма швидкості на проєктному перетині, середнє значення

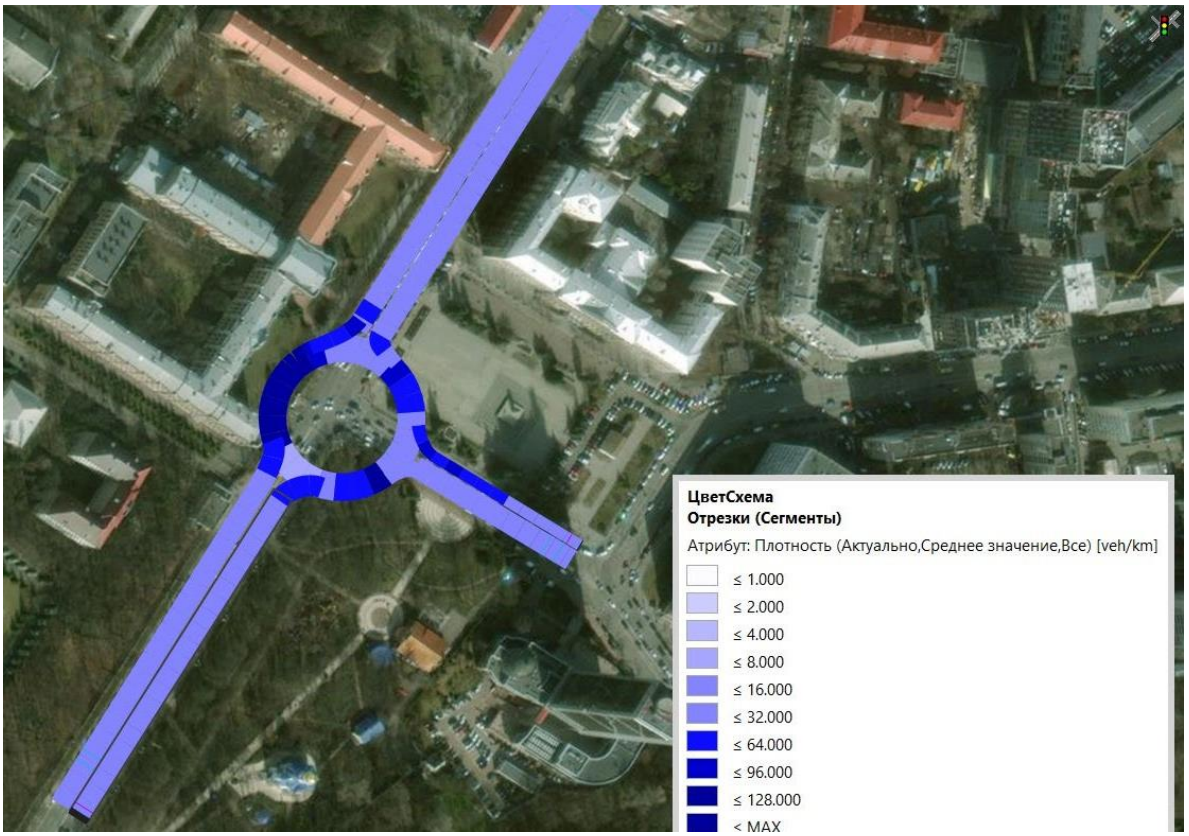

Рис. 2.4. Картограма щільності на проєктному перетині, середнє значення

Атрибут	*Існуюче положення*		*Саморегульований перетин*		*Порівн. В1-В2*	*Турбо-кільце*		*Порівн. В1-В3*
	Показн. мережі	*Рівень (LOS)*	*Показн. мережі*	*Рівень (LOS)*	*п.мережі*	*Показн. мережі*	*Рівень (LOS)*	*пмережі*
Середній час затримок	*25,14*	*C*	*19,03*	*B*	*-24,3%↓*	*24,00*	*B*	*-4,53%↓*
Середня швидкість	*16,18*		*27,40*		*+40,49%↑*	*20,57*		*+21,35%↑*
Кількість зупиннок	*1,06*		*1,14*		*+7,02%↑*	*1,03*		*-2,83%↓*

Таким чином, саморегульоване кільце є більш доцільним варіантом для впровадження на перетині вул. Солом'янська та Солом'янської площі з точки зору енергоефективності. Його реалізація дозволить зменшити споживання електроенергії інженерними системами перетину, знизити витрати пального транспортом завдяки скороченню затримок і зупинок та сприятиме загальному покращенню екологічної ситуації у районі.

3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

Керівники: _____
(підпис, дата)

_____
(підпис, дата)

3.1. Енергоощадне освітлення перетину

Рис. 3.1. Енергоефективне світлодіодне освітлення перетину у нічний час

Оптимізація вуличного освітлення є одним із ключових кроків підвищення енергоефективності міської інфраструктури. Згідно з державними будівельними нормами України ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», рівні освітленості на дорогах і перехрестях повинні відповідати нормативним значенням для забезпечення безпеки руху [4]. Для перетину вул. Солом’янської та Солом’янської площі доцільно передбачити перехід на сучасні

світлодіодні (LED) світильники замість застарілих ламп розжарювання чи натрієвих ламп. LED-світильники характеризуються високою світловіддачею (люмен на ват), тривалим ресурсом роботи (>50 тис. годин) та кращою передачею кольору, що покращує видимість об'єктів уночі [32]. Сучасне LED-освітлення споживає на 60–70% менше електроенергії, ніж традиційні натрієві лампи: наприклад, заміна 100 ламп ДНАТ по 250 Вт на LED-світильники по 100 Вт дає економію ~120 тис. грн на рік лише на електроенергії для однієї вулиці [31]. Окрім власне ефективності джерел світла, використання «розумних» систем керування освітленням додатково знижує споживання. Інтелектуальні LED-ліхтарі можуть автоматично перемикатися в економний режим (зменшувати яскравість) у часи низького трафіку за розкладом або за сигналами датчиків освітленості та руху [33]. За даними досліджень, впровадження адаптивного керування дозволяє скоротити споживання електроенергії системою освітлення до 80% у порівнянні з незрегульованими LED-ліхтарями. Такі системи окупаються за 3–5 років завдяки економії електроенергії і зниженню витрат на обслуговування**.**

Дотримання норм безпеки та якості світлотехнічних параметрів. Проектуючи освітлення перетину, слід забезпечити нормативну горизонтальну освітленість проїзної частини та пішохідних переходів (згідно з ДБН та ДСТУ EN 13201, ДСТУ EN 12464). Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 та пов'язаними стандартами, рівномірність освітлення та обмеження сліпучої дії мають бути враховані: необхідно використовувати світильники з обмеженням показника засліплення (типа G6 або аналоги) і правильною кривою сили світла, щоб світловий потік спрямовувався на дорогу, не засліплюючи водіїв [4]. Освітлення пішохідних переходів повинно бути посиленим локально, зокрема за рахунок встановлення додаткових LED-прожекторів над «зеброю» з холоднішим спектром для контрастного виділення пішоходів вночі. Для живлення цих світильників можливе застосування автономних сонячних панелей (див. розділ 3) або підключення до мережі зі смарт-контролерами, що вмикають додаткове підсвічування лише при наближенні пішоходів чи транспортних засобів.

Підвищення безпеки руху завдяки освітленню. Якісне освітлення перетину безпосередньо впливає на зниження аварійності у темну пору доби. За статистикою, ризик ДТП вночі значно вищий: нічна смертність на дорогах утричі перевищує денну, і 76% загиблих пішоходів припадає на темний час [27]. Дослідження Федерального управління доріг США (FHWA) показало, що додавання освітлення на перехрестях поліпшує візуальне сприйняття дороги водіями понад ефект від одних тільки фар, знижуючи невизначеність щодо геометрії перехрестя та перешкод [32]. Таким чином, встановлення енергоощадних світильників не лише економить електроенергію, а й сприяє підвищенню безпеки – добре освітлений перехрестя дає водіям більше часу для реакції та виявлення пішоходів чи інших транспортних засобів. Також поліпшується особиста безпека пішоходів: освітлення зупинок і тротуарів знижує ризик злочинів та підвищує комфорт пересування містом уночі.

Автоматизоване керування освітленням на перетині може бути реалізоване через централізовану систему «розумного міста» або автономні контролери на кожній опорі. Наприклад, впровадження бездротових контролерів з протоколом Zigbee або LoRaWAN дозволить дистанційно змінювати режими роботи ліхтарів, відстежувати несправності та регулювати яскравість у реальному часі. Такі рішення, за даними виробників, знижують витрати на обслуговування до 50% за рахунок своєчасного виявлення несправних ламп і подовження їх строку служби через режим димування [32]. В умовах українських міст варто також врахувати можливість аварійного живлення: встановлення на опорах невеликих акумуляторів або підключення до резервної лінії живлення забезпечить роботу критичного освітлення перетину навіть при відключеннях електроенергії.

Отже, модернізація освітлення перетину Солом’янська–Солом’янська площа передбачає заміну світильників на світлодіодні з дотриманням чинних норм ДБН та ДСТУ, впровадження систем адаптивного керування яскравістю, що разом дає значну економію енергії (до 70–80%) та покращує безпеку руху [4].

Енергоефективне освітлення стане важливою складовою сталого розвитку цієї транспортної розв’язки, зменшуючи експлуатаційні витрати і підвищуючи комфорт та безпеку для мешканців міста.

3.2. Озеленення для покращення мікроклімату та енергоефективності

Рис. 3.2. Озеленення вулиць міста

Озеленення території перетину (висадка дерев, чагарників, створення зелених острівців) є дієвим інструментом покращення міського мікроклімату та зниження теплового навантаження на середовище, що опосередковано підвищує енергоефективність. Зелені насадження зменшують ефект міського теплового острова завдяки затіненню твердих поверхонь і процесам випаровування вологи (евапотранспірації). Дослідження показують, що затінені рослинністю поверхні можуть бути на 11–25°C прохолоднішими, ніж відкриті асфальтові покриття в сонячний день [34]. Випаровування води листям здатне додатково знижувати температуру повітря на 1–5°C у літній період [32]. Таким чином, висаджені вздовж вулиць дерева з широкою кроною зменшують нагрівання дорожнього

покриття і повітря, що оточує перехрестя, покращуючи тепловий комфорт пішоходів і знижуючи потребу в кондиціонуванні прилеглих будівель.

Вибір і розміщення рослин слід здійснювати з урахуванням міських умов та вимог нормативів. Згідно з ДБН Б.2.2-5:2011 «Благоустрій територій», на територіях з великими площами замощених поверхонь і щільною забудовою рекомендується застосовувати мобільні та вертикальні способи озеленення (контейнерні рослини, зелені стіни) [35]. Для перетину Солом'янської площі варто висадити **ряди дерев уздовж тротуарів і на острівцях безпеки**, обравши види, стійкі до міського середовища: зокрема, липа дрібнолиста, клен гостролистий, софора японська, гледичія, катальпа або платан, які добре переносять загазованість і спеку. Важливо врахувати вимоги відстаней: згідно з ДБН, відстань від дерев до краю проїзної частини та інженерних комунікацій повинна відповідати нормам, а гілки над пішохідною зоною мають бути не нижче 2,1 м [35]. Крони дерев біля перехрестя слід формувати таким чином, щоб не затуляти огляд для водіїв у зоні перехрестя (забезпечення трикутників видимості). Кущі для озеленення (наприклад, спирея, бирючина, самшит) можна висаджувати на розділювальних смугах, але їх висота не повинна перевищувати 0,8–1 м поблизу перехрестя, щоб не перешкоджати огляду дороги.

3.3. Енергоефективні зупинки громадського транспорту

На перетині вул. Солом'янської – Солом'янської площі розташовані важливі зупинки громадського транспорту, які слід модернізувати з урахуванням принципів енергоефективності та комфорту. Сучасний зупинковий павільйон може бути не лише місцем очікування, а й автономним енергоефективним об'єктом із власним живленням та інтегрованою інфраструктурою для різних груп користувачів.

Використання сонячних панелей і автономне живлення. Одним з рішень є обладнання даху зупинки фотоелектричними панелями. Сонячні модулі, вбудовані в дах павільйону, генеруватимуть електроенергію для живлення освітлення, електронних табло, USB-зарядних пристроїв для гаджетів пасажирів тощо. Приклад впровадження: у Києві вже встановлено дослідні зупинки з двома

сонячними панелями по 260 Вт, які заряджають акумуляторну батарею 2×100 А·год та живлять LED-ліхтарі потужністю 9 Вт для нічного освітлення павільйону [36]. Такі автономні системи дозволяють забезпечити освітлення зупинки навіть при збоях електропостачання, а також скоротити витрати електроенергії міста. У місті Славута, наприклад, на 31 зупинці встановлено ліхтарі на сонячних батареях для підсвічування – це було зроблено з метою економії електроенергії та як резервне джерело світла в разі відімкнень [34]. За словами комунальних служб, один автономний світильник на зупинці окупається доволі швидко завдяки відсутності рахунків за електроенергію. Встановлення сонячних панелей на зупинках також відповідає європейській практиці: у багатьох містах Великобританії та Польщі впроваджують так звані «енерго-генеруючі зупинки», де дах з фотомодулями покриває потреби павільйону в електриці [36].

Енергоефективні матеріали і конструкція павільйону. Каркас зупинки доцільно виконати з легких, але міцних матеріалів – наприклад, алюмінієвого профілю або композитів, що мають довгий строк служби і не потребують частого ремонту (це опосередкована енергоефективність через зменшення ресурсоємності обслуговування). Покриття даху та стін варто обирати з урахуванням клімату: скляні або полікарбонатні панелі з високою прозорістю вдень забезпечуватимуть природне освітлення внутрішнього простору зупинки, зменшуючи потребу у штучному світлі вдень. У Лондоні було встановлено експериментальний скляний зупинковий навіс з вбудованими прозорими сонячними елементами, який одночасно захищає від дощу і генерує електрику [27]. Крім того, доцільно застосувати *«зелені» технології* в конструкції павільйону: наприклад, зелений дах – висадити на даху зупинки невисокі засухостійкі рослини (седум, розхідник). Такий «біопокрівля» вже реалізована у містах Нідерландів (Утрехт має понад 300 зупинок із зеленими дахами) та Великобританії (Leicester встановив 30 «bee stops»)

Освітлення та електронні сервіси. Сучасна зупинка має бути оснащена енергоощадними LED-світильниками з датчиками руху або освітленості, щоб

автоматично регулювати яскравість. Наприклад, можна налаштувати нічний режим приглушеного освітлення, що підсилюється до повної яскравості при підході автобуса чи пішоходів. Такі системи присутні у концепціях «розумних зупинок» і допомагають додатково економити енергію. Крім того, інформаційні табло (розклад, навігація) доцільно використовувати з e-ink або LED-матрицями, що споживають мало енергії. Деякі сучасні зупинки обладнуються *сенсорними екранами* для інтерактивної інформації, Wi-Fi хотспотами та кнопками екстреного виклику – при автономному живленні слід врахувати їх енергоспоживання та, можливо, збільшити потужність сонячної станції відповідно. Європейські реалізації демонструють, що сонячної панелі площею ~1,5–2 м² достатньо для живлення LED-освітлення і табло зупинки за умови наявності акумулятора на 2–3 доби автономії при похмурій погоді [36].

Велоінфраструктура та зручності для користувачів. Інтеграція велоінфраструктури в зупинку підвищує міжмодальність перевезень і стимулює енергоефективні види транспорту (велосипеди як альтернатива автомобілю на під'їзді до вузла громадського транспорту). Рекомендовано поруч із павільйоном облаштувати велопарковку – велостійки або невеликий накритий велопаркінг, щоб люди могли залишати велосипеди і пересісти на громадський транспорт. За рекомендаціями проектувальників, транзитні хаби (включно з автобусними зупинками) слід обладнувати безпечними та доступними місцями для паркування велосипедів. Це спонукає мешканців користуватися велосипедами на підході до зупинки, зменшуючи кількість поїздок на автомобілі і відповідно економлячи пальне та знижуючи викиди. Окрім велостійок, можна передбачити велодоріжку, що проходить поблизу зупинки, з огородженням або спеціальним дизайном, який виключає конфлікти велосипедистів і пасажирів (наприклад, велодоріжка за зупинковим «острівцем» для посадки). Таке рішення вже застосовується в багатьох європейських містах при реконструкції зупинок на широких тротуарах. Якщо габарити території дозволяють, доцільно створити «мобільний хаб» – об'єднати зупинку з пунктом спільного використання велосипедів чи самокатів (bike-sharing), станцією підзарядки електровелосипедів

тощо. Це відповідає сучасним трендам сталого транспорту і може бути реалізовано на Солом'янській площі як пілотний проект [32].

В цілому, **енергоефективна зупинка** – це поєднання відновлюваної енергетики, бережливого споживання та покращеного сервісу для пасажирів. Інтеграція сонячних панелей, LED-освітлення, сучасних матеріалів і велоінфраструктури у зупинковий комплекс сприятиме зменшенню експлуатаційних витрат і викидів, а також зробить громадський транспорт привабливішим для населення. Такі рішення відповідають і українським нормативним вимогам, і європейським трендам сталого розвитку транспорту та міської мобільності [36].

ВИСНОВКИ

Загальні висновки:

У межах кваліфікаційної роботи бакалавра на тему “Підвищення рівня енергоефективнсоті на перетині вул. Солом’янська – Солом’янська площа у м.Києві” було розроблено комплекс проєктних та конструктивних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності транспортної інфраструктури. Проведено транспортне моделювання, за результатами якого для існуючого положення середній час затримки становив **25,14 с**, середня швидкість руху — **16,18 км/год**, а кількість зупинок — **1,06** на транспортну одиницю.

Запропоноване саморегульоване кільце дозволило досягти покращення показників: середній час затримки зменшився на **24,3%** до **19,03 с**, середня швидкість підвищилася на **40,49%** до **27,40 км/год**. Турбо-кільце також покращує показники, проте менш суттєво: середній час затримки зменшився на **4,53%** до **24,00 с**, середня швидкість підвищилася на **21,35%** до **20,57 км/год**.

Застосування енергоощадного LED-освітлення дозволяє знизити річне споживання електроенергії з понад **20 000 кВт·год** до **7 000–8 000 кВт·год**, тобто економія складає близько **60–65%**. Додатково інтеграція адаптивного керування освітленням дає можливість досягти економії енергії до **80%** у порівнянні з існуючими системами.

Озеленення перетину, впровадження буферних зелених смуг та острівців безпеки сприяють зниженню температури поверхонь улітку на **11–25°C**, покращуючи мікроклімат та підвищуючи комфорт для пішоходів і велосипедистів.

Реалізація запропонованих заходів дозволяє досягти зниження витрат енергії, зменшення затримок і підвищення рівня безпеки руху, що сприятиме сталому розвитку транспортної інфраструктури району.

Список літератури

1. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці і дороги населених пунктів. — Київ : Мінрегіон України, 2018. — 112 с.
2. ДСТУ 8751:2019. Безпека дорожнього руху. Планування велосипедної інфраструктури. Загальні технічні вимоги. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. — 56 с.
3. ДСТУ 4100:2021. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. — 78 с.
4. ДБН В.2.5-28:2006. Природне і штучне освітлення. — Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. — 68 с.
5. ДБН В.2.5-10-2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі водопостачання та каналізації. — Київ: Мінрегіон України, 2018. — 112 с.
6. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. — 104 с.
7. ДБН В.2.5-23:2010. Захист від корозії будівельних конструкцій, споруд і інженерних мереж. — Київ: Мінрегіон України, 2010. — 56 с.
8. ДБН В.2.5-33:2010. Газопостачання. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. — 132 с.
9. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. — Київ : Мінрегіон України, 2019. — 64 с.
10. Правила дорожнього руху України. — Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 10.10.2001 р. №1306 (із змінами та доповненнями).
11. NACTO. Urban Street Design Guide [Електронний ресурс]. — National Association of City Transportation Officials, 2013. — Режим доступу: https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/. — Дата доступу: 14.06.2025.
12. CROW. Design Manual for Bicycle Traffic. — Ede : CROW, 2016. — 248 p.

13. UITP. Policy papers and guidelines [Електронний ресурс]. — International Association of Public Transport. — Режим доступу: https://www.uitp.org. — Дата доступу: 14.06.2025.

14. Нагорний Є. В. Формування велосипедної інфраструктури у містах України / Є. В. Нагорний // Географічний вісник. — 2021. — № 92. — С. 38–50. — Режим доступу: https://bulletin-esgeograph.org.ua/images/docs/Volume-92/Nahornyi_38-50.pdf.

15. Highway Capacity Manual (HCM) 2010

16. https://en.wikipedia.org/wiki/Level_of_service_(transportation)#:~:text=LOS%20%20Signalized%20Intersection%20,50%20sec

17. Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03.1997 №209. Правила охорони електричних мереж (із змінами).

18. Планування та забудова територій: ДБН Б.2.2-12:2019. – [Чинні від 2019–10–01]. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 177 с.

19. Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів: ДБН В.2.3-15:2007. – [Чинні від 2007–08–01]. – К.: Мінбуд України, 2007. – 81 с.

20. Планування та проєктування велосипедної інфраструктури. Загальні вимоги: ДСТУ 8906:2019. – [Чинний від 2020–10–01]. – К.: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2020 – 52 с.

21. Міські вулиці і дороги: Методичні вказівки до виконання практичних занять і курсового проєкту для студентів спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" спеціалізації 192102 «Міське будівництво та господарство» /Уклад.: Осєтрін М.М., Ботвіновська С.І., Плотнікова Д.І, Чередніченко П.П. – Київ, КНУБА, 2017. – 44 с.

22. Закон України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 р. № 74/94-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр

23. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 9 червня 2021 р. № 1818-IX. Офіційний портал Верховної Ради України: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20

24. Закон України «Про дорожній рух» від 30 червня 1993 р. № 3353-XII. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/3353-12

25. ДСТУ 4100:2014 «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» : Національний стандарт України // База даних нормативно-технічної документації. URL: https://zakon.rada.gov.ua/

26. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency : Official Journal of the European Union, L 315, 14.11.2012, pp. 1–56 // EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/27/oj

27. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) : Official Journal of the European Union, L 153, 18.6.2010, pp. 13–35 // EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj

28. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources**...** EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj

29. Road lighting : European Standard EN 13201:2015 Parts 1–5 / Technical Committee CEN/TC 169 “Light and lighting”. – Brussels : CEN, 2015. – Введено в дію січ. 2016

30. The European Green Deal : Communication from the Commission COM(2019) 640 final. – Brussels : European Commission, 2019. – 24 p. – URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640

31. Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future : Communication COM(2020) 789 final. – Brussels : European Commission, 2020. – URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0789

32. DSTU EN 13201-1…4:2016. Світло та освітлення. Освітлення автомобільних доріг. Частини 1–4. Європейські стандарти, впроваджені в Україні. — Київ: Мінрегіон України, 2016.

33. Tvilight. Why invest in smart street lights? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://tvilight.com/why-invest-in-smart-street-lights/

34. GreenBlue Urban. Urban trees reduce energy costs [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://greenblue.com/na/urban-trees-reduce-energy-costs/

35. DBN.co.ua. Зелені насадження [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://dbn.co.ua/publ/zeleni_nasadzhennja/1-1-0-356

36. Хмарочос. У Києві на кількох зупинках громадського транспорту встановили сонячні панелі [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://hmarochos.kiev.ua/2017/12/07/v-kiyevi-na-kilkoh-zupinkah-gromadskogo-transportu-vstanovili-sonyachni-paneli/