

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**
Факультет урбаністики та просторового планування
Кафедра міського будівництва

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувач кафедри
доц. Приймаченко О.В. _____
«_____» _____ 2026 р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему
**«Реконструкція дорожньо-транспортного вузла на перетині просп.
Академіка Корольова та вул. Івана Дзюби у м. Києві»**

Виконав: студент IV курсу, групи МБГс-23
Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОП: «Міське будівництво та господарство»

_____ Тенюта О.Г.
(прізвище та ініціали)
Керівник: к.т.н., Васильєва Г.Ю.
ст. викл. Беспалов Д.О.
(прізвище та ініціали)

м. Київ – 2026

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.

“ ” 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Тенюта Олександр Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Реконструкція дорожньо-транспортного вузла на
перетині просп. Академіка Корольова та вул. Івана Дзюби у м. Києві

керівник проєкту Васильєва Ганна Юріївна, к.т.н., доцент

Беспалов Дмитро Олександрович, ст. викл.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу № 557/52-15/16/26 від

11.05 2026 року

2. Термін подання студентом проєкту 12 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проєкту: матеріали генерального плану м. Києва;
нормативно-законодавча база на проєктування; учбово-методична література;
натурні обстеження; вихідні дані згідно індивідуального завдання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

№ розділу	Найменування розділів пояснювальної записки	Орієнтовний об'єм пояснювальної записки (аркушів ФА4)
1	Вступ	≤ 2
2	Аналітичний розділ	≤ 10
3	Розрахунково-проектний розділ	≤ 20
4	Конструктивний розділ	≤ 5
5	Висновки	≤ 2
6	Список літератури	≤ 2
	Разом:	≤ 40

5. Перелік графічних матеріалів проекту

№ розділу	Найменування розділів проекту	Об'єм креслень (аркушів1 ФА1)
1	Ситуаційний план дорожньо-транспортного вузла	1
2	Аналіз існуючого положення дорожньо-транспортного вузла	1
3	Інженерно-планувальне рішення варіант 1	1
4	Інженерно-планувальне рішення варіант 2	1
5	Порівняння інженерно-планувальних рішень	1
6	Повздовжні профілі магістралей	1
7	Вертикальне планування інженерно-планувальних рішень	1
8	Конструктивні рішення	1
	Разом:	8

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			

7. Дата видачі завдання 12.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапу проекту	Примітка
1	Видача завдання	12.05.2026	
2	Збір вихідних даних	19.05.2026	
3	Робота над графічною частиною проекту	05.06.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2026	
5	Подача на рецензію та перевірку на плагіат	12.06.2026	
6	Захист проекту	23.06.2026	

Студент _____
(підпис)

Тенюта О.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____
(підпис)

Васильєва Г.Ю.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Беспалов Д.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1. Загальна характеристика об'єкту	10
1.2. Картограма інтенсивностей та склад транспортного потоку	11
1.3. Перспективна інтенсивність руху та склад транспортного потоку	12
1.4. Оцінка рівня транспортного обслуговування існуючого перетину.....	14
1.5. Громадський транспорт	15
1.6. Існуючі пішохідні потоки.....	16
1.7. Існуючі поперечні профілі магістралей.....	18
1.8. Підземні інженерні мережі.....	19
1.9. Існуюча схема організації дорожнього руху та світлофорне регулювання.....	20
1.10. Аналіз дорожньо-транспортних пригод	21
1.11. Геодезичні та інженерно-геологічні умови	21
1.12. Висновки до розділу 1	22
РОЗРАХУНКОВО-ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ	23
2.1. Обґрунтування розрахункової швидкості	24
2.2. Проєктування поперечних профілів магістралей в межах їх перетину	25
2.2.1. Розрахунок ширини проїзної частини магістралей	25
2.2.2. Розрахунок ширини тротуарів	29
2.2.3. Проєктування велосипедної інфраструктури.....	30
2.3. Обґрунтування схеми організації дорожнього руху	32

2.3.1. Перший варіант - регульований перетин.....	32
2.3.2. Другий варіант. Саморегульований кільцевий перетин (СКП)	35
2.4. Вертикальне планування варіантів реконструкції.....	37
2.4.1. Проектування поздовжніх профілів перетину магістралей.....	37
2.4.2. Розробка вертикального планування	37
2.4.3. Розміщення дощеприймальних споруд.....	38
2.4.4. Розрахунок обсягів земляних робіт.....	39
2.5. Інженерне обладнання перетину	40
2.5.1. Перекладання підземних інженерних мереж	41
2.5.2. Освітлення.....	43
2.5.3. Озеленення та захист від шуму	43
2.5.4. Дорожній одяг	44
2.5.5. Зупинки громадського транспорту.....	44
2.5.6. Забезпечення інклюзивності та безбар'єрного доступу.....	44
2.6. Визначення транспортно-експлуатаційних і техніко-економічних показників проєкту.....	45
2.6.1. Кошторисно-фінансовий розрахунок.....	45
2.6.2. Розрахунок річних дорожніх витрат	48
2.6.3. Річні транспортні втрати	50
2.6.4. Термін окупності капіталовкладень	55
2.7. Коефіцієнт окупності капіталовкладень	56
2.8. Порівняння транспортно-експлуатаційних і техніко-економічних показників проєкту.....	57
КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	61

3.1. Розрахунок конструкції дорожнього одягу проїзної частини	62
3.1.1. Вихідні дані для розрахунку:	62
3.1.2. Розрахункові навантажння та визначення розрахункової інтенсивності руху	63
3.1.3. Попередня конструкція дорожнього одягу	68
3.1.4. Перевірка дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.	68
3.1.5. Розрахунок на моростійкість	70
3.1.6. Прийнята конструкція дорожнього одягу	72
3.2. Вибір конструкції дорожнього одягу тротуарів і велодоріжок.....	72
3.3. Розрахунок і проєктування шумозахисту	74
3.3.1. Розрахунок ефективності екранів.....	76
3.3.2. Вибір типу та матеріалу шумозахисного екрана	81
Висновки	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ.....	85
ДОДАТКИ.....	88

Вступ

Актуальність дослідницького проєкту полягає в тому, що сучасний стан транспортної інфраструктури м. Києва характеризується невідповідністю пропускної здатності вулично-дорожньої мережі рівню транспортного навантаження, що призводить до перевантажень, заторів та зниження безпеки дорожнього руху. Перетин вулиць Академіка Корольова та Івана Дзюби є одним із транспортних вузлів, де ці проблеми проявляються особливо гостро через зростання інтенсивності руху та зміни в забудові прилеглих кварталів.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проєктних рішень з реконструкції однорівневого транспортного вузла на перетині вулиць Академіка Корольова та Івана Дзюби, спрямованих на підвищення пропускної здатності, безпеки руху та якості організації дорожнього руху.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі **завдання**:

- 1) Провести аналіз містобудівних умов, існуючої схеми ВДМ та інтенсивності транспортних і пішохідних потоків у районі проєктування;
- 2) Оцінити пропускну здатність існуючого перетину та визначити рівень обслуговування руху;
- 3) Обґрунтувати вибір схеми організації руху на перетині (нерегульований, регульований світлофорний, саморегульований кільцевий);
- 4) Розрахувати та спроектувати геометричні параметри перетину (поперечні та поздовжні профілі, радіуси заокруглень);
- 5) Спроектувати вертикальне планування та поверхневе водовідведення;
- 6) Розробити конструктивні рішення дорожнього одягу та елементи облаштування;
- 7) Визначити техніко-економічні показники проєкту.

Об'єктом дослідження є транспортний вузол на перетині проспекту Академіка Корольова та вулиці Івана Дзюби у м. Києві.

Предметом дослідження є інженерні рішення з реконструкції однорівневого транспортного вузла.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методичну основу роботи складають чинні державні будівельні норми, стандарти та методичні розробки кафедри міського будівництва КНУБА.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Консультант: _____
(підпис і дата)

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Загальна характеристика об'єкту

Об'єктом реконструкції є однорівневий дорожньо-транспортний вузол на перетині просп. Академіка Корольова та вул. Івана Дзюби в м. Київ. Перехрестя розташоване в зоні змішаної промислово-житлової забудови (рис. 1.1.) та виконує функції транзитного вузла, що забезпечує зв'язок між районами міста.

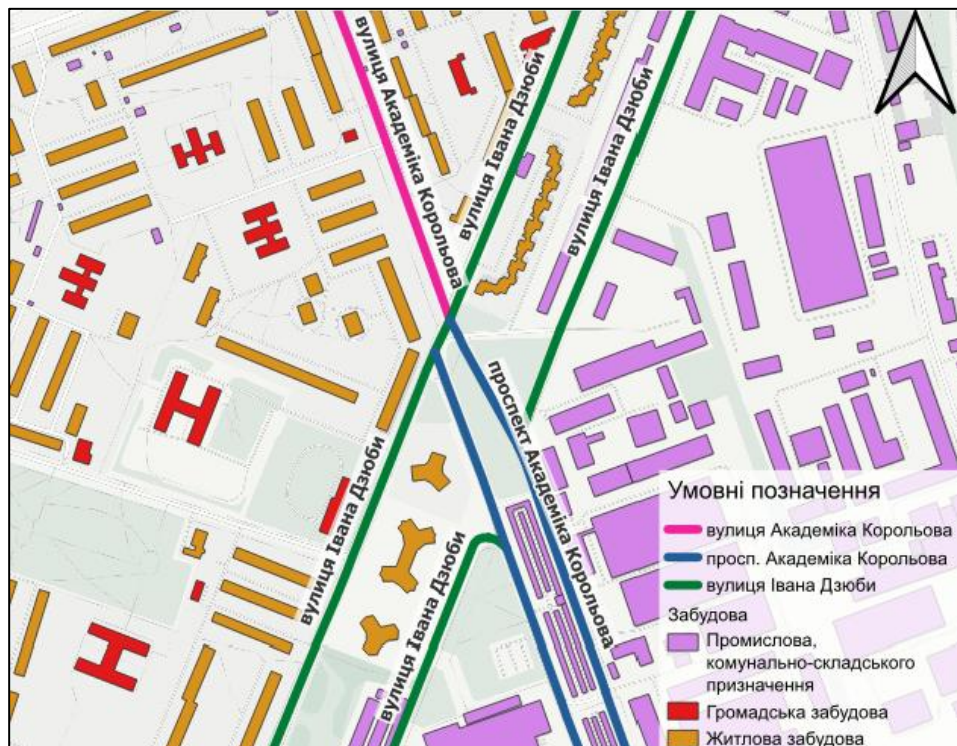


Рис. 1.1. Загальна ситуація перехрестя

По проспекту переважно пролягає промислова зона, тоді як обидва боки вулиці Дзюби зайняті житловою забудовою. Відповідно, в ранкову годину-пік потоки тяжіють до центру, у вечірню - у зворотному напрямку.

Слід зазначити, що проспект Академіка Корольова (вхід 1) безпосередньо у межах даного вузла переходить у вулицю Академіка Корольова (вхід 2), тому ці два входи, незважаючи на схожість назв, є різними елементами перетину і позначені окремо.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2. Картограма інтенсивностей та склад транспортного потоку

Вихідна інтенсивність руху прийнята згідно з вихідними даними до дипломного проекту. Картограма добових інтенсивностей за напрямками зображена на рис. 1.2.

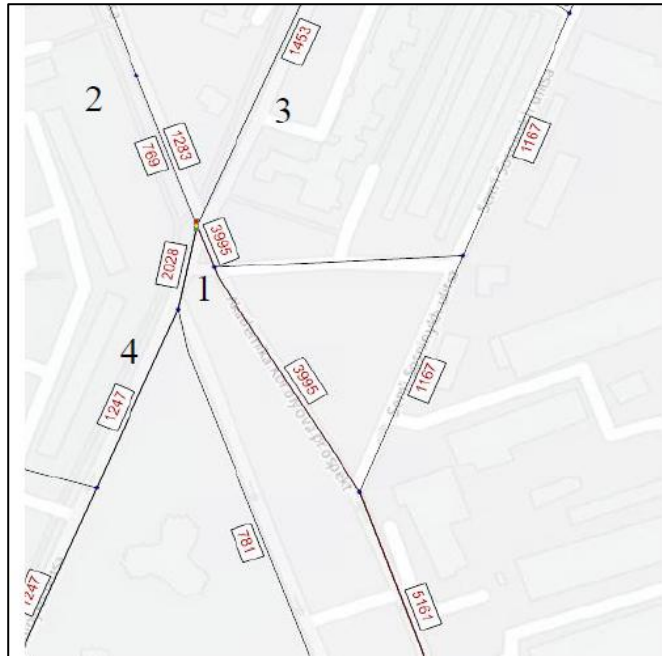


Рис. 1.2. Картограма добових інтенсивностей за напрямками руху

Матриця розподілу транспортних потоків за напрямками руху, що відображає кількість автомобілів на кожному підході та їх розподіл за напрямками, наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Матриця розподілу руху за напрямками, авт/год (година-пік)

Напрямок руху		Вихід				
		1	2	3	4	Σ вхід
Вхід	1	—	399	116	152	667
	2	420	—	390	154	964
	3	148	246	—	75	469
	4	215	136	103	—	454
	Σ вихід	783	781	609	381	2554

Загалом через вузол проходить 2 554 авт/год. Найбільш завантажений підхід 2 (964 авт/год), тобто майже 38% усього потоку прибуває з нього. Напрямок 1–2 – це основна транзитна вісь вузла, по ній рухається понад 800 авт/год в кожну сторону.

1.3. Перспективна інтенсивність руху та склад транспортного потоку

Для обґрунтування проєктних рішень реконструйований вузол повинен забезпечувати пропуск транспортних потоків не лише на момент будівництва, але й на кінець розрахункового строку.

Перспективна інтенсивність на розрахунковий рік визначається за формулою (розділ 1 [15]):

$$N_{\text{п.розр}} = N_{\text{прив.}} \cdot (1 + \Delta)^t \quad (1.1)$$

Де $N_{\text{прив.}}$ – приведена розрахункова інтенсивність руху транспорту на даний період часу (01.01.2026)

Δ – частка середнього щорічного приросту інтенсивності руху транспорту в даному місті (для м. Київ приймаємо $\Delta = 0,03$);

t – період прогнозу в роках ($t = 15$ років)

Тоді розрахунок перспективної інтенсивності на 15 років проводимо по кожному входу і виходу магістралі, і заносимо розраховані дані до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Матриця розподілу руху на перспективу за напрямками, авт/год

Напрямок руху		Вихід				
		1	2	3	4	Σ вхід
Вхід	1	-	622	181	237	1039
	2	654	-	608	240	1502
	3	231	383	-	117	731
	4	335	212	160	-	707
	Σ вихід	1220	1217	949	594	3979

До 2041 р. навантаження на вузол зросте до 3979 прив.авт/год, майже в 1.5 рази більше.

Визначення добової інтенсивності розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{доб}} = \frac{N_{\text{пik}}}{k_{\text{пik}}} \quad (1.2)$$

де $N_{\text{пik}}$ – інтенсивність в годину пік;

$k_{\text{пik}}$ – коефіцієнт пікового навантаження;

Коефіцієнт пікового навантаження приймаємо за припущенням, що година пік становить 10% від добового транспортного потоку.

Тоді $N_{\text{доб}}$ дорівнює:

$$N_{\text{доб}} = \frac{1502}{0.1} = 15020 \text{ авт/доб}$$

Для отримання точного складу транспортного потоку, переводимо отриману приведену інтенсивність до легкового автомобіля в транспортні засоби.

Склад і частку транспортного потоку прийнято за припущенням. Добова інтенсивність та склад транспортного потоку отримані наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Склад транспортного потоку

Тип транспортного засобу	Частка, %	Ni, авт/добу
Легкові	70	10514
Вантажні (до 6 т)	15	2253
Вантажні (понад 6 т)	8	1202
Автобуси	7	1051
Разом	100	15020

1.4. Оцінка рівня транспортного обслуговування існуючого перетину

Щоб оцінити, наскільки дорожньо-транспортний вузол справляється із наявним потоком, виконано імітаційне мікромодельювання в PTV Vissim. Тривалість моделювання 600 с. Результати аналізу наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Показники функціонування існуючого перетину (PTV Vissim)

Показник	Одиниці виміру	Значення
Середня затримка на авт (ВрЗадержСр)	с/авт	65.86
Середній час зупинки (ВрЗадержСтояСр)	с/авт	48.75
Середня кількість зупинок (ОстСр)	зупин/авт	1.69
Середня швидкість руху в мережі (СкорСр)	км/год	8.54
Загальна затримка (ЗадержВрВсього)	с	34432
Активних ТЗ у мережі (ТСАкт)	авт	73
Прибуло ТЗ за сесію (ТСПриб)	авт	337

Рівень транспортного обслуговування (LOS) визначається за величиною середньої затримки на транспортний засіб відповідно до методики [20]. Рівні оцінки транспортного обслуговування наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Оцінка рівня обслуговування дорожньо-транспортного вузла

Рівень обслуговування	Затримка, с/авт	Характеристика
A	≤ 10	Вільний рух
B	10 – 20	Досить вільний рух
C	20 – 35	Стабільний рух
D	35 – 55	Близький до нестабільного руху
E	55 – 80	Нестабільний рух
F	> 80	Вимушений або аварійний потік

Середня затримка на перехресті становить **65.86** с/авт, що відповідає рівню обслуговування Е за таблицею 1.5. При цьому середня швидкість у зоні перетину не перевищує 8.54 км/год, а кількість зупинок на один автомобіль сягає 1.64. Наведені показники свідчать про перевантаження вузла та підтверджують необхідність його реконструкції.

Результати мікромоделювання пішохідних потоків наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Показники пішохідного руху на існуючому перетині (PTV Vissim)

Показник	Одиниці виміру	Значення
Середній час перебування в мережі (ВрВПутиСр)	с	266.7
Середня кількість зупинок (ОстСр)	зупин/піш	2.73
Середній час очікування (ВрПростояСр)	с	32.67
Середня швидкість руху (СкорСр)	км/год	3.10

Пішохідний рух також має незадовільні характеристики: середнє очікування – 32.67 с, кількість зупинок – 2.73 на пішохода. Наявна схема регулювання не забезпечує комфортного проходу через вузол.

1.5. Громадський транспорт

В межах вузла проходить лише один маршрут громадського транспорту – автобус №69, що зв'язує вул. Литвиненка-Вольгемут із метро «Палац спорту» [23], рухаючись по вул. Івана Дзюби (див. рис. 1.3.).

Інтервал руху маршруту становить близько 20 хв, рухомий склад – автобуси стандартної та зчленованої конфігурації (гармошки). Зупинка у прямому напрямку обладнана «кишенею» довжиною 30 м, тоді як зупинка у

зворотному напрямку розташована безпосередньо на проїзній частині без відокремлення від смуги руху.

Обидві зупинки не відповідають вимогам безбар'єрного доступу: відсутні тактильні покриття та пандуси для маломобільних груп населення. Крім того, відсутність заїзної «кишені» на зупинці у зворотному напрямку призводить до часткового блокування смуги руху під час посадки та висадки пасажирів.



Рис. 1.3. Схема маршруту автобусу №69 в межах перетину

1.6. Існуючі пішохідні потоки

Для припущення наскільки висока або низька інтенсивність руху є на вулицях, ми використаємо метод просторового синтаксису [21]. Цей науковий метод аналізу який базується на міському просторі і який розглядає як конфігурація мережі вулиць впливає на рух людей.

Ключовий показник аналізу який ми використовуємо це «integration», який показує, наскільки легко дістатися від однієї вулиці до інших в системі (див. рис. 1.4). Висока «integration», який відображається як червоний, це головна пішохідна мережа, де найбільше пішоходів. Низька «integration», синій колір, це ізольовані шляхи руху, де низька кількість пішоходів.

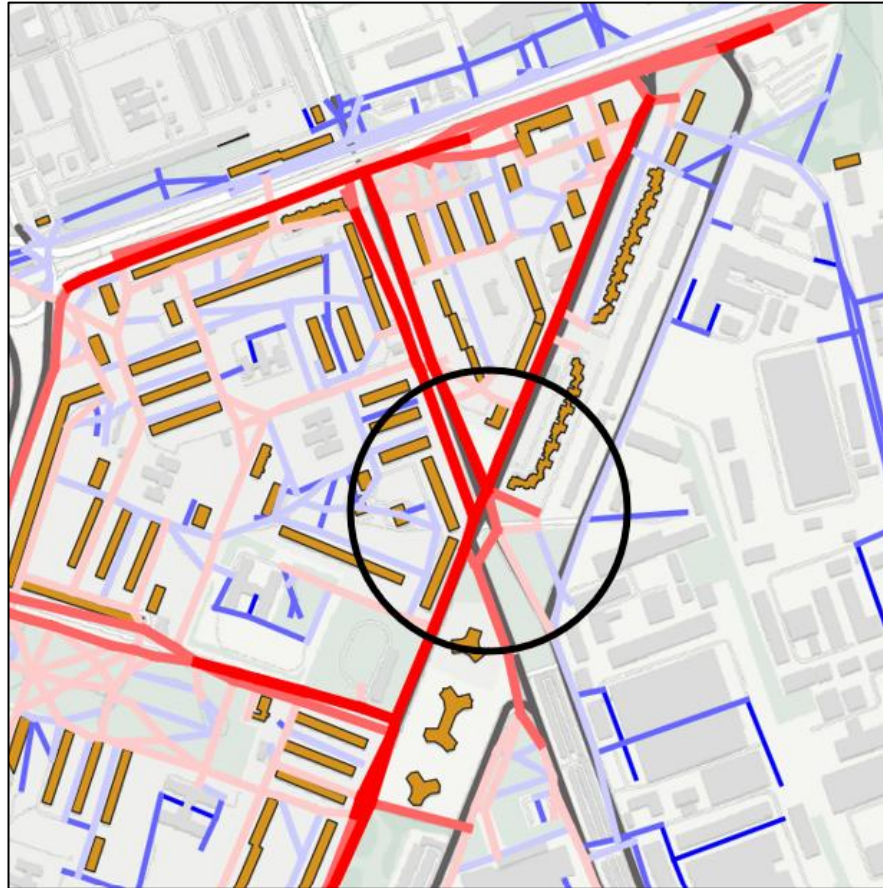


Рис. 1.4. Схема аналізу пішохідних зв'язків показником «integration»

За результатами просторового аналізу найвищий рівень інтеграції має просп. Академіка Корольова, тут зосереджений основний пішохідний потік. вул. Івана Дзюби відповідає середньому рівню.

Матрицю розподілу пішохідного руху (табл. 1.7) за напрямками складено на основі припущень, сформованих з використанням даних просторового синтаксису (рис.1.4.) та аналізу прилеглої забудови і основних місць тяжіння пішоходів у зоні вузла: зупинок громадського транспорту,

виходів із житлових кварталів, об'єктів торгівлі. Схема розподілу пішоходів за напрямками руху на рис. 1.5

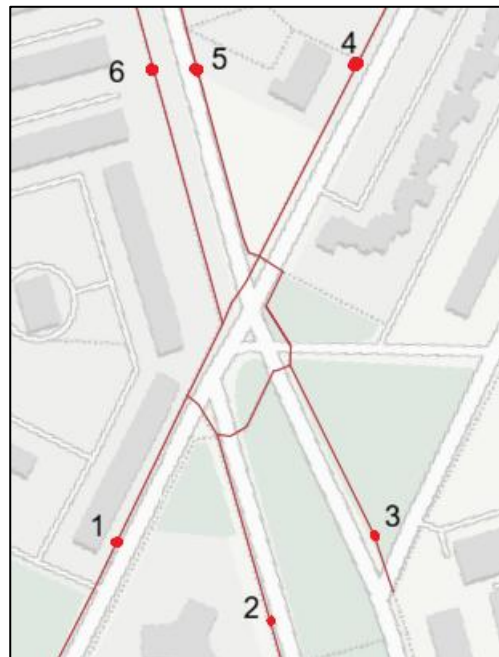


Рис. 1.5. Схема розподілу пішоходів за напрямками руху

Таблиця 1.7

Матриця розподілу пішохідного руху у за напрямками, авт/год

Напрямок руху		Вхід						
		1	2	3	4	5	6	Σ Вхід
Вихід	1	-	35	35	210	315	105	700
	2	67	-	-	67	67	-	200
	3	67	-	-	67	67	-	200
	4	200	40	40	-	80	440	800
	5	360	40	40	360	-	-	800
	6	245	35	35	385	-	-	700
	ΣВихід	938	150	150	1088	528	545	3400

1.7. Існуючі поперечні профілі магістралей

Основні параметри існуючих поперечних профілів на підходах до перетину зведені у табл. 1.8.

Таблиця 1.8

Параметри існуючих поперечних профілів

№	Магістраль	Ширина ПЧ, м	Смуги руху	Примітка
1	просп. Ак. Корольова (маг. №1)	14	2+2	Присутня роздільна смуга
2	вул. Ак. Корольова (маг. №2)	12	2+2	
3	вул. Дзюби (в'їзд, маг. №3)	10,5	2+1	2 смуги на в'їзд, 1 – виїзд
4	вул. Дзюби (виїзд, маг. №4)	10,5	1+2	1 смуга на в'їзд, 2 – виїзд

Поперечні профіля існуючих магістралей зображені в графічній частині проекту на аркуші 2

Тротуари всіх магістралей відокремлені від проїзної частини газонами, проте їхній поточний стан та ширина місцями не відповідають сучасним нормам інклюзивності. Також зафіксовано відсутність виокремленої велосипедної інфраструктури, що створює конфліктні точки між різними учасниками руху.

1.8. Підземні інженерні мережі

В межах перехрестя проходять мережі каналізації (побутова та дощова), водопостачання (гаряче та господарсько-питне) та газопостачання (середнього тиску). Загальна схема розташування існуючих інженерних мереж зображена на рис. 1.6. Протяжності наведено в табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Протяжність існуючих підземних інженерних мереж

Вид мережі	Протяжність, м	Примітка
Газопостачання (середній тиск)	387	
Каналізація побутова	244	
Каналізація дощова	367	
Водопостачання (гаряча вода)	259	



Рис. 1.6. Схема розташування інженерних мереж в межах вузла

1.9. Існуюча схема організації дорожнього руху та світлофорне регулювання

На досліджуваному перехресті організовано регулювання за допомогою світлофорного об'єкта, що працює в адаптивному режимі. Тривалість світлофорного циклу та окремих фаз руху автоматично змінюється залежно від часу доби та дня тижня, що дозволяє адаптувати пропускну здатність вузла до періодичних коливань транспортного попиту.

Адаптивні світлофори розташовані на всіх 4 під'їздах магістралей до перетину.

Оскільки натурні обстеження режиму роботи світлофорного об'єкта не проводились, параметри фаз та тривалість зеленого сигналу і розподіл часу між фазами прийнято умовно та підібрано в середовищі PTV Vissim з урахуванням фактичних транспортних потоків.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри існуючого режиму світлофорного регулювання визначені у процесі калібрування імітаційного моделі, дані фаз наведені у табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Параметри існуючого світлофорного регулювання ($T_{\text{ц}}, \text{с} = 120\text{с}$)

№ входу	Найменування магістралі	$t_{\text{з}}, \text{с}$	$t_{\text{ж}}, \text{с}$	$t_{\text{ч}}, \text{с}$
1	просп. Ак. Корольова (вхід)	33	2	85
2	вул. Ак. Корольова (вхід)	38	2	80
3	вул. Дзюби (північно-східний)	23	2	95
4	вул. Дзюби (південно-захід.)	23	2	95

1.10. Аналіз дорожньо-транспортних пригод

За наявними даними офіційної статистики дорожньо-транспортних пригод на досліджуваному перетині не зафіксовано. Проте відсутність зареєстрованих ДТП не є свідченням безпечності вузла, оскільки конфліктні ситуації та потенційно небезпечні моменти в офіційну статистику не включаються. З огляду на рівень обслуговування Е та значну кількість точок конфлікту між транспортними потоками, ризик виникнення ДТП на існуючому перетині слід вважати підвищеним.

Додатковим чинником небезпеки є те, що вул. Івана Дзюби перетинає просп. Академіка Корольова під гострим кутом (менше 70°), що помітно скорочує зону безпечної видимості для водіїв на підходах та підвищує ймовірність конфліктних ситуацій при виконанні маневрів.

1.11. Геодезичні та інженерно-геологічні умови

Рельєф у межах ділянки проектування характеризується як помірний. Абсолютні відмітки поверхні змінюються від 171,0 до 174,0 м, загальний перепад висот становить 3,0 м. Поздовжні похили проїзних частин знаходяться

в межах, допустимих нормами для магістральних вулиць регульованого руху [2].

Інженерно-геологічні умови прийнято умовно в зв'язку з відсутністю матеріалів детальних інженерно-геологічних вишукувань. За аналогією з типовими умовами Київського регіону під шаром рослинного ґрунту прийнято супісок легкий пілуватий тугопластичний.

1.12. Висновки до розділу 1

За підсумками аналізу можна зробити такі висновки:

- Загальна інтенсивність руху на вузлі у «годину-пік» становить 2554 авт/год, при цьому максимальне навантаження зафіксовано на підході 2 і складає 964 авт/год.
- Перспективна інтенсивність до 2041 р. становить 3979 прив.авт/год, що у 1,5 рази перевищує поточний рівень.
- Рівень транспортного обслуговування існуючого перетину відповідає рівню Е із середньою затримкою 65,86 с/авт та швидкістю руху 8,54 км/год.
- Умови пішохідного руху є незадовільними: середній час очікування становить 32,67 с, кількість зупинок на одного пішохода складає 2,73.
- Склад транспортного потоку характеризується значною часткою вантажних транспортних засобів (23%), що підвищує навантаження на дорожній одяг.
- Існуючі поперечні профілі не мають відокремленої велосипедної інфраструктури; зупинки громадського транспорту не відповідають вимогам доступності для МГН (маломобільні групи населення).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗРАХУНКОВО-ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ

Консультант: _____
(підпис і дата)

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНКОВО ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Обґрунтування розрахункової швидкості

Розрахункова швидкість $V_{\text{розр}}$ є базовим параметром, що визначає геометрію поперечних профілів та пропускну здатність смуг руху. Відповідно до п.3.2. [16], приймається умова:

$$V_{\text{розр}} \leq V_{\text{опт}} \quad (2.1)$$

де $V_{\text{опт}}$ – оптимальна швидкість, що забезпечує мінімальний динамічний інтервал між автомобілями, м/с.

Оптимальна швидкість визначається за формулою (п.3.2. [16]):

$$V_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(l_a + l_6) \cdot 2g \cdot (\varphi + f \pm i)}{k_e - k_1}} \quad (2.2)$$

де l_a – середня довжина автомобіля (приймається – 5 м);

l_6 – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися (2 – 5 м);

k_e – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування автомобіля (1,5 – 1,7);

k_1 – коефіцієнт гальмування переднього автомобіля в екстрених умовах (1,0 – 1,2);

g – прискорення вільного падіння (9,81 м/с²);

φ – коефіцієнт зчеплення коліс з покриттям проїзної частини (приймається для середніх кліматичних умов 0,4 – 0,45);

f – коефіцієнт опору коченню (для асфальтобетонних покриттів 0,02);

i – поздовжній похил ділянки магістралі.

Тоді підставляємо числові значення:

$$V_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(5 + 2) \cdot 2 \cdot 9.81 \cdot (0.4 + 0.02 - 0.02)}{1.7 - 1.0}} \approx 8.85 \text{ м/с} = 31.86 \text{ км/год}$$

Згідно з нормативними вимогами [2], для магістралей загальноміського значення регульованого руху нормативна швидкість $V_{\text{норм}} = 50$ км/год.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Відповідно до умови (2.1) та вимог безпеки, швидкість в межах перетину приймається:

$$V_{\text{розр}} = 25 \text{ км/год} \leq V_{\text{опт}} = 31.86 \text{ км/год}$$

Умова виконується. Прийнята розрахункова швидкість $V_{\text{розр}} = 25 \text{ км/год}$ відповідає діапазону швидкостей в умовах прилеглих територій (15–35 км/год) (п.3.2. [16]) та не перевищує оптимальну швидкість, що забезпечує максимальну пропускну здатність перетину.

Приймаю розрахункову швидкість в межах перетину:

$$V_{\text{розр}} = 25 \text{ км/год} = 6,94 \text{ м/с}.$$

2.2. Проектування поперечних профілів магістралей в межах їх перетину

Для вулиць і магістралей у цілому або для окремих їх ділянок розробляємо проектний поперечний профіль в межах червоних ліній, у яких набір окремих елементів, розміри та взаємне розташування не змінюється по довжині магістралі або окремої її ділянки у вказаних межах.

Розміри геометричних елементів обґрунтовуються розрахунками в наступних розділах (2.2.1-2.2.3) та відповідними нормативами [2].

Поперечні профіля зображені в графічній частині проєкту на аркушах 3,4.

2.2.1. Розрахунок ширини проїзної частини магістралей

Розрахунок пропускну здатності однієї смуги руху

Визначаємо пропускну здатність однієї смуги руху транспорту на перегоні визначається за формулою (п.3.3. [16]):

$$N_{\text{см}} = \frac{3600 \cdot V_p}{l_a + l_6 + V_p \cdot t_p + \frac{(k_e - k_1) \cdot V_p^2}{(2 \cdot g \cdot (\varphi + f \pm i))}} \quad (2.3)$$

де V_p – швидкість руху транспорту, яка приймається залежно від категорії магістралі та умов руху на ній, м/с;

t_p – час реакції водія та період спрацювання гальмівної системи автомобіля (0,5 – 2,0 с).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l_a – довжина розрахункового автомобіля (5 м);
 l_6 – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися (2 – 5 м);
 k_e – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування транспорту (1,5–1,7);
 k_1 – коефіцієнт гальмування автомобіля в екстрених умовах (1,0 – 1,2);
 g – прискорення вільного падіння (9,81 м/с²);
 ϕ – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїзної частини;
 f – коефіцієнт опору коченню;
 i – поздовжній похил ділянки магістралі.

Тоді для магістралі 1-2 та 3-4 пропускна здатність однієї смуги дорівнює:

$$N_{cm} = \frac{3600 \cdot 6.94}{5 + 2 + 6.94 \cdot 1 + \frac{(1.7 - 1.0) \cdot 6.94^2}{(2 \cdot 10 \cdot (0.4 + 0.02 + 0.02))}} = 1405 \text{ авт/год}$$

Приймаю $N_{cm} = 1400$ авт/год.

Коефіцієнт впливу сусідніх перехресть δ

Коефіцієнт δ враховує вплив сусідніх регульованих перехресть, що знижує ефективну пропускну здатність через утворення взаємних черг. Визначення коефіцієнта виконуємо за формулою (п.3.3. [16]):

$$\delta = \frac{L}{L + V_p^2/(2a) + V_p^2/(2b) + V_p(t_{\text{ч}} + 2t_{\text{ж}})/2} \quad (2.4)$$

де L – відстань між сусідніми регульованими перетинами на магістралі, м;

a – прискорення автомобіля при розгоні (0,8 – 1,2 м/с²);

b – сповільнення автомобіля при гальмуванні (0,6 – 1,5 м/с²);

$t_{\text{ч}}, t_{\text{ж}}$ – тривалість червоного та жовтого сигналів світлофора для даної магістралі, с.

Враховуємо вплив світлофорного регулювання на пропускну здатність магістралей, які перетинаються за формулою (п.3.3. [16]):

$$N'_{cm} = N_{cm} \cdot \delta, \quad (2.5)$$

де N'_{cm} – пропускна здатність однієї смуги руху транспорту на перегоні;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

δ – коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну здатність магістралі.

Для магістралей 1–2 (просп. Академіка Корольова) сусіднє регульоване перехрестя відсутнє, тому:

$$\delta_{1-2} = 1.0$$

Для магістралей 3–4 (вул. Івана Дзюби) найближче регульоване перехрестя знаходиться на відстані $L = 305$ м по магістралі 4.

Тоді коефіцієнт впливу світлофорного регулювання дорівнює:

$$\delta_{3-4} = \frac{305}{305 + \frac{6.94^2}{2 \cdot 1.2} + \frac{6.94^2}{2 \cdot 1} + 6.94 \cdot \frac{95 + 2 \cdot 3}{2}} = 0.435.$$

Скоригована пропускна здатність однієї смуги за формулою 2.5 дорівнює:

Магістраль 1-2:

$$N'_{\text{см}} = 1400 \cdot 1.0 = 1400 \text{ авт/год.}$$

Магістраль 3-4:

$$N'_{\text{см}} = 1400 \cdot 0.435 = 609 \text{ авт/год.}$$

Необхідна кількість смуг руху

Необхідна кількість смуг на кожній магістралі визначається за формулою (п.3.3. [16]):

$$n = \frac{N_{\text{розр}}}{N'_{\text{см}}} \quad (2.6)$$

де n – необхідна кількість смуг руху транспорту в одному напрямку;

$N_{\text{розр}}$ – максимальна інтенсивність руху транспорту на магістралі в одному напрямку, авт./год;

Пропускна здатність кожної магістралі в одну сторону визначаємо за формулою (п.3.3. [16]):

$$N_{\text{маг}} = N'_{\text{см}} \cdot k_n \quad (2.7)$$

де k_n – коефіцієнт ефективності використання смуг руху транспортом, який приймаємо для однієї смуги руху за 1,0 (за відсутності на перегоні зупинок громадського транспорту або якщо їх влаштовано за межами

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проїзної частини в «кишенях»), для двох – 1,9, для трьох – 2,7, для чотирьох – 3,5.

Інтенсивність руху транспорту наведена в таблиці 1.2. Аналітичний розділ

Результати розрахунку необхідної кількості смуг і їх пропускну здатність зведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Розрахунок кількості смуг руху

№	Найменування магістралі	N, авт/год	N'см·δ, авт/год	Коеф. δ	n розр., смуг руху	n прийн., смуг руху	Коеф. k_n	$N_{\text{маг}}$, авт/год.
1	просп. Ак. Корольова (вхід)	1039	1400	1,0	0.74	2	1.9	2660
2	вул. Ак. Корольова (вхід)	1502	1400	1,0	1.07	2	1.9	2660
3	вул. І. Дзюби (пн.-сх. вхід)	731	609	0.435	1.2	2	1.9	2660
	вул. І. Дзюби (пн.-сх. вихід)	949	609	0.435	1.55	1*	1.0	609
4	вул. І. Дзюби (пд.-зх. вхід)	707	609	0.435	1.16	1	1.0	609
	вул. І. Дзюби (пд.-зх. вихід)	594	609	0.435	0.97	2	1.9	1150
Примітки: *Прийняття 1-ї смуги руху зумовлено недостатньою кількістю місця для 2-ї смуги								

Розрахунок ширини проїзних частин магістралей

Для визначення ширини проїзної частини кожної магістралі ($B_{\text{маг}}$) розраховуємо за формулою (п.3.3. [16]):

$$B_{\text{маг}} = 2nb + r + 2\Delta \quad (2.8)$$

де n – прийнята для проектування кількість смуг руху транспорту;

b – ширина однієї смуги руху транспорту (прийм. відп. до п.7.27 ДБН [2]), м;

r – ширина розподільчої смуги між напрямками руху транспорту (прийм. відп. до п. 5.1.14 ДБН [2]), м;

Δ – ширина смуги безпеки між крайньою смугою руху і бортовим каменем (прийм. відп. до п. 5.12 ДБН [2]), м.

Ширина проїжджої частини для магістралей дорівнює:

магістраль 1:

$$B_{\text{маг}} = 2 \cdot 3 \cdot 2 + 4 \cdot 0.5 = 14 \text{ м.}$$

магістраль 2:

$$B_{\text{маг}} = 2 \cdot 3 \cdot 2 + 2 + 4 \cdot 0.5 = 16 \text{ м.}$$

магістраль 3 та 4:

$$B_{\text{маг}} = 3 \cdot 3 + 0 + 2 \cdot 0.5 = 10 \text{ м.}$$

2.2.2. Розрахунок ширини тротуарів

Ширину тротуарів визначається з умови пропуску розрахункового потоку пішоходів.

Необхідна кількість смуг руху на пішохідній частині тротуару (n) визначаємо за формулою (п.3.4. [16]):

$$n = \frac{N_{\text{зад}}}{N_{\text{п.см}}} \quad (2.9)$$

де $N_{\text{зад}}$ – задана величина інтенсивності пішохідного руху в години "пік", піш/год;

$N_{\text{п.см.}}$ – пропускна здатність однієї смуги руху (необхідну величину приймаємо згідно з табл. 6 [16]), піш./год.

Ширину пішохідної частини тротуару визначають за формулою (п.3.4. [16]):

$$B_{\text{тр}} = n \cdot 0.75 \quad (2.10)$$

де $B_{\text{тр}}$ – ширина пішохідної частини тротуару, м.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина пропускної здатності пішохідної частини тротуару встановлюємо за формулою (п.3.4. [16]):

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{п.см.}} \cdot \frac{B_{\text{тр}}}{0,75} \quad (2.11)$$

Отримані дані порівнюємо з вимогами [2] і приймаємо необхідну ширину пішохідної частини тротуарів та встановлюємо пропускну здатність.

Мінімальна нормативна ширина тротуару згідно [2] для магістральних вулиць загальноміського значення – 3.0м, для районного – 2.25.

Інтенсивність пішохідних руху приймаю відповідно табл. 1.7.

Тоді результати розрахунку складаю в табл.2.2.

Таблиця 2.2.

Розрахунок кількості смуг руху тротуару

№	Найменування магістралі біля якої розташований тротуар	$N_{\text{зад}},$ піш/год	$N_{\text{п.см.}}$ піш/год	$n,$ смуг руху	$n,$ прийнято смуг руху	$B_{\text{тр}},$ м	$N_{\text{маг}},$ авт/год.
1	вул. І. Дзюби (пд.-зх. вихід)	700	700	1	4	3.0	2800
2	просп. Ак. Корольова (вихід)	200	500	0.4	3	2.25	1500
3	просп. Ак. Корольова (вхід)	200	500	0.4	3	2.25	1500
4	вул. І. Дзюби (пн.-сх. вихід)	800	800	1	4	3.0	3200
5	вул. Ак. Корольова (вихід)	800	800	1	4	3.0	3200
6	вул. Ак. Корольова (вхід)	700	1000	0.7	4	3.0	4000

2.2.3. Проектування велосипедної інфраструктури

В данному проєкті я передбачаю встановлення велосипедної мережі в вигляді відокремлених від проїжджої частини велосипедних доріжок.

Під час проектування велосипедної інфраструктури були враховані нормативи ДСТУ [12].

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Доріжки запроектовані з двохстороннім рухом завширшки не менше 2.5м. (п.5.3.10 [2]).

У місцях перетину, розгалуження чи примикання велосипедних смуг та доріжок запроектовано з заокруглення радіусом не менше ніж 3,0 м. Мінімально допустимий радіус заокруглення становить 1,0 м.

Розділювальну смугу між тротуаром і велодоріжкою завширшки менше ніж 0,75 м має бути влаштовано в одному рівні з пішохідною зоною тротуару та вона повинна мати тверде покриття. При цьому має бути виконано хоча б одну з вимог до покриття розділювальної смуги:

— поверхня покриття має бути чіткою на дотик (влаштована з дрібної негладкої бруківки, так тильної плитки тощо) та відрізнятися від покриття пішохідної зони тротуару та велосипедної доріжки;

— колір покриття має відрізнятися від кольору пішохідної зони тротуару та велосипедної доріжки.

Розділювальні смуги завширшки не менше ніж 0,75 м можуть мати смугу озеленення (п. 5.1.18 [12]).

На магістралі №3 було улаштовано спільні велосипедно-пішохідні доріжки з урахуванням інтенсивності руху пішоходів і відповідають нормам п.5.1.6 [12].

Велосипедні переїзди на саморегульованих кільцевих перетинах при діаметрі кільця до 40 м потрібно влаштовувати поряд з пішохідним переходом, але не менше ніж 5 м від зовнішнього краю смуги на перехресті (п.6.3.5 [12]).

За наявності регулярного велосипедного руху на велосипедних доріжках рекомендовано передбачати освітлення відповідно до вимог ДБН В.2.5-28.

Велосипедні доріжки та велосипедні переїзди в нічний час мають бути освітленими на відстані не менше ніж 60 м від місця перетину з автомобільною дорогою загального користування (п.7.4.6 [12]).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Обґрунтування схеми організації дорожнього руху

Вибір схеми організації дорожнього руху здійснювався згідно з вимогами [2] та [9].

На основі розрахункових значень перспективної інтенсивності $N_{\text{розр.}} = 3979$ авт./год (таблиця 1.2. Аналітичний розділ) розглядаються дві схеми організації руху: регульований перетин (Варіант 1) та саморегульований кільцевий перетин - СКП (Варіант 2). Оцінка пропускної здатності та максимальної інтенсивності на перетині виконується за умовою (п.4 [16]):

$$\sum N_{\text{пер}} \geq \sum N_{\text{розр}} \quad (2.12)$$

де $N_{\text{пер}}$ – пропускна здатність перетину, авт./год;

$N_{\text{розр}}$ – максимальна інтенсивність руху на перетині, авт./год.

Нерегульований перетин не розглядається як варіант, тому що згідно табл. 6.1. [2] його можна влаштовувати тільки на міських та сільських вулицях.

2.3.1. Перший варіант - регульований перетин

Пропускна здатність однієї смуги руху транспорту у стоп-лінії на перетині для кожної магістралі може бути визначена за формулою (21) [16]:

$$N_{\text{пер}} = \frac{3600 \cdot \left(t_3 - \frac{0,5V_0}{a} \right)}{t_0 T_{\text{ц}}} \quad (2.13)$$

де t_3 – тривалість зеленого сигналу світлофора для даної магістралі, с;

t_0 – час, необхідний для проходження стоп-лінії, $t_p + t_1$ (1,5 – 4 с);

$T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу роботи світлофора на перехресті ($t_4 + t_3 + 2t_{\text{ж}}$), с;

V_0 – типова швидкість проходження перетину (20,0 – 30,0 км/год), м/с.

Тоді пропускна здатність проїзної частини магістралей, що перетинаються визначається за формулою (п.4.2. [16]):

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{п.ч.} = 2N_{см} \cdot k_n \quad (2.14)$$

де k_n – коефіцієнт ефективності використання смуг руху транспортом, який приймаємо для однієї смуги руху за 1,0 (за відсутності на перегоні зупинок громадського транспорту або якщо їх влаштовано за межами проїзної частини в «кишенях»), для двох – 1,9, для трьох – 2,7, для чотирьох – 3,5.

Пропускна здатність перехрестя визначається за формулою (п.4.2. [16]):

$$N_{вуз.} = \Sigma N_{п.ч.} \quad (2.15)$$

Планування світлофорного регулювання розроблені відповідно до вимог [11]. Параметри сигнального плану для регульованого перетину наведено в таблиці 2.3.

Таблица 2.3

Сигнальний план Варіанту 1 (Тц = 100 с)

№	Найменування магістралі	tз, с	tж, с	tч, с	Смуг на вхід	N _{см} , авт/год
1	просп. Ак. Корольова (вхід 1)	28	3	69	2	816
2	вул. Ак. Корольова (вхід 2)	43	3	54	2	816
3	вул. І. Дзюби (вхід 3, пн.-сх.)	43	3	54	2	816
4	вул. І. Дзюби (вхід 4, пд.-зх.)	25	3	72	1	483

Пропускна здатність однієї смуги руху транспорту у стоп-лінії на перетині для кожної магістралі дорівнює:

магістраль 1:

$$N_{пер} = \frac{3600 \cdot \left(28 - 0.5 \cdot \frac{6.94}{0.8}\right)}{3 \cdot 100} = 284 \text{ авт/год.}$$

магістраль 2:

$$N_{пер} = \frac{3600 \cdot \left(43 - 0.5 \cdot \frac{6.94}{0.8}\right)}{3 \cdot 100} = 464 \text{ авт/год.}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магістраль 3:

$$N_{\text{пер}} = \frac{3600 \cdot \left(43 - 0.5 \cdot \frac{6.94}{0.8}\right)}{3 \cdot 100} = 464 \text{ авт/год.}$$

магістраль 4:

$$N_{\text{пер}} = \frac{3600 \cdot \left(25 - 0.5 \cdot \frac{6.94}{0.8}\right)}{3 \cdot 100} = 250 \text{ авт/год.}$$

Тоді пропускна здатність проїзної частини магістралей, що перетинаються, дорівнює:

магістраль 1:

$$N_{\text{п.ч}} = 2 \cdot 284 \cdot 1.9 = 1080 \text{ авт/год.}$$

магістраль 2:

$$N_{\text{п.ч.}} = 2 \cdot 464 \cdot 1.9 = 1763 \text{ авт/год.}$$

магістраль 3:

$$N_{\text{п.ч.}} = 2 \cdot 464 \cdot 1.9 = 1763 \text{ авт/год.}$$

магістраль 4:

$$N_{\text{п.ч.}} = 2 \cdot 250 \cdot 1.0 = 500 \text{ авт/год.}$$

Тоді пропускна здатність перехрестя дорівнює:

$$N_{\text{вуз.}} = 1080 + 1763 + 1763 + 500 = 5106 \text{ авт/год.}$$

Перевіряємо виконання умови нерівності (2.12):

$$N_{\text{пер}} = N_{\text{вуз.}} = 5106 \text{ авт/год} > N_{\text{розр}} = 3979 \text{ авт/год.}$$

Умова виконується.

Планувальне рішення першого варіанту реконструкції перетину зображено в графічній частині проєкту на аркуші 3.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2. Другий варіант. Саморегульований кільцевий перетин (СКП)

Пропускна здатність ділянки перебудови кільця $N_{\text{пр}}$ приймається за таблицею параметрів СКП (п.5, табл. 2 [16]) залежно від розрахункової швидкості. При $V_{\text{розр}} = 25 \text{ км/год}$:

$$L_{\text{п}} = 25 \text{ м}$$

$$R_0 = 25 \text{ м}$$

$$N_{\text{пр}} = 600 \text{ авт/год}$$

Необхідна кількість смуг руху на СКП визначається за формулою (п.5 [16]):

$$n = \frac{N_p^{\text{max}}}{N_{\text{пр}}} + 1 \quad (2.16)$$

Де n – кількість смуг руху в перерізі СКП;

N_p^{max} – максимальна інтенсивність руху на кільці (див. табл. 2);

$N_{\text{пр}}$ – пропускна здатність ділянок перестроювання, од./год.

Ширина проїздної частини визначається за формулою (п.5 [16]):

$$B_k = n \cdot v \quad (2.17)$$

Де n – кількість смуг руху на кільці;

v – ширина смуги руху на кільці;

Радіус зовнішнього кільця визначається за формулою (п.5 [16]):

$$R_{\text{зовн}} = R_0 + B_k \quad (2.18)$$

Де R_0 – радіус внутрішнього кільця, м;

B_k – ширина проїздної частини кільця.

Для визначення N_p^{max} потрібно встановити інтенсивності у всіх перерізах на кільці. Для цього розрахунок проводимо в табл. 2.4.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4

Встановлення інтенсивності в перерізах кільця

№	I переріз		II переріз		III переріз		IV переріз	
	Напря м руху транс.	N_p авт/год	Напря м руху транс.	N_p авт/год	Напря м руху транс.	N_p авт/год	Напря м руху транс.	N_p авт/го д
2	1-2	622	2-1	654	1-2	622	1-2	622
3	1-3	181	2-2		2-2		1-3	181
4	1-4	237	2-3	608	3-1	231	2-2	
5	2-2		2-4	240	3-2	383	2-3	608
6	2-3	608	3-1	231	3-3		3-3	
7	2-4	240	3-3		3-4	117	4-1	335
8	3-3		3-4	117	4-1	335	4-2	212
9	3-4	117	4-1	335	4-2	212	4-3	160
ΣN_p		2005		2185		1900		2128

Найбільший $\Sigma N_p = 2185$ авт/год в II перерізі.

Тоді необхідна кількість смуг за формулою 2.16 дорівнює:

$$n = \frac{2185}{600} + 1 = 4,64 \approx 5 \text{ смуг руху.}$$

В умовах обмеженої існуючої забудови неможливо забезпечити розрахункову кількість смуг руху без скорочення нормативної ширини тротуарів та велодоріжок. Тому прийнято **2 смуги руху** як мінімально допустима кількість для кільцевого перетину.

Працездатність прийнятого рішення підтверджена результатами мікромоделювання у PTV Vissim. Результати моделювання другого варіанту реконструкції (СКП) для перспективного транспортного потоку показали: середня затримка транспортного засобу становить **29.19 с/авт**, середня швидкість руху – **14.73 км/год**, кількість конфліктних ситуацій – **34 шт.** Порівняно з існуючим положенням (затримка 65.86 с/авт, швидкість 8.54

км/год, 116 конфліктних ситуацій) прийнята схема забезпечує зниження затримки у **2.3 рази** та підвищення швидкості руху у **1.7 рази**.

Таким чином, незважаючи на теоретичне перевантаження за аналітичним розрахунком, мікромодельовання підтверджує задовільну працездатність СКП в умовах реального розподілу потоків.

Тому приймаю **2 смуги руху** та розраховую їхню ширину проїзної частини за формулою 2.17:

$$B_K = 2 \cdot 3.5 = 7 \text{ м.}$$

Радіус зовнішнього кільця визначаю за формулою

$$R_{\text{зовн}} = 25 + 7 = 32 \text{ м}$$

Планувальне рішення другого варіанту реконструкції перетину зображено в графічній частині проєкту на аркуші 4.

2.4. Вертикальне планування варіантів реконструкції

2.4.1. Проєктування поздовжніх профілів перетину магістралей

Поздовжні профілі магістралей оформлюють в масштабі $M_{\text{гориз}} 1:1000$ $M_{\text{верт}} 1:100$ згідно [13].

Мінімальна відстань між точками переломлення поздовжнього профілю, яка приймається відповідно до [2] залежно від розрахункової швидкості яка дорівнює $V_{\text{розр}} = 25 \text{ км/год.}$

Основні нормативні значення параметрів поздовжнього профілю прийняті за [2], таблиця 5.7.

Поздовжні профілі магістралей обох варіантів реконструкції наведені в графічній частині проєкту на аркуші 6.

2.4.2. Розробка вертикального планування

Вертикальне планування прилеглої до перетину території, як на підходах до вузла, так і в його межах, виконано методом проєктних горизонталей відповідно до методики [17]. Роботи виконані в програмному

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплексі Autodesk Civil 3D 2023, що дозволило автоматизувати побудову цифрової моделі рельєфу, генерацію проєктних горизонталей та підрахунок обсягів земляних робіт. Креслення оформлено в масштабі М 1:500 з висотою перерізу проєктних горизонталей 0.20 м.

Поздовжні та поперечні похили проїзної частини і тротуарів прийняті відповідно до [2]: для проїзної частини, тротуарів і велосипедних доріжок - 20‰.

На кресленні вертикального планування показано спосіб сполучення проєктної поверхні з існуючим рельєфом: за допомогою укосів насипу або виїмки, планувальних підсипань. Відмітки існуючого рельєфу отримані з топографічної карти м. Київ та уточнені в Civil 3D.

Плани вертикального планування варіантів реконструкції зображено в графічній частині проєкту на аркуші 7.

2.4.3. Розміщення дощеприймальних споруд

Розміщення зливоприймальних колодязів прийнято на основі нормативних принципів і параметрів поздовжніх похилів магістралей відповідно до вимог [6].

У межах даного проєкту гідрологічні та гідравлічні розрахунки системи поверхневого водовідведення (діаметри труб гілок і колекторів) виконуються конструктивно.

Зливоприймальні споруди розміщуються в лотках проїзної частини за такими принципами: колодязі встановлюються в найнижчих точках рельєфу проїзної частини; додатково передбачається перехват поверхневого стоку з проїзних частин та тротуарів обох магістралей безпосередньо перед межею перетину.

Схема розміщення дощеприймальних колекторів зображено в графічній частині проєкту на аркуші 7.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.4. Розрахунок обсягів земляних робіт

Для реалізації обох варіантів реконструкції транспортного вузла передбачається виконання земляних робіт: планування поверхні в межах перетину, влаштування виїмок і насипів на проїзних та пішохідних частинах магістралей, а також формування центрального островця СКП (Другий Варіант).

Обсяги земляних робіт визначено автоматизовано в програмному комплексі Autodesk Civil 3D 2023 методом композитних об'ємів (Composite Volumes). Метод базується на порівнянні двох TIN-поверхонь існуючого рельєфу та проектної поверхні шляхом тріангуляції різницевої поверхні та чисельного інтегрування по кожному трикутнику мережі [22].

Відмітки існуючого рельєфу отримано з топографічної карти м. Київ та перенесено в Civil 3D для побудови TIN-поверхні існуючого положення. Проектна поверхня сформована на основі поздовжніх і поперечних профілів магістралей з урахуванням нормативних похилів проїзної частини та тротуарів.

При підрахунку обсягів насипу застосовано коефіцієнт розпушування 1,2; для зрізки коефіцієнт ущільнення 0,9. Обсяги земляних робіт для Варіанту 1 (регульований перетин) та Варіанту 2 (СКП) розраховано окремо, оскільки проектні поверхні відрізняються геометрією побудови. Результати наведено в таблицях 2.5 і 2.6.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5

**Загальна відомість розрахунку обсягів земляних робіт першого
варіанту реконструкції**

Назва характерних точко на плані	Коефіцієнт зрізки	Коефіцієнт насипу	2D Площа (кв.м)	Зрізка (куб.м)	Насип (куб.м)	Нетто* (куб.м)
2-А та 1-А, 1'- А'	0.9	1.2	10970.31	65.93	1739.20	1673.26
3-С	0.9	1.2	3614.35	55.85	353.56	313.24
4-В	0.9	1.2	2587.29	8.56	518.74	510.18
Підсумки						
			2D Площа (кв.м)	Зрізка (куб.м)	Насип (куб.м)	Нетто* (куб.м)
Всього			17171.95	110.67	2709.88	2599.22

*Примітка: нетто – це різниця між насипом і зрізкою

Таблиця 2.6

**Загальна відомість розрахунку обсягів земляних робіт другого
варіанту реконструкції**

Назва характерних точко на плані	Коефіцієнт зрізки	Коефіцієнт насипу	2D Площа (кв.м)	Зрізка (куб.м)	Насип (куб.м)	Нетто* (куб.м)
1'-А'	0.9	1.2	827.66	2.24	106.39	104.14
1-А	0.9	1.2	803.2	13.48	61.24	47.76
2-2.1-В'	0.9	1.2	1960.87	183.07	123.82	273.19
3-3.1-С'	0.9	1.2	1450.2	7.71	297.18	289.46
4-4.1-Д'	0.9	1.2	1836.35	18.66	262.86	244.2
2.1-В'-С-3.1	0.9	1.2	1142.4	210.86	6.73	204.14
4.1-Д	0.9	1.2	631.43	19.43	6.49	12.94
Центральне кільце	0.9	1.2	8750.44	447.2	1220.56	773.37
Підсумки						
			2D Площа (кв.м)	Зрізка (куб.м)	Насип (куб.м)	Нетто* (куб.м)
Всього			17307.26	902.66	2064.46	1161.8

*Примітка: нетто – це різниця між насипом і зрізкою

Загальні обсяги робіт дорівнюють:

перший варіант

$$V = 110.67 + 2709.88 = 2820.55 \text{ м}^3$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

другий варіант

$$V = 902.66 + 2064.46 = 2967.12 \text{ м}^3$$

Другий варіант є більш економічним за обсягами земляних робіт. Різниця між насипом і зрізкою (нетто) другого варіанту становить 1161.8 м³, що на 1437.4 м³ менше порівняно з першим варіантом (нетто 2599.2 м³), тобто на 55.3%. Незважаючи на те, що загальний обсяг земляних робіт (V) першого варіанту є меншим (2820.55 м³ проти 2967.12 м³), другий варіант є економічнішим завдяки меншому дисбалансу між насипом і зрізкою, що дозволяє частково компенсувати витрати на транспортування ґрунту за рахунок використання зрізаного ґрунту для влаштування насипу.

2.5. Інженерне обладнання перетину

2.5.1. Перекладання підземних інженерних мереж

Підземні інженерні мережі в межах реконструкції вузла розміщуються відповідно до поперечних профілів магістралей. Під тротуарами та розділювальними смугами передбачається прокладання мереж у каналах; у межах розділювальних смуг розміщуються водопровід, газопровід, господарсько-побутова та дощова каналізація.

Порівняння планів перекладки інженерних мереж для обох варіантів реконструкції наведено в таблиці 2.7.

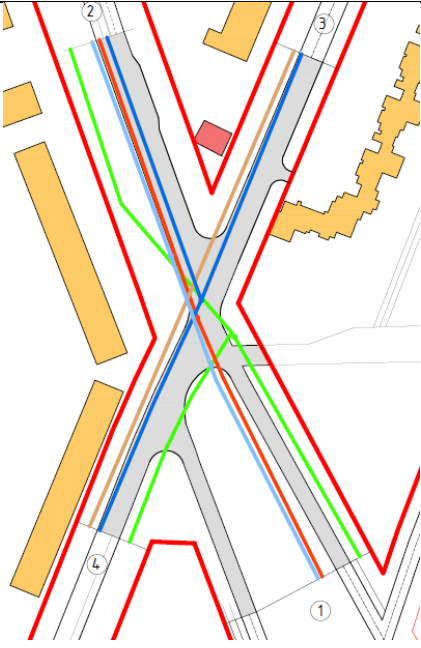
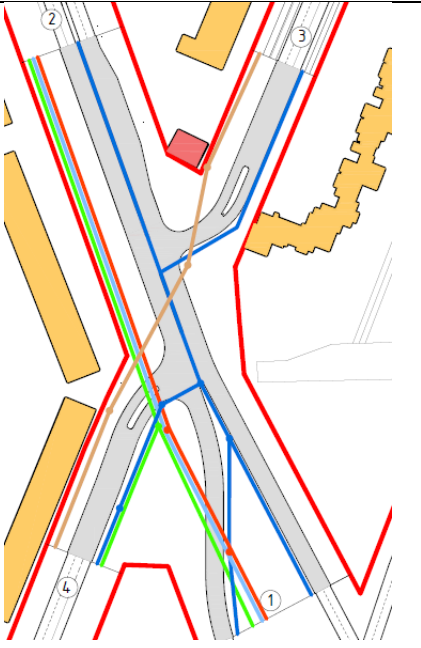
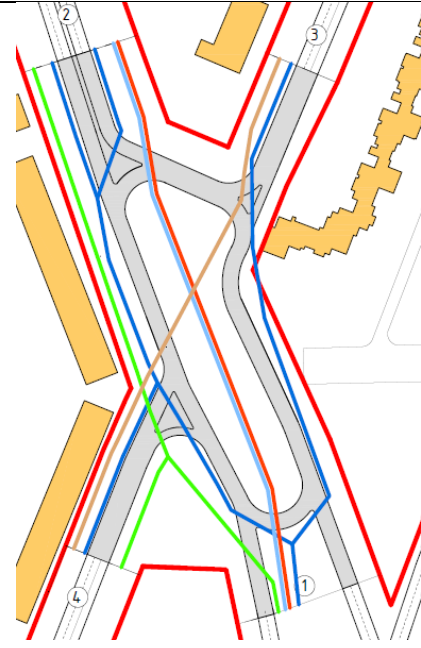
Взаємне розташування інженерних мереж виконані з врахуванням вимог додатку И.1 та И.2 [7]

За результатами порівняльного аналізу (табл. 2.7.) протяжності інженерних мереж варіантів реконструкцій встановлено, що загальна протяжність мереж у існуючому положенні становить 1516 м, після реконструкції за першим варіантом – 1630 м (+7,5%), за другим варіантом – 1748 м (+15,3%). За сукупністю показників перший варіант реконструкції передбачає менший обсяг перекладки інженерних мереж.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7.

Порівняльний аналіз перекладки інженерних мереж

Схема розташування інженерних мереж				
		Існуюче положення	Перший варіант реконструкції	Другий варіант реконструкції
Протяжність інженерних мереж, м	Газ (середнього тиску)	387	327	337
	Каналізація (побутова)	244	232	245
	Каналізація (дощова)	367	547	648
	Водопостачання (гаряче)	259	262	259
	Водопостачання (господ.-питне)	259	262	259
	Всього	1516	1630	1748

2.5.2. Освітлення

Проектування вуличного освітлення у зоні реконструкції виконано відповідно до вимог [5].

Точні світлотехнічні розрахунки потребують спеціалізованого програмного забезпечення та повного доступу до нормативної бази, тому розміщення та кількість опор прийнято конструктивно з урахуванням геометрії проїзної частини та вимог рівномірного освітлення. Для першого варіанту реконструкції передбачено встановлення 14 опор освітлення, для другого варіанту – 22 опори. Збільшення кількості опор у другому варіанті обумовлено кільцевою геометрією перехрестя та необхідністю рівномірного освітлення проїзної частини по всьому периметру острівця.

Джерела світла приймаємо світлодіодного типу (LED), що відповідає сучасним вимогам енергоефективності та забезпечують стабільний світловий потік протягом усього терміну експлуатації.

2.5.3. Озеленення та захист від шуму

Зелені насадження на вулицях і дорогах виконують захисну функцію від шуму, пилу та вихлопних газів, а також сприяють покращенню мікроклімату прилеглої території. Відповідно до вимог п. 11.2–11.9 [2], зелені насадження не повинні перешкоджати руху транспортних засобів та пішоходів. У межах трикутника видимості на перехрестях і пішохідних переходах не допускається розташування дерев і чагарників висотою більше 0,5 м. З урахуванням зазначених обмежень у межах реконструйованого вузла передбачається газонне озеленення.

Для захисту прилеглої житлової забудови від транспортного шуму проектом передбачено встановлення шумозахисних екранів прозорого типу. Прозорі акустичні екрани обрано з метою збереження природного освітлення прилеглих територій та забезпечення зорової відкритості простору.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивний розрахунок шумозахисних екранів наведено у конструктивному розділі дипломного проєкту.

2.5.4. Дорожній одяг

Конструкції дорожнього одягу вулиць, доріг, тротуарів та інших елементів поперечного профілю у населених пунктах приймаються на основі техніко-економічних порівнянь з урахуванням категорії вулиці, перспективної інтенсивності руху та складу транспортного потоку, кліматичних і гідрологічних умов, наявності будівельних матеріалів, підземних комунікацій та споруд, а також вимог безпеки дорожнього руху.

Конструктивний розрахунок дорожнього одягу проїзної частини для обох варіантів реконструкції виконано з урахуванням зазначених вимог і наведено у конструктивному розділі дипломного проєкту.

2.5.5. Зупинки громадського транспорту

Розміщення і облаштування зупинок громадського транспорту здійснюється з урахуванням вимог [2]. Зупинки розміщуються за перехрестям на відстані 5–10 м від пішохідного переходу та на відстані не менше 20 м від перехрестя відповідно до п. 5.4.2–5.4.5 [2].

Проєктом реконструкції передбачено влаштування кишені для зупинки по вул. Академіка Корольова. На зупинках передбачено встановлення павільйонів очікування, що забезпечують захист пасажирів від атмосферних опадів. Також передбачено облаштування зупинок відповідно до вимог безбар'єрного доступу з улаштуванням тактильних покриттів та пандусів для маломобільних груп населення.

2.5.6. Забезпечення інклюзивності та безбар'єрного доступу

Проєктні рішення реконструкції транспортного вузла розроблено з урахуванням вимог [4] щодо забезпечення доступності для маломобільних

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

груп населення (МГН), до яких належать особи з інвалідністю, особи з тимчасовими порушеннями здоров'я, вагітні жінки, люди похилого віку та особи з дитячими колясками.

На всіх наземних пішохідних переходах передбачено влаштування знижень бордюрного каменю зі з'їздами-пандусами ухилом не більше 10 % відповідно до п. 5.3.1. [4].

На шляхах руху пішоходів та у зоні пішохідних переходів передбачено тактильні напрямні та попереджувальні покриття відповідно до розділу 8 [4]. Решітки водостоків прийнято із чарунками шириною не більше 0,015 м згідно з п. 5.1.8 [4].

2.6. Визначення транспортно-експлуатаційних і техніко-економічних показників проєкту

2.6.1. Кошторисно-фінансовий розрахунок

Кошторисно-фінансовий розрахунок будівництва запроєктованого перетину складають за табл. 2.8. Вихідними даними для цього є встановлені обсяги основних будівельних робіт.

Для визначення кошторисної вартості будівництва застосовуються каталоги Єдиних районних одиничних розцінок, що містять вартість одиниці кожного виду будівельних робіт з урахуванням їх складності та регіональних особливостей. Загальна вартість окремого виду робіт визначається як добуток його обсягу на відповідну одиничну розцінку.

Вартість будівництва всього об'єкта встановлюється за підсумковими даними кошторисно-фінансового розрахунку. При визначенні вартості 1 м² вулиці враховуються всі витрати, що припадають на одиницю запроєктованої площі. Вартість будівництва проїзної частини визначається сумою витрат на влаштування дорожнього одягу, водовідвідних споруд та встановлення бортового каменю, а вартість 1 м² дорожнього одягу охоплює витрати на влаштування корита, основи, підстиляючого шару та покриття.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8

**Кошторисно-фінансовий розрахунок першого варіанту
реконструкції**

№ з/п	Види будівельних робіт	Одиниця виміру	Вартість одиниці виміру, грн	Обсяг робіт	Загальна вартість, грн
1. Земляні роботи					
1	Земляні роботи	м ³	600	2820.00	1,692,200.00 ₴
2. Дорожній одяг					
2	Влаштування дорожнього одягу магістралей	м ²	4,000	6203.00	24,812,000.00 ₴
3	Влаштування дорожнього одягу тротуарів	м ²	3,000	2915.00	8,745,000.00 ₴
4. Водовідведення					
4.1	Влаштування або реконструкція дощоприймального колектора	1 м.п.	7,000	547.00	3,829,000.00 ₴
4.2	Влаштування дощоприймальних колодязів	1 шт.	11,500	9.00	103,500.00 ₴
4.3	Влаштування оглядових колодязів	1 шт.	14,000	7.00	98,000.00 ₴
5. Бортовий камінь					
5	Влаштування бортового каменю	1 м.п.	600	1118.00	670,800.00 ₴
6. Освітлення					
6	Влаштування освітлювальних опор	шт.	20,000	14.00	280,000.00 ₴
Проміжна сума					40,230,300.00 ₴
7. Перекладка інженерних мереж					
7.1	Каналізація побутова	1 м.п.	6000.00	232.00	1,392,000.00 ₴
7.2	Водопровід (господарсько-питний)	1 м.п.	7000.00	262.00	1,834,000.00 ₴
7.3	Гаряче водопостачання	1 м.п.	7000.00	262.00	1,834,000.00 ₴
7.4	Газ середнього тиску	1 м.п.	9000.00	327.00	2,943,000.00 ₴
Остаточна сума					48,233,300.00 ₴

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9

**Кошторисно-фінансовий розрахунок другого варіанту
реконструкції**

№ з/п	Види будівельних робіт	Одиниця виміру	Вартість одиниці виміру, грн	Обсяг робіт	Загальна вартість, грн
1. Земляні роботи					
1	Земляні роботи	м³	590	2967.00	1,780,200.00 ₴
2. Дорожній одяг					
2	Влаштування дорожнього одягу магістралей	м²	4,000	6646.00	26,584,000.00 ₴
3	Влаштування дорожнього одягу тротуарів	м²	3,000	3339.00	10,017,000.00 ₴
4. Водовідведення					
4.1	Влаштування або реконструкція дощоприймального колектора	1 м.п.	7,000	648.00	4,536,000.00 ₴
4.2	Влаштування дощоприймальних колодязів	1 шт.	11,500	12.00	138,000.00 ₴
4.3	Влаштування оглядових колодязів	1 шт.	14,000	8.00	112,000.00 ₴
5. Бортовий камінь					
5	Влаштування бортового каменю	1 м.п.	600	1336.00	801,600.00 ₴
6. Освітлення					
6	Влаштування освітлювальних опор	шт.	20,000	22.00	440,000.00 ₴
Проміжна сума					44,408,800.00 ₴
7. Перекладка інженерних мереж					
7.1	Каналізація побутова	1 м.п.	6000.00	245.00	1,470,000.00 ₴
7.2	Водопровід (господарсько-питний)	1 м.п.	7000.00	259.00	1,813,000.00 ₴
7.3	Гаряче водопостачання	1 м.п.	7000.00	259.00	1,813,000.00 ₴
7.4	Газ середнього тиску	1 м.п.	9000.00	337.00	3,033,000.00 ₴
Остаточна сума					52,537,800.00 ₴

За результатами кошторисно-фінансового розрахунку вартість реконструкції за першим варіантом становить 48,233,300.00 ₴, за другим – 52,537,800.00 грн. Перший варіант є менш витратним, різниця між варіантами

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складає 4,304,500,00 грн, що становить близько 8.9% від вартості другого варіанту.

2.6.2. Розрахунок річних дорожніх витрат

Річні дорожні витрати до реконструкції D визначаємо як витрати, які складаються з щорічних витрат на реконструкцію, капітальний та поточний ремонт дорожнього одягу, а також утримання дорожнього покриття перетину і розраховуються за формулою (п.11.2 [16]):

$$D = 0,01 \cdot C_{\text{од}} \cdot (p_1 + p_2) + F \cdot a \quad (2.19)$$

Де $C_{\text{од}}$ – вартість будівництва дорожнього одягу;

p_1 – щорічний процент відрахувань на реконструкцію та капітальний ремонт дорожнього одягу (у курсовому проєкті рекомендується приймати 5%);

p_2 – щорічний процент відрахувань на поточний ремонт дорожнього одягу (у курсовому проєкті рекомендується приймати 1%);

F – площа дорожнього покриття;

a – вартість утримання м^2 дорожнього покриття перетину.

Річні дорожні витрати після реконструкції D' розраховуються за тією ж формулою з підставленням відповідних значень.

Для оцінки ефективності влаштування проєктного рішення реконструкції, ΔD розраховують за формулою (п.11.2 [16]):

$$\Delta D = D' - D \quad (2.20)$$

де ΔD – різниця дорожніх витрат до і після реконструкції, грн.

Тоді річні дорожні витрати до реконструкції дорівнюють:
перший варіант

$$D = 0,01 \cdot 24,812,000.00 \cdot (0.05 + 0.01) + 6165 \cdot 100 = 631,387.00 \text{ грн.}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

другий варіант

$$Д = 0,01 \cdot 26,584,000.00 \cdot (0.05 + 0.01) + 6165 \cdot 100 = 632,450.00 \text{ грн.}$$

Річні дорожні витрати для **першого і другого варіанту реконструкції** дорівнюють:

перший варіант

$$Д' = 0,01 \cdot 24,812,000.00 \cdot (0.05 + 0.01) + 6203 \cdot 100 = 635,187.00 \text{ грн.}$$

другий варіант

$$Д' = 0,01 \cdot 26,584,000.00 \cdot (0.05 + 0.01) + 6646 \cdot 100 = 680,550.00 \text{ грн.}$$

Тоді $\Delta Д$ дорівнює:

перший варіант

$$\Delta Д = 635,187.00 - 631,387.00 = 3,800.00 \text{ грн}$$

другий варіант

$$\Delta Д = 680,550.00 - 632,450.00 = 48,100.00 \text{ грн}$$

Таким чином, обидва варіанти реконструкції передбачають незначне збільшення річних дорожніх витрат порівняно з існуючим станом, що пояснюється збільшенням площі дорожнього покриття. Перший варіант є значно економічнішим в експлуатації: приріст дорожніх витрат у 12.6 разів менший, ніж у другому варіанті, а різниця між варіантами після реконструкції становить 44,300.00 грн на рік.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.3. Річні транспортні втрати

До реконструкції (існуюче положення)

Витрати на проходження регульованого перехрестя будуть складатись з втрат на його проходження у вільному режимі і втрат від простоїв транспорту у світлофора. Для кожної магістралі вони визначаються за формулою (п.11.3 [16]):

$$\sum K = (\sum T_{\text{год}} + \sum T_{\text{дод}}) \times S, \quad (2.21)$$

де $\sum T_{\text{год}}$ – сумарні втрати часу в межах стоп-ліній на перетині до реконструкції;

$\sum T_{\text{дод}}$ – сумарні втрати часу на переміщення від меж перетину до стоп-лінії на перетині до реконструкції;

S – прийнята вартість 1 години часу, грн.

Втрати часу в межах стоп-ліній на перетині до реконструкції визначаються за формулою (п.11.3 [16]):

$$T_{\text{год}} = N \cdot \frac{t_{\text{к}} + 2t_{\text{ж}}}{2 \cdot 3600 \cdot T_{\text{ц}}} ((t_{\text{к}} + t_{\text{ж}}) + 0,56V) \cdot \frac{365}{\beta}, \quad (2.22)$$

де $T_{\text{год}}$ – витрати через простій транспорту біля світлофорів при русі у відповідному напрямку, машино-год;

N – інтенсивність руху транспорту у відповідному напрямку, автом/год.

$t_{\text{к}}$ – тривалість червоного сигналу, с;

$t_{\text{ж}}$ – тривалість жовтого сигналу, с;

$T_{\text{ц}}$ – тривалість світлофорного циклу, с;

V – розрахункова швидкість прямування на перетині, км/год;

β – коефіцієнт добової нерівномірності руху транспорту.

Втрати часу на переміщення від меж перетину після реконструкції до стоп-лінії на перетині до реконструкції визначаються за формулою (п.11.3 [16]):

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{доо}} = N_i \cdot \frac{S}{V} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{\beta}, \quad (2.23)$$

де N_i – інтенсивність руху транспорту у відповідному напрямку, авт/год;
 S – відстань від меж перетину після реконструкції до стоп-ліній на перетині до реконструкції у відповідному напрямку, м;
 β – коефіцієнт добової нерівномірності руху транспорту.

Розрахунок

Втрати часу в межах стоп-ліній на перетині до реконструкції дорівнюють:

магістраль 1

$$T_{\text{год}_1} = 667 \cdot \frac{85 + 2 \cdot 2}{2 \cdot 3600 \cdot 120} ((85 + 5) + 0,56 \cdot 10) \cdot \frac{365}{0,1} = 23222 \text{ год.}$$

магістраль 2

$$T_{\text{год}_2} = 964 \cdot \frac{80 + 2 \cdot 2}{2 \cdot 3600 \cdot 120} ((80 + 5) + 0,56 \cdot 10) \cdot \frac{365}{0,1} = 29966 \text{ год.}$$

магістраль 3

$$T_{\text{год}_3} = 469 \cdot \frac{95 + 2 \cdot 2}{2 \cdot 3600 \cdot 120} ((95 + 5) + 0,56 \cdot 10) \cdot \frac{365}{0,1} = 20124 \text{ год.}$$

магістраль 4

$$T_{\text{год}_4} = 454 \cdot \frac{95 + 2 \cdot 2}{2 \cdot 3600 \cdot 120} ((95 + 5) + 0,56 \cdot 10) \cdot \frac{365}{0,1} = 19481 \text{ год.}$$

Сумарна витрата часу від простою дорівнює:

$$\sum T_{\text{доо}} = 92795 \text{ год}$$

Втрати часу на переміщення від меж перетину після реконструкції до стоп-лінії на перетині до реконструкції дорівнюють:

для входу на перехрестя

$$T_{\text{доо}_1} = 667 \cdot \frac{85}{2,77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0,1} = 20693 \text{ год.}$$

$$T_{\text{доо}_2} = 964 \cdot \frac{100}{2,77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0,1} = 35186 \text{ год.}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\partial\partial\partial_3} = 469 \cdot \frac{81}{2.77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} = 13865 \text{ год.}$$

$$T_{\partial\partial\partial_4} = 454 \cdot \frac{35}{2.77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} = 5799 \text{ год.}$$

на вихід із перехрестя

$$T_{\partial\partial\partial_{1'}} = 783 \cdot \frac{55}{2.77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} = 15718 \text{ год.}$$

$$T_{\partial\partial\partial_{2'}} = 781 \cdot \frac{91}{2.77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} = 25940 \text{ год.}$$

$$T_{\partial\partial\partial_{3'}} = 609 \cdot \frac{81}{2.77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} = 18005 \text{ год.}$$

$$T_{\partial\partial\partial_{4'}} = 381 \cdot \frac{35}{2.77} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} = 4867 \text{ год.}$$

Сумарна витрата часа від переміщення дорівнює:

$$\sum T_{\partial\partial\partial} = 140077 \text{ год}$$

Тоді витрати на проходження регульованого перехрестя будуть дорівнювати:

$$\sum K = (92795 + 140077) \cdot 290 = 67,533,114.00 \text{ грн}$$

Після реконструкції (Перший варіант)

Річні транспортні витрати $\Sigma K'$ на рух транспорту в межах перетину визначають за формулою (п.11.3 [16]):

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma K' = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} / 3600 * \frac{365}{\beta} * S \quad (2.24)$$

де N_{ij} – річна інтенсивність руху транспорту через перетин в ij -напрямку (i -напрямок в'їзду до перетину, а j -напрямок виїзду з нього), авт.;

T_{ij} – затрати одного екіпажу на рух транспорту в межах перетину в ij -напрямку, с;

S – прийнята вартість 1 години часу, грн.;

β – коефіцієнт добової нерівномірності руху транспорту.

Очікуваний соціально-економічний ефект від реконструкції ΔK встановлюється за формулою (п.11.3 [16]):

$$\Delta K = K' - K, \quad (2.25)$$

Таблиця інтенсивності руху транспорту в «години пік» наведена в табл 1.1. Таблицю витрат часу на рух транспорту розраховуємо для кожного із напрямків в програмному комплексі PTV Vissim, розраховані дані наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Таблиця витрат часу на рух транспорту через перетин магістралей за напрямками (перший варіант реконструкції), с

Напрямок в'їзду до перетину	Напрямок виїзду з перетину магістралей			
	1	2	3	4
1	-	46.3	58.26	52.52
2	49.14	-	53.96	56.26
3	219.91	95.5	-	200.98
4	105.08	115.44	113.26	-

Розрахунок витрат для першого варіанту наведений в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Таблиця підрахунку витрат часу на рух транспорту через перетин магістралей за напрямками і в цілому в години „пik”, с

Напря́м в'ї́зду до перетину	Напря́м виї́зду з перетину магістралей				Всього за напрямками виїзду
	1	2	3	4	
1	-	18473.7	6758.16	7983.04	33214.9
2	20638.8	-	21044.4	8664.04	50347.24
3	32546.68	23493	-	15073.5	71113.18
4	22592.2	15699.8	11665.8	-	49957.82
Всього за напрямками виїзду	75777.68	57666.54	39468.34	31720.58	204633.14

Тоді річні транспортні витрати $\Sigma K'$ на рух транспорту в межах перетину дорівнюють:

$$\Sigma K' = \frac{204633}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} \cdot 290 = 60,167,827.00 \text{ грн}$$

Очікуваний соціально-економічний ефект від реконструкції ΔK дорівнює:

$$\Delta K = 60,167,827.00 - 67,533,114.00 = -7,365,287.00 \text{ грн}$$

Економія становить 7,365,287.00 грн на рік, що складає **10.9%** від витрат до реконструкції.

Після реконструкції (Другий варіант)

Таблицю витрат часу на рух транспорту для другого варіанту реконструкції розраховуємо для кожного із напрямків в програмному комплексі PTV Vissim, розраховані дані наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Таблиця витрат часу на рух транспорту через перетин магістралей за напрямками, с

Напря́м в'ї́зду до перетину	Напря́м виї́зду з перетину магістралей			
	1	2	3	4
1	-	54.91	44.24	85.32
2	54.13	-	95.73	58.7
3	52.71	27.39	-	49.48
4	121.39	170.05	195.56	-

Розрахунок витрат для другого варіанту наведений в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Таблиця підрахунку витрат часу на рух транспорту через перетин магістралей за напрямками і в цілому в години „пik”, с

Напря́м в'ї́зду до перетину	Напря́м виї́зду з перетину магістралей				Всього за напрямками виї́зду
	1	2	3	4	
1	-	21909.1	5131.84	12968.6	40009.57
2	22734.6	-	37334.7	9039.8	69109.1
3	7801.08	6737.94	-	3711	18250.02
4	26098.85	23126.8	20142.7	-	69368.33
Всього за напрямками виї́зду	56634.53	51773.83	62609.22	25719.44	196737.02

Тоді річні транспортні витрати $\Sigma K'$ на рух транспорту в межах перетину дорівнюють:

$$\Sigma K' = \frac{196737}{3600} \cdot \frac{365}{0.1} \cdot 290 = 57,846,148.00 \text{ грн}$$

Очікуваний соціально-економічний ефект від реконструкції ΔK дорівнює:

$$\Delta K = K' - K = 57,846,148.00 - 67,533,114.00 = -9,686,966.00 \text{ грн}$$

Економія становить 9,686,966.00 грн на рік, що складає **14.3%** від витрат до реконструкції.

Порівняно з першим варіантом (економія 7,365,287.00 грн, 10.9%), другий варіант забезпечує більшу економію річних транспортних витрат на 2,321,679.00 грн.

2.6.4. Термін окупності капіталовкладень

Термін окупності капіталовкладень (T_0) для влаштування перетину магістралей в різних рівнях визначаємо за формулою (п.11.4 [16]):

$$T_0 = \frac{C}{(K+D)-(K'+D')} \quad (2.26)$$

де C – кошторисна вартість варіанта будівництва перетину магістралей, грн.;

K і K' – річні транспортні втрати до та після реконструкції відповідно, грн.;

D і D' – річні дорожні втрати до та після реконструкції відповідно, грн

Для першого варіанту

$$T_0 = \frac{48,233,300.00}{(67,533,114.00 + 631,387.00) - (60,167,827.00 + 635,187.00)} \\ = 6.55 \text{ роки} \approx 77 \text{ місяців}$$

Для другого варіанту

$$T_0 = \frac{52,537,800.00}{(67,533,114.00 + 632,450.00) - (57,846,148.00 + 680,550.00)} \\ = 5.45 \text{ роки} \approx 65 \text{ місяців}$$

Другий варіант окупається швидше на 12 місяців, незважаючи на більшу кошторисну вартість, завдяки вищій економії річних транспортних і дорожніх витрат.

2.7. Коефіцієнт окупності капіталовкладень

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень СКП можна встановити за наступною формулою (п.11.4 [16]):

$$T_0 = \frac{C}{(K+D)-(K'+D')} \quad (2.27)$$

де C – кошторисна вартість варіанта будівництва перетину магістралей, грн.;

K і K' – річні транспортні втрати до та після реконструкції відповідно, грн.;

D і D' – річні дорожні втрати до та після реконструкції відповідно, грн

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для першого варіанту

$$E = \frac{1}{6.55} = 0.1526 = 15.26 \%/\text{рік}$$

Для другого варіанту

$$E = \frac{1}{5.45} = 0.1834 = 18.34 \%/\text{рік}$$

Отже, коефіцієнт ефективності капіталовкладень для першого варіанту становить $E = 15.26 \%/\text{рік}$, для другого $E = 18.34 \%/\text{рік}$. Другий варіант забезпечує вищу щорічну віддачу від вкладених коштів, повертаючи 18.34% вартості реконструкції щороку за рахунок економії транспортних витрат, що на 3% більше порівняно з першим варіантом.

2.8. Порівняння транспортно-експлуатаційних і техніко-економічних показників проєкту

Для комплексного порівняння варіантів реконструкції транспортного вузла виконано мікросимуляційне моделювання в програмному комплексі PTV Vissim. Тривалість кожної симуляції становила 600 с. За результатами моделювання отримано транспортно-експлуатаційні показники для існуючого стану, першого та другого варіантів реконструкції, які зведено до таблиці 2.14.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.14

**Порівняння техніко-експлуатаційних показників на основі
мікромоделювання**

№	Показник	Од. вим.	Існуюче положення	Перший варіант реконструкції	Другий варіант реконструкції	Кращий результат
1	Середня затримка транспортного засобу	с/авт	65.86	55.44	29.19	Другий варіант
2	Середня черга транспортних засобів	авт	1.69	1.65	1.61	Другий варіант
3	Середня швидкість руху	км/год	8.54	10.20	14.73	Другий варіант
4	Середня затримка стоянки ТЗ	с/авт	48.75	39.02	13.04	Другий варіант
5	Загальна відстань переміщення	м	81,667.00	81,110.50	101,106.40	Перший варіант
6	Загальний час у мережі	с	34,432.00	28,626.80	24,703.10	Другий варіант
7	Загальна затримка у мережі	с	27,000.00	20,679.69	10,333.09	Другий варіант
8	Загальна кількість зупинок	шт	692	615	570	Другий варіант
9	Загальна затримка стоянки ТЗ	с	19,987.58	14,553.74	4,617.86	Другий варіант
10	Активних ТЗ у мережі	авт	73.00	49.00	46.00	Другий варіант
11	Прибуло ТЗ у мережу	авт	337.00	324.00	308.00	Існуюче положення
12	Затримка на перехресті (ТЗ, що стоять)	с	24,339.10	9,251.10	7,999.70	Другий варіант
13	Кількість конфліктних ситуацій	шт	116	42	34	Другий варіант

За результатами порівняльного аналізу транспортно-експлуатаційних показників другий варіант реконструкції (СКП) є кращим за 11 з 13 показників. Зокрема, середня затримка транспортного засобу скорочується з 65.86 с/авт до 29.19 с/авт (у 2.3 рази), кількість конфліктних ситуацій зменшується з 116 до 34 (у 3.4 рази), середня швидкість руху зростає з 8.54 до 14.73 км/год. Таким чином, другий варіант реконструкції забезпечує суттєво вищий рівень транспортного обслуговування вузла.

На основі економічних показників які були розраховані вище складено порівняльні таблиці для першого (таблиця 2.15) і другого (таблиця 2.16) варіанту реконструкції.

Таблиця 2.15.

Порівняння техніко-економічних показників першого варіанта реконструкції

№ п/п	Показник	Од.вим.	Значення		Зміна	Зміна, %
			До реконструкції	Після реконструкції		
I. Технічні показники						
1	Площа дорожнього одягу магістралей	кв.м.	6,165	6,203	+38	+0,62
2	Площа дорожнього одягу тротуарів	кв.м.	3,187	2,915	−272	−8,53
3	Загальна протяжність інженерних мереж	м	1,516	1,630	+114	+7,52
II. Річні експлуатаційні витрати						
9	Річні транспортні витрати	грн.	67,533,114	60,167,827	−7,365,287	−10,9
10	Річні дорожні витрати	грн.	631,387	635,187	+3,800	+0,01
11	Загальні річні витрати	грн.	68,164,502	60,803,014	−7,361,487	−10,8
III. Термін окупності капіталовкладень						
12	Кошторисна вартість реконструкції	грн.	—	—	48,233,300	
13	Термін окупності капіталовкладень	років	—	—	6.55 року	≈ 77 міс.

Таблиця 2.16.

**Порівняння техніко-економічних показників другого варіанта
реконструкції**

№ п/п	Показник	Од.вим.	Значення		Зміна	Зміна, %
			До реконструкції	Після реконструкції		
I. Технічні показники						
1	Площа дорожнього одягу магістралей	кв.м.	6,165	6,646	+481	+7,8
2	Площа дорожнього одягу тротуарів	кв.м.	3,187	3,339	+152	+4,77
3	Загальна протяжність інженерних мереж	м	1,516	1,748	+232	+15,3
II. Річні експлуатаційні витрати						
9	Річні транспортні витрати	грн.	67,533,114	57,846,148	−9,686,966	−14,3
10	Річні дорожні витрати	грн.	632,450	680,550	+48,100	+8,0
11	Загальні річні витрати	грн.	68,165,565	58,526,699	−9,638,866	−14,1
III. Термін окупності капіталовкладень						
12	Кошторисна вартість реконструкції	грн.	–	–	52,537,800	
13	Термін окупності капіталовкладень	років	–	–	5,45 року	≈ 65 міс.

За технічними показниками перший варіант є менш витратним: площа покриття та протяжність мереж зростають незначно. Однак другий варіант забезпечує більшу економію загальних річних витрат 9,638,866.00 грн (-14,1%) проти 7,361,487.00 грн (-10,8%) та швидшу окупність: 65 місяць проти 77. Кошторисна вартість другого варіанту вища на 4,304,500,00 грн, але він є ефективнішим в експлуатації.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

Консультант: _____
(підпис і дата)

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розрахунок конструкції дорожнього одягу проїзної частини

3.1.1. Вихідні дані для розрахунку:

Відповідно до ГБН В.2.3-37641918-559:2019, розрахунок нежорсткого дорожнього одягу виконується за такими критеріями: опір пружному прогину всієї конструкції, опір зсуву в ґрунті та незв'язних шарах, опір монолітних шарів розтягу при згині (п.6.1.1. [10]). Вихідні дані до розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Вихідні дані для розрахунку дорожнього одягу

Параметр	Значення
Об'єкт	Магістральна вулиця загальноміського значення, м. Київ
Тип дорожнього одягу	Нежорсткий, капітальний (асфальтобетонний)
Нормативні навантаження	Група А2: $Q_{сн} = 115$ кН на вісь, $Q_{розр} = 58$ кН, $p = 0,80$ МПа, $D_d = 0,303$ м (табл. Б, Дод. Б [1])
Срок експлуатації дорожнього одягу	$T = 12$ років (табл. Е. дод. Е [1])
Дорожньо-кліматична зона	II (Центральна) (табл. Г. дод. Г [1])
Ґрунт земляного полотна	Суглинок, легкий пилуватий, тугопластичний
Розрахункова глибина промерзання	$Z_{max} = 90$ см (рис. 7.2 [10])
Кількість смуг (розрахункова)	2 смуги (у кожному напрямку)
Рівень надійності	$K_n = 0,95$ (III категорія [1])
РГВ (глибина залягання підземних вод)	169.00 м (3.5 м від поверхні)

3.1.2. Розрахункові навантаження та визначення розрахункової інтенсивності руху

Добова інтенсивності дорівнює $N_{\text{доб}} = 15020$ авт/доб (п.1.3. Аналітичний розділ). Склад транспортного потоку наведений в табл. 1.3. Аналітичний розділ.

Приведена розрахункова інтенсивність у перший рік визначається за формулою (п.6.2.5. [10]):

$$N_{1p} = f_{\text{смуг}} \cdot \sum_{m=1}^n N_{1m} \cdot S_{m,\text{сум}} \quad (3.1)$$

де $f_{\text{смуги}}$ – коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за таблицею 6.3 [10];

n – загальна кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;

N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -ої марки в перший рік служби в одиницях за добу;

$S_{m \text{ сум}}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i -ої марки до розрахункового динамічного навантаження ($Q_{\text{розд}}$).

Значення $S_{m,\text{сум}}$ розраховується за формулою (п.6.2.6. [10]):

$$S_{m,\text{сум}} = \sum_{i=1}^k S_i \quad (3.2)$$

де k – кількість осей транспортного засобу, для приведення якого до розрахункового динамічного навантаження визначають коефіцієнт $S_{m \text{ сум}}$;

S_i – коефіцієнт приведення номінального динамічного навантаження від колеса з кожної із k осей транспортного засобу до розрахункового динамічного навантаження.

Значення S_i розраховується за формулою (п. 6.2.7 [10]):

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_i = \left(\frac{Q_{\text{дн}}}{Q_{\text{розд}}} \right)^{\beta} \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{дн}}$ – номінальне динамічне навантаження від колеса на покриття, кН;

$Q_{\text{розд}}$ – розрахункове динамічне навантаження від колеса на покриття, кН;

β – показник інтенсивності руйнування, який дорівнює 4,4.

Значення $Q_{\text{дн}}$ для однієї осі транспортних засобів розраховується за формулою (п.6.2.8. [10]):

$$Q_{\text{дн}} = K_{\text{дин}} \cdot Q_i \quad (3.4)$$

де $K_{\text{дин}}$ – коефіцієнт динамічності, приймається рівним 1,3;

Q_i – номінальне статичне навантаження на колесо i -ої осі, кН.

Для багатовісних транспортних засобів $Q_{\text{дн}}$ розраховується за формулами (п.6.2.8. [10]):

$$Q_{\text{дн}} = Q_{ij} \cdot (g_{i-1} + 1 + g_{i+1}) \cdot K_q \cdot K_{\text{дин}} \quad (3.5)$$

$$K_q = g_{j-1} + 1 + g_{j+1} \quad (3.6)$$

де Q_{ij} – номінальне статичне навантаження на j -е колесо (з одиночними чи спареними шинами) i -ої осі, кН;

g_{i-1}, g_{i+1} – коефіцієнти, що характеризують відповідно вплив попереду і позаду коліс, що рухаються, на напружено-деформований стан дорожнього одягу під даним колесом i -ої осі та визначаються за графіком (рис. 6.1) [10]; у залежності від відношення відстані між осями l до діаметра D_0 відбитка заданого колеса;

g_{j-1}, g_{j+1} – коефіцієнти, що характеризують додатковий вплив інших коліс i -ої осі і визначаються за графіком (рис.6.2) [10]; при $1 < l/D_0 < 2$ приймають $q(l) = 1$.

Тоді розраховуємо приведену розрахункову інтенсивність за формулами (3.1-3.6) для кожної марки транспортного засобу (табл А додатку):

-номінальне динамічне навантаження від осей на покриття дорівнює

легковий:

$$\text{вісь 1: } Q_{\text{дн}1} = \frac{15}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 9.75 \text{ кН}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$\text{вісь 2: } Q_{\text{дн}_2} = \frac{15}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 9.75 \text{ кН}$$

вантажний (до 6т, 2 вісний):

$$\text{вісь 1: } Q_{\text{дн}_1} = \frac{30}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 19.5 \text{ кН}$$

$$\text{вісь 2: } Q_{\text{дн}_2} = \frac{40}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 19.5 \text{ кН}$$

вантажний (понад 6т, 3 вісний +3 осі причіп):

$$\text{вісь 1: } Q_{\text{дн}_1} = \frac{30}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 19.5 \text{ кН}$$

$$\text{вісь 2: } Q_{\text{дн}_2} = \frac{50}{2} \cdot (0 + 1 + 0.19) \cdot 1.24 \cdot 1.3 = 47.95 \text{ кН}$$

$$K_q = 0 + 1 + 0.24 = 1.24$$

$$\text{вісь 3: } Q_{\text{дн}_3} = \frac{50}{2} \cdot (0.19 + 1 + 0) \cdot 1.08 \cdot 1.3 = 41.76 \text{ кН}$$

$$K_q = 0.08 + 1 + 0 = 1.08$$

$$\text{вісь 4: } Q_{\text{дн}_4} = \frac{50}{2} \cdot (0 + 1 + 0.19) \cdot 1.24 \cdot 1.3 = 47.95 \text{ кН}$$

$$K_q = 0 + 1 + 0.24 = 1.24$$

$$\text{вісь 5: } Q_{\text{дн}_5} = \frac{60}{2} \cdot (0.19 + 1 + 0.19) \cdot 1.32 \cdot 1.3 = 71.04 \text{ кН}$$

$$K_q = 0.08 + 1 + 0.24 = 1.32$$

$$\text{вісь 6: } Q_{\text{дн}_6} = \frac{80}{4} \cdot (0.19 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 33.41 \text{ кН}$$

$$K_q = 0.08 + 1 + 0 = 1.08$$

автобуси (гармошка, 3 осі):

$$\text{вісь 1: } Q_{\text{дн}_1} = \frac{50}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 32.5 \text{ кН}$$

$$\text{вісь 2: } Q_{\text{дн}_2} = \frac{100}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 65 \text{ кН}$$

$$\text{вісь 3: } Q_{\text{дн}_3} = \frac{100}{2} \cdot (0 + 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1.3 = 65 \text{ кН}$$

-розрахункове динамічне навантаження дорівнює ($Q_{\text{розр}} = 58 \text{ кН}$):

$$Q_{\text{розд}} = 1.3 \cdot 58 = 75,4 \text{ кН}$$

-коефіцієнт приведення навантажень дорівнює

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Легковий

$$S_{1 \text{ та } 2 \text{ осі}} = \left(\frac{9.75}{75.4}\right)^{4.4} = 0.000123$$

$$S_{\text{лег,сум}} = 0.000123 \cdot 2 = 0.000246$$

вантажний (до 6т)

$$S_{1 \text{ та } 2 \text{ осі}} = \left(\frac{19.5}{75.4}\right)^{4.4} = 0.0026$$

$$S_{\text{ван1.сум}} = 0.0026 \cdot 2 = 0.052$$

вантажний (понад 6т)

$$S_{1 \text{ ось}} = \left(\frac{19.5}{75.4}\right)^{4.4} = 0.0026$$

$$S_{2 \text{ та } 4 \text{ ось}} = \left(\frac{47.957}{75.4}\right)^{4.4} = 0.136$$

$$S_{3 \text{ ось}} = \left(\frac{41.769}{75.4}\right)^{4.4} = 0.0743$$

$$S_{5 \text{ ось}} = \left(\frac{71.04}{75.4}\right)^{4.4} = 0.769$$

$$S_{6 \text{ ось}} = \left(\frac{33.41}{75.4}\right)^{4.4} = 0.027$$

$$S_{\text{ван2.сум}} = 0.0026 + 0.136 \cdot 2 + 0.0074 + 0.769 + 0.027 = 1.14$$

автобуси (гармошка)

$$S_{1 \text{ ось}} = \left(\frac{32.5}{75.4}\right)^{4.4} = 0.024$$

$$S_{2 \text{ та } 3 \text{ ось}} = \left(\frac{65}{75.4}\right)^{4.4} = 0.520$$

$$S_{\text{автоб.сум}} = 0.024 + 0.52 = 1.065$$

- приведену розрахункову інтенсивність дорівнює:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$N_{1p} = 0.55 \cdot ((10514 \cdot 0.00024) + (2253 \cdot 0.0052) + (1202 \cdot 1.14) + (1051 \cdot 1.06)) = 1374 \text{ авт/доб}$$

Розрахунок сумарного розрахункового навантаження за строк експлуатації визначаємо за формулою (п.6.2.10 [10]):

$$\sum N_p = 0.7 \cdot T_{\text{рдр}} \cdot K_n \cdot K_c \cdot N_{1p} \quad (3.7)$$

де $T_{\text{рдр}}$ – кількість розрахункових діб на рік приймають за таблицею 6.4 [10];

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, приймають за таблицею 6.5 [10];

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою (1.9)

$$K_c = \frac{\theta^{T_{\text{сл}}} - 1}{\theta - 1} \quad (3.8)$$

де θ – показник зміни інтенсивності руху даного типу автотранспортних засобів за роками (змінюється у діапазоні від 0,80 до 1,10); при $\theta = 1$, $K_c = T_{\text{сл}}$;

$T_{\text{сл}}$ – розрахунковий строк служби (експлуатації) дорожнього одягу приймають відповідно до ДБН В.2.3-4.

Показник зміни інтенсивності транспортних засобів (легкові, вантажні, автобуси) приймаю рівним 1

Тоді коефіцієнт суми дорівнює:

$$K_c = T_{\text{сл}} = 12 \text{ років}$$

Сумарного розрахункового навантаження за строк експлуатації визначаємо за формулою 3.7:

$$N_p = 0.7 \cdot 135 \cdot 1.49 \cdot 1 \cdot 1374 = 19346607 \text{ розр. авто.}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.3. Попередня конструкція дорожнього одягу

На підставі нормативних вимог [10] та [1] для II категорії (навантаження А2, табл. 3.1) прийнята попередня конструкція дорожнього одягу, яка наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Попередня конструкція дорожнього одягу

№	Матеріал	Характеристика	h, см	E, МПа
1	А/б дрібнозернистий щільний, тип А, марка II	Покриття,	4	4200*
2	А/б крупнозернистий щільний	Нижній шар покриття	10	3600*
3	А/б крупнозернистий пористий	Верхній шар основи	10	3000*
4	Щебінь фракції 40–70 мм, М800	Несуча основа	25	400
5	Пісок середньозернистий	Підстилаючий шар	25	100
-	Ґрунт земляного полотна (Суглинок, легкий пілуватий, тугопластичний)	Основа	-	25
	Разом		74	-

* - Значення модулів пружності для асфальтобетонів прийнято відповідно [19]

3.1.4. Перевірка дорожнього одягу за допустимим пружним прогином

Згідно п.6.3.1. [10] конструкція дорожнього одягу відповідає вимогам надійності і міцності за критерієм пружного прогину, якщо виконується умова:

$$K_{мц} \leq \frac{E_{заг}}{E_{потр}} \quad (3.9)$$

де $K_{мц}$ – коефіцієнт запасу міцності дорожнього одягу, отриманий з таблиці 6.1 [10] у залежності від допустимого рівня надійності;

$E_{заг}$ – загальний модуль пружності конструкції, МПа;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$E_{потр}$ – потрібний модуль пружності конструкції, МПа, який визначають з урахуванням капітальності дорожнього одягу та інтенсивності дії навантаження.

Потрібний модуль пружності конструкції $E_{потр}$ розраховується за формулою (п.6.3.2. [10]):

$$E_{потр} = 42,843 \cdot \ln \left(\sum N_p \right) - b \quad (3.10)$$

де b – коефіцієнт, величина якого приймається залежно від групи навантаження відповідно до ДБН В.2.3-4; для групи А₂ $b = 315,68$; для групи А₃ $b = 350,21$; для групи В - $b = 409,40$;

$\sum N_p$ – визначають за формулою (6.10) [10]: .

Згідно п.6.3.4. [10] пошаровий розрахунок дорожнього одягу проводять за допомогою номограми (рисунок 6.3) [10] для визначення $E_{заг}$:

Шар 1: Пісок ($E = 100$ МПа, $h = 0.25$ м над ґрунтом $E_{ґрунт} = 25$ МПа):

$$\frac{h}{D} = \frac{0.25}{0.371} = 0.674; \frac{E_2}{E_1} = \frac{45}{120} = 0.375 \rightarrow E_{заг}^{(1)} = 0.6125 \cdot 120 = 73,5 \text{ МПа}$$

Шар 2: Щебінь ($E = 400$ МПа, $h = 0.25$ м над $E_{нижн} = 73,5$ МПа):

$$\frac{h}{D} = \frac{0.25}{0.371} = 0.674; \frac{E_2}{E_1} = \frac{73,5}{400} = 0.183 \rightarrow E_{заг}^{(1)} = 0.4125 \cdot 400 = 165 \text{ МПа}$$

Шар 3: А/б крупнозернистий пористий ($E = 3000$ МПа, $h = 0.10$ м над $E_{нижн} = 73,5$ МПа):

$$\frac{h}{D} = \frac{0.10}{0.371} = 0.269; \frac{E_2}{E_1} = \frac{165}{3000} = 0.055 \rightarrow E_{заг}^{(1)} = 0.13 \cdot 3000 = 390 \text{ МПа}$$

Шар 4: А/б крупнозернистий щільний ($E = 3600$ МПа, $h = 0.10$ м над $E_{нижн} = 73,5$ МПа):

$$\frac{h}{D} = \frac{0.10}{0.371} = 0.269; \frac{E_2}{E_1} = \frac{390}{3600} = 0.108 \rightarrow E_{заг}^{(1)} = 0.1625 \cdot 3600 = 585 \text{ МПа}$$

Шар 5: А/б дрібнозернистий щільний ($E = 4200$ МПа, $h = 0.04$ м над $E_{нижн} = 73,5$ МПа):

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{h}{D} = \frac{0.04}{0.371} = 0.107; \frac{E_2}{E_1} = \frac{585}{4200} = 0.139 \rightarrow E_{\text{заг}}^{(1)} = 0.1825 \cdot 4200 = 767 \text{ МПа}$$

Потрібний модуль пружності конструкції $E_{\text{потр}}$ розраховуємо за формулою 3.10:

$$E_{\text{потр}} = 42.843 \cdot \ln(19346607) - 315.68 = 403 \text{ МПа}$$

Згин монолітних шарів для II категорії дороги дорівнює $K_{\text{мц}} = 1.645$ (згідно табл. 6.1. [10]).

Тоді

$$1.645 < \frac{767}{403} = 1.9$$

Умова міцності за критерієм пружного прогину виконується.

3.1.5. Розрахунок на моростійкість

Згідно п.7.4. [10] перевірку конструкції дорожнього одягу на морозостійкість проводять за умовою з використанням номограми (рис.7.1. [10]):

$$\frac{h_{\text{заг}}}{Z_1} \geq 1 \quad (3.11)$$

Допустиме підняття для капітального одягу дорівнює $l_{\text{доп}} = 0.04\text{м}$ згідно п.7.3. [10].

За відсутністю даних спостережень та вимірювань кліматичний показник визначаю згідно рис. 7.2 [10] для м.Києва дорівнює - $\alpha_0 = 54 \text{ см}^2/\text{доб.}$

З карти ізоліній рис. 7.2 [10] для м. Київ (II ДКЗ – табл 3.1.): $Z_{\text{max}}^H = 90 \text{ см} = 110 \text{ см}$ для глинистих та суглинистих ґрунтів. Поправка до нормативної глибини промерзання (табл. 7.1 [10]) – при $Z_{\text{max}}^H = 90 \text{ см}$ $\Delta Z = 20 \text{ см}$. Тоді нормативна глибина промерзання дорожнього одягу дорівнює:

$$Z_{\text{н}} = 90 + 20 = 110 \text{ см}$$

$$Z_{\text{р}} = 110 \cdot 1.5 = 165 \text{ см}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показник комплексної характеристики ґрунту визначається згідно табл. 7.2. [10], для суглинку легкого пилуватого дорівнює $-B = 5.0 \text{ см}^2/\text{доб}$.

Еквівалентна товщина дорожнього одягу визначається в п.7.5 [10]. Розрахунок значення $h_{\text{заг}}$ виконуємо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Визначення еквівалентної товщини дорожнього одягу

№	Матеріал	h_i , см	ϵ_i	$h_i \cdot \epsilon_i$, см
1	А/б щільний тип А	4	1.50	6.0
2	А/б крупнозернистий щільний	10	1.50	15.0
3	А/б крупнозернистий пористий	10	1.30	13.0
4	Щебінь фракції 40–70 мм	25	1.00	25.0
5	Пісок середньозернистий	25	1.00	25.0
Σ	Разом	74	—	84.0

Фактична еквівалентна товщина $h_{\text{заг}} = 84 \text{ см} = 0.84 \text{ м}$

Тоді далі проводимо розрахунок значень згідно п.7.9 [10].

Рівень залягання підземних вод дорівнює $H = 3.5 \text{ м}$ (відповідно табл .1.1) тоді

$$\frac{Z_p}{H} = \frac{1.65}{3.5} = 0.47 \approx 0.6$$

Тоді $I_{\text{здим}} = I_{\text{доп}}$ дорівнює:

$$I_{\text{доп}} \cdot \frac{\alpha_0}{(B \cdot Z_p)} = 0.04 \cdot \frac{54}{(5 \cdot 1.65)} = 0.261 \text{ см}$$

За номограмою рис 7.1. [10] при значенні 0.261 на вертикальній осі кривій $\frac{Z_p}{H} = 0.261$:

$$\frac{Z_1}{Z_p} \approx 0.2 \rightarrow Z_1 = 0.2 \cdot 165 = 33 \text{ см}$$

Перевірка умови морозостійкості за умовою 1.12

$$\frac{84}{33} = 2.5 \geq 1$$

Умова виконується

3.1.6. Прийнята конструкція дорожнього одягу

За результатами розрахунку за [10] з урахуванням вимог [1] прийнята конструкція нежорсткого дорожнього наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Прийнята конструкція дорожнього одягу

№	Матеріал	Характеристика	h, см
1	А/б дрібнозернистий щільний, тип А, марка II	Покриття	4
2	А/б крупнозернистий щільний	Нижній шар покриття	10
3	А/б крупнозернистий пористий	Верхній шар основи	10
4	Щебінь фракції 40–70 мм, М800	Несуча основа	25
5	Пісок середньозернистий	Підстилаючий шар	25
-	Ґрунт земляного полотна (Суглинок, легкий пілуватий, тугопластичний)	Основа	-
	Разом		74

3.2. Вибір конструкції дорожнього одягу тротуарів і велодоріжок

Конструкція дорожнього одягу велодоріжки

Відповідно до розділу 9 [12] для верхнього шару покриття велодоріжки прийнято асфальтобетон дрібнозернистий щільний (тип Б, марка II) відповідно до ДСТУ Б В.2.7-119:2011.

Конструкція дорожнього одягу велодоріжки прийнята нежорсткого типу відповідно до таблиці 8.1 [2] та п. 9.1 [12]. Шари конструкції наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція дорожнього одягу велосипедної доріжки

№	Матеріал	Характеристика	h, см
1	А/б дрібнозернистий щільний, тип Б, марка ІІ	Покриття	4
2	А/б крупнозернистий пористий	Нижній шар основи	6
3	Щебінь фр. 20–40 мм, марка М600	Несуча основа	12
4	Пісок середньозернистий	Підстильний шар	10
5	Пісок середньозернистий (морозозахисний)	Морозозахисний шар	18
—	Ґрунт земляного полотна (суглинок легкий пілуватий)	Основа	—
Разом			50

Конструкція дорожнього одягу тротуару

Тип покриття тротуарів визначається відповідно до розділу 8 [2]. Для тротуарів прийнято асфальтобетонне покриття з піщаного щільного асфальтобетону (тип Д, марка ІІ) відповідно до ДСТУ Б В.2.7-119:2011 в один шар товщиною 5 см. Шари конструкції наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6.

Конструкція дорожнього одягу тротуару

№	Матеріал	Характеристика	h, см
1	А/б піщаний щільний, тип Д, марка ІІ	Покриття	5
2	Щебінь фр. 10–20 мм, марка М800	Основа	10
3	Пісок середньозернистий	Підстильний шар	10
4	Пісок середньозернистий	Морозозахисний шар	20
—	Ґрунт земляного полотна (суглинок легкий пілуватий)	Основа	
Разом			45

3.3. Розрахунок і проєктування шумозахисту

Розрахунок шумового захисту виконую для другого варіанту реконструкції на основі даних акустичної карти перехрестя (рис.3.1.).

Акустика карта перехрестя виконана в програмному комплексі QGIS, вихідні дані для побудови акустичні карти – такі як інтенсивність (табл 1.2 Аналітичний розділ), відсоток вантажних транспортних засобів (табл 1.4 Аналітичний розділ), швидкість руху, тип покриття, повздовжні ухили магістралей були розраховані в минулих розділах проєкту. Нічна інтенсивність руху прийнята 10% від денної інтенсивності.

Оцінку акустичного впливу шуму виконано згідно п.6.3. [8], де для житлової забудови (таблиця В.2. [8]) максимальний рівень шуму не повинен перевищувати для денного періоду 70.0 дБА, нічний – 60 дБА. Згідно рис 3.1. для житлових будівель розташованих вздовж магістралі 4 та 2, рівень шуму сягає для денного періоду 68 дБА, нічного 62 дБА.

Розрахунок акустичної ефективності шумозахисних екранів виконано відповідно до розділу 9 [14] та з врахуванням вимог [3].

Об'єкт захисту житлова забудова вздовж магістральних вулиць при реконструкції транспортного вузла перехрестя у місті Київ. Шумозахисний екран встановлюється на краю проїзної частини, на відстані 1.5 м від краю брівки крайньої смуги руху.

Вихідні дані до розрахунку наведені в таблиці 3.7.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

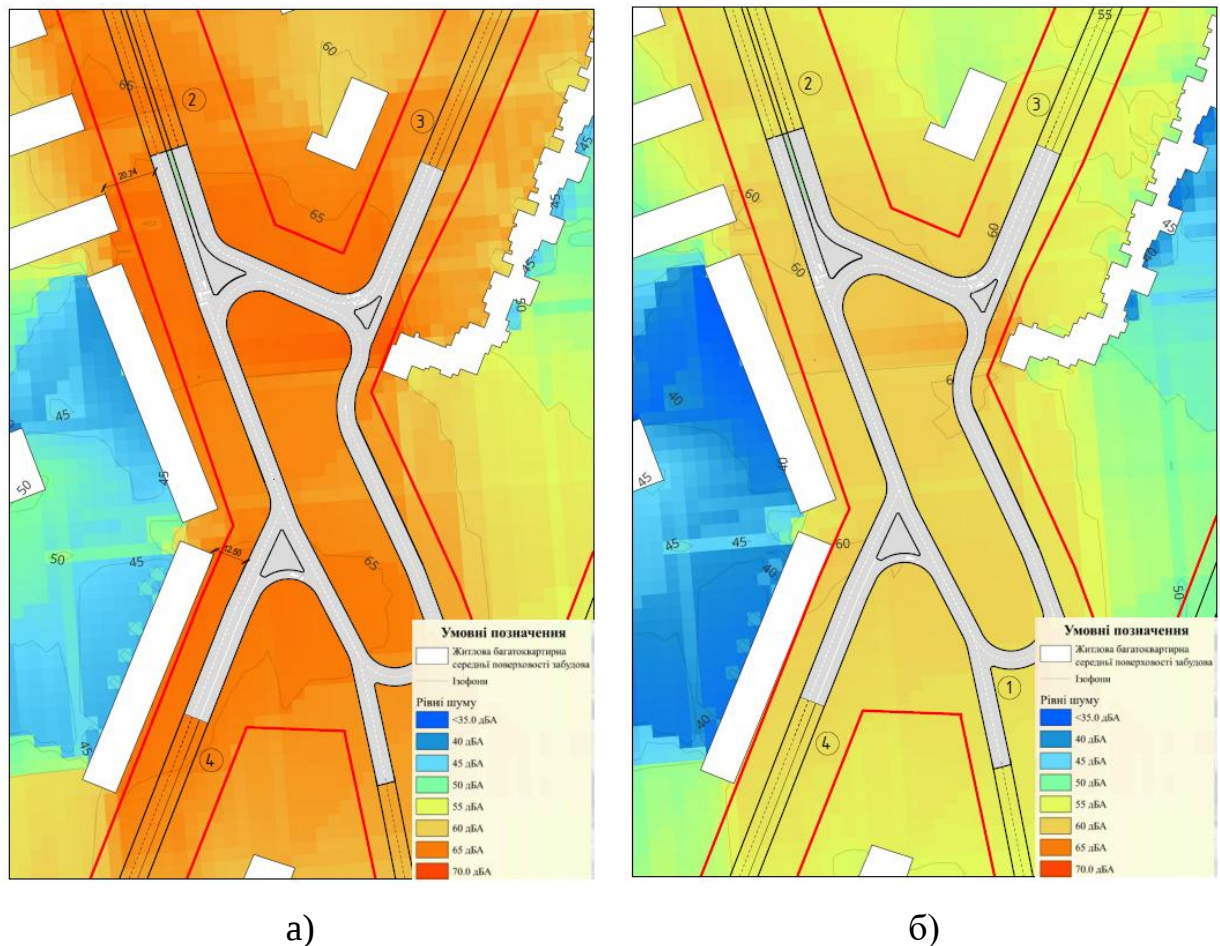


Рис.3.1.Акустична карта перехресття; а) денний період ; б) нічний період

Таблиця 3.7

Вихідні дані для розрахунку акустичної ефективності шумозахисних екранів

Параметр	Значення
Об'єкт захисту	Житлова забудова вздовж магістральних вулиць другого варіанту реконструкції транспортного вузла (перехресття вул. Академіка Корольова та вул Івана Дзюби), м. Київ
Максимально допустимий рівень звуку на перехресті в розрахункових точках	$L_{\text{Амакс.тер}} = 75 \text{ дБА}$
Еквівалентний допустимий рівень звуку на перехресті в розрахункових точках	$L_{\text{Аекв.тер}} = 65 \text{ дБА}$
Висота акустичного центру джерела шуму	$h_{\text{дш}} = 1.0 \text{ м}$
Висота розрахункової точки	$h_{\text{РТ}} = 1.5 \text{ м від рівня поверхні землі}$

Параметр	Значення
Розрахункова довжина звукової хвилі	$\lambda = 0.84$ м (п. 9.1 [14])
Висота екрана (конструктивно прийнята)	$h_{\text{ек}} = 3.0$ м
Відстань від осі крайньої смуги до екрана	$d_e = 3.25$ м

Необхідне зниження еквівалентного і максимального рівня звуку в розрахунковій точці на території житлової забудови визначається за формулами (п.8.1.[14]):

$$\Delta L_{\text{екв.тер}}^{\text{нх}} = L_{\text{Аекв.тер}} - L_{\text{Аекв.доп}} \quad (3.14)$$

$$\Delta L_{\text{макс.тер}}^{\text{нх}} = L_{\text{Амакс.тер}} - L_{\text{Амакс.доп}} \quad (3.15)$$

де $L_{\text{Аекв.тер}}$ та $L_{\text{Амакс.тер}}$ – еквівалентний та максимальний рівні звуку в розрахунковій точці, дБА.

$L_{\text{Аекв.доп}}$ та $L_{\text{Амакс.доп}}$ – допустимі еквівалентний та максимальний рівні звуку на території житлової забудови, дБА (приймаються згідно з дод В, табл. В.2. ГБН В.2.3.-218-007:2012).

Тоді

$$\Delta L_{\text{екв.тер}}^{\text{нх}} = 65 - 55 = 10 \text{ дБА}$$

$$\Delta L_{\text{макс.тер}}^{\text{нх}} = 80 - 70 = 10 \text{ дБА}$$

Оскільки необхідне зниження становить 10 дБА, для конструктивної надійності приймається екран висотою $h_{\text{ек}} = 3.0$ м, ефективність якого перевіряємо нижче.

3.3.1. Розрахунок ефективності екранів

Зниження рівня звуку екраном-стілкою $\Delta L_{\text{А екр.ст}}$, Дба, визначається за формулою (р.9, п.9.1 [14]):

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} \quad (3.16)$$

де δ – різниця довжин шляхів звукового променя, м;

λ –розрахункова довжина звукової хвилі (для автомобілів, автобусів – 0.84 м).

Різницю довжин шляхів звукового променя δ , м, визначаємо за формулою (р.9, п.9.2 [14]):

$$\delta = a + b - c \quad (3.17)$$

де a – найкоротша відстань між умовним акустичним центром джерела шуму та верхнім ребром екрана, м; при цьому, умовний акустичний центр потоків засобів автомобільного, залізничного та водного транспорту треба розташовувати на осі найдальшої від розрахункової точки смуги (шляху) руху на висоті 1 м від рівня поверхні проїзної частини вулиці або дороги (головки рейки, водної гладі);

b – найкоротша відстань між розрахунковою точкою та верхнім ребром екрана, м;

c – найкоротша відстань між умовним акустичним центром джерела шуму та розрахунковою точкою, м.

Рівень звуку на розрахунковій точці з урахуванням екрана визначаємо за формулою:

$$L_{\text{Амакс.ек}} = L_{\text{Амакс.тер}} - \Delta L_{\text{Аекр.ст}} \quad (3.17)$$

$$L_{\text{Аекв.ек}} = L_{\text{Аекв.тер}} - \Delta L_{\text{Аекр.ст}} \quad (3.18)$$

де $\Delta L_{\text{Аекр.ст}}$ – показник зниження рівнів звуку від екрану, дБА.

Розрахункова схема для визначення зниження рівня звуку екранами зображена на рис. 3.2.

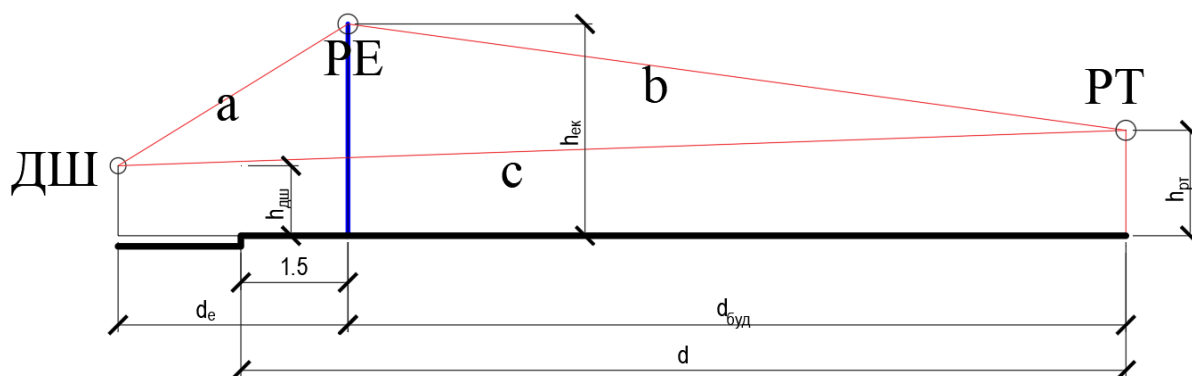


Рис. 3.2. Розрахункова схема для визначення рівня звуку екранами (ДШ – джерело шуму; РЕ – верхнє ребро екрану; РТ – розрахункова точка)

Відстань від акустичного центру ДШ до верхнього ребра екрана (відрізок а) визначаємо за формулою:

$$a = \sqrt{d_e^2 + h_{ек}^2} \quad (3.18)$$

де d_e – відстань від центру осі проїждої частини дороги, м;

$h_{ек}$ – висота від землі до верхнього ребра екрану, м.

Горизонтальна відстань від екрана до розрахункової точки (РТ) (відрізок b) визначається за формулою:

$$b = \sqrt{d_{буд}^2 + (h_{ек} - h_{рп})^2} \quad (3.19)$$

де $d_{буд}$ – відстань від екрану до будівлі, м;

$h_{рп}$ – висота від землі до розрахункової точки, м.

$$c = \sqrt{(d_{буд} + d_e)^2 + (h_{рп} - h_{дш})^2} \quad (3.20)$$

де $d_{буд}$ – відстань від екрану до будівлі, м;

$h_{рп}$ – висота від землі до розрахункової точки, м.

Ділянка 1 (рис. 3.1. а, d = 12,5 м)

Розрахунок виконуємо для точки РТ на відмітці 1.5 м від землі:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Висота верхнього ребра екрана над рівнем акустичного центру ДШ:

$$h_{\text{ек}} = h_{\text{ек}} - h_{\text{ДШ}} = 3.0 - 1.0 = 2.0 \text{ м}$$

Відстань від акустичного центру ДШ до верхнього ребра екрана розраховуємо за формулою 3.18:

$$a = \sqrt{3.25^2 + 2^2} = 3.81 \text{ м}$$

Відстань від розрахункової точки до верхнього ребра екрана (відрізок b) розраховуємо за формулою 3.20:

$$b = \sqrt{11.0^2 + 1.5^2} = 11.1 \text{ м}$$

Пряма відстань від акустичного центру ДШ до розрахункової точки (відрізок c) розраховуємо за формулою 3.21:

$$c = \sqrt{14.25^2 + 0.5^2} = 14.26 \text{ м}$$

Різниця шляхів звукового променя розраховуємо за формулою 3.19:

$$\delta = a + b - c = 3.81 + 11.1 - 14.26 = 0.65 \text{ м}$$

Число Френеля розраховуємо за формулою 3.16:

$$N = 2\delta / \lambda = (2 \cdot 0.65) / 0.84 = 1.54$$

За рисунком 4 [14], при $N = 1.54$ зниження рівня звуку екраном-стінкою:

$$\Delta L_{\text{Аекр.ст}} = 12.1 \text{ дБА}$$

Рівні звуку на розрахунковій точці з урахуванням екрана визначаємо за формулою 3.17 та 3.18:

$$L_{\text{Амакс.ек}} = 75 - 12.1 = 62.9 \text{ дБА.}$$

$$L_{\text{Аекв.ек}} = 65 - 12.1 = 52.9 \text{ дБА.}$$

Порівнюємо з вимогами (таблиця В.2. [8]):

$$L_{\text{Амакс.ек}} = 62.9 \text{ дБА} < L_{\text{Амакс.доп}} = 70 \text{ дБА}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\text{Аекв.ек}} = 52.9 \text{ дБА} < L_{\text{Амакс.доп}} = 55 \text{ дБА}$$

Умови виконані

Ділянка 2 (рис. 3.1. а , d = 20.7 м)

Розрахунок виконуємо для точки РТ на відмітці 1.5 м від землі:

Висота верхнього ребра екрана та відрізок **a** ідентичні Ділянці 1, оскільки геометрія екрана і ДШ незмінні.

Відстань від акустичного центру ДШ до верхнього ребра екрана (відрізок a):

$$a = 3.81 \text{ м}$$

Відстань від розрахункової точки до верхнього ребра екрана (відрізок b) розраховуємо за формулою 3.20:

$$b = \sqrt{19.2^2 + 1.5^2} = 19.25 \text{ м}$$

Пряма відстань від акустичного центру ДШ до розрахункової точки (відрізок c) розраховуємо за формулою 3.21:

$$c = \sqrt{22.45^2 + 0.5^2} = 22.45 \text{ м}$$

Різниця шляхів звукового променя розраховуємо за формулою 3.19:

$$\delta = a + b - c = 3.81 + 19.25 - 22.45 = 0.61 \text{ м}$$

Число Френеля розраховуємо за формулою 3.16:

$$N = 2\delta / \lambda = (2 \cdot 0.61) / 0.84 = 1.45$$

За рисунком 4 [14], при $N = 1.45$ зниження рівня звуку екраном-стінкою:

$$\Delta L_{\text{Аекр.ст}} = 12.1 \text{ дБА}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівні звуку на розрахунковій точці з урахуванням екрана визначаємо за формулою 3.17 та 3.18:

$$L_{\text{Амакс.ек}} = 75 - 12 = 63 \text{ дБА.}$$

$$L_{\text{Аекв..ек}} = 65 - 12 = 53 \text{ дБА.}$$

Порівнюємо з вимогами (таблиця В.2. [8]):

$$L_{\text{Амакс.ек}} = 63 \text{ дБА} < L_{\text{Амакс.доп}} = 70 \text{ дБА}$$

$$L_{\text{Аекв.ек}} = 53 \text{ дБА} < L_{\text{Амакс.доп}} = 55 \text{ дБА}$$

Умови виконані

Шумозахисний екран висотою $h_{\text{екр}} = 3.0$ м, встановлений на відстані 1.5 м від брівки крайньої смуги руху вздовж реконструйованого транспортного вузла, забезпечує зниження рівня шуму на 12.1 дБА для обох розрахункових ділянок.

3.3.2. Вибір типу та матеріалу шумозахисного екрана

Відповідно до розділу 7 навчального посібника [18] за відсутності вільних територій для влаштування земляних валів чи кавальєрів застосовують екрани-стінки, що виготовляються з різних матеріалів. Проектуванням екрануючих споруд передбачається їхнє багатоцільове призначення, окрім шумозахисту вони можуть використовуватися для реклами, як опори для пішохідних переходів тощо.

Згідно з [18] розрізняють такі типи шумозахисних екранів: однорівневий непрозорий, сходишковий непрозорий, комбінований (поєднує звукопоглинаючі та звуковідбиваючі властивості), гнучка шумозахисна стінка. Матеріали для шумозахисних конструкцій: прозорі матеріали (акрил, полікарбонат, загартоване скло), алюміній, бетон, дерево.

Для умов реконструкції транспортного вузла з урахуванням таких факторів:

- розташування вздовж міської магістралі з щільною житловою забудовою та обмеженим простором;

- необхідність збереження природного освітлення прилеглих жилих приміщень та тротуарів;
- вимоги естетики міського середовища та відкритості вуличного простору;
- висота екрана $h_{\text{ек}} = 3.0$ м при якій прозорий матеріал не створює відчуття замкнутого простору,

приймаємо **шумозахисний екран прозорого типу** з панелей загартованого скла або полікарбонату на металевих стояках. Даний тип відповідає рис. 7.4 посібника [18] і забезпечує:

- необхідне зниження рівня шуму $L_{\text{Аекв.ек}} = L_{\text{Амакс.ек}} = 12.1$ дБА (підтверджено розрахунком, п. 3.3.1);
- збереження природного освітлення тротуарів та перших поверхів житлових будівель;
- відкритість вуличного простору та відповідність сучасним вимогам естетики міського середовища;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У дипломному проєкті виконано комплексну розробку реконструкції одnorівневого транспортного вузла на перехресті просп. Академіка Корольова та вул. Івана Дзюби в м. Київ.

За результатами аналізу існуючого стану встановлено незадовільний рівень функціонування перехрестя. Загальна інтенсивність руху у «годину-пік» становить 2554 авт/год, при цьому максимальне навантаження зафіксовано на підході 2 і складає 964 авт/год. Перспективна інтенсивність до 2041 року становитиме 3979 прив.авт/год, що у 1,5 рази перевищує поточний рівень. Рівень транспортного обслуговування існуючого перетину відповідає рівню Е із середньою затримкою 65.86 с/авт та швидкістю руху 8.54 км/год. Умови пішохідного руху є незадовільними: середній час очікування становить 32.67 с, кількість зупинок на одного пішохода складає 2.73. Значна частка вантажних транспортних засобів (23%) підвищує навантаження на дорожній одяг. Існуючі поперечні профілі не мають відокремленої велосипедної інфраструктури; зупинки громадського транспорту не відповідають вимогам доступності для маломобільних груп населення.

Для вирішення транспортної проблеми розроблено та порівняно два варіанти організації руху на основі мікросимуляційного моделювання в програмному комплексі PTV Vissim (тривалість симуляції - 600 с):

Перший варіант - регульований перетин із світлофорним регулюванням

Другий варіант - саморегульований кільцевий перетин (СКП)

За результатами порівняльного аналізу транспортно-експлуатаційних показників другий варіант реконструкції (СКП) є кращим за 11 з 13 показників мікросимуляції. Зокрема:

- середня затримка транспортного засобу скорочується з 65.86 с/авт до 29.19 с/авт (у 2.3 рази);

- кількість конфліктних ситуацій зменшується з 116 до 34 (у 3.4 рази);

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- середня швидкість руху зростає з 8,54 до 14.73 км/год;
- загальна затримка у мережі скорочується з 27000 с до 10333 с;
- кількість активних транспортних засобів у мережі зменшується з 73 до 46 авт.

З економічної точки зору другий варіант також є ефективнішим: загальна економія річних витрат становить 9,638,866.00 грн (–14,1%) проти 7,361,487.00 грн (–10,8%) для першого варіанту, а термін окупності капіталовкладень складає 65 місяців (5.45 року) проти 77 місяці (6.55 року). Кошторисна вартість другого варіанту є вищою на 4,304,500.00 грн (52,537,800.00 грн проти 48,233,300.00 грн), однак завдяки більшій щорічній економії він є доцільнішим в довгостроковій перспективі. На підставі цього прийнято Варіант 2 як більш ефективний з транспортно-експлуатаційної та економічної точок зору і рекомендований до реалізації.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ

Державні будівельні норми (ДБН)

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – Чинний від 2016–04–01. – Київ : Мінрегіон України, 2015.
2. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. – Чинний від 2018–09–01. – Київ : Мінрегіон України, 2018.
3. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. – Чинний від 2014–06–01. – Київ : Мінрегіон України, 2014.
4. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. – Чинний від 2019–04–01. – Київ : Мінрегіон України, 2018.
5. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Чинний від 2019–03–01. – Київ : Мінрегіон України, 2018.
6. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Чинний від 2014–01–01. – Київ : Мінрегіон України, 2013.
7. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – Чинний від 2019–10–01. – Київ : Мінрегіон України, 2019.

Галузеві будівельні норми (ГБН)

8. ГБН В.2.3-218-007:2012. Споруди транспорту. Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування. – Київ : Укравтодор, 2012.
9. ГБН В.2.3-37641918-555:2016. Автомобільні дороги. Транспортні розв'язки в одному рівні. Проектування. Зі зміною № 1. – Чинний від 2016–07–01 (зміна № 1 чинна з 2023–01–01). – Київ : Міністерство інфраструктури України, 2016.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

10. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. – Київ : Міністерство інфраструктури України, 2019.

Державні стандарти (ДСТУ)

11. ДСТУ 4092:2024. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні умови. – Чинний від 2025–05–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
12. ДСТУ 8906:2019. Планування та проектування велосипедної інфраструктури. Загальні вимоги. – Чинний від 2020–10–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.
13. ДСТУ Б А.2.4-29:2008. СПДБ. Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення. – Чинний від 2009–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій. – Чинний від 2014–01–01. – Київ : Мінрегіон України, 2013.

Наукові праці, посібники та електронні ресурси

15. Осетрін М. М., Ботвіновська С. І., Плотнікова Д. І., Чередніченко П. П. Міські вулиці і дороги : методичні вказівки до виконання практичних занять і курсового проєкту. – Київ : КНУБА, 2017. – 44 с.
16. Осетрін М. М., Беспалов Д. О., Тарасюк В. П., Чередніченко П. П. Міські дорожньо-транспортні споруди : методичні вказівки до виконання практичних занять і курсового проєкту. – Київ : КНУБА, 2022. – 60 с.
17. Осетрін М. М., Шилова Т. О., Чередніченко П. П., Васильєва Г. Ю. Інженерне облаштування міських вулиць та доріг : навч. посібник /. – Київ : КНУБА, 2021. – 232 с.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Чередніченко П. П. Вертикальне планування вулично-дорожньої мережі міст : навч. посібник. – Київ : КНУБА, 2002. – 180 с.
19. Копинець І. В., Соколова О. Б., Юнак А. Л. Уточнення розрахункового значення модуля пружності асфальтобетонів. Дороги і мости : зб. наук. пр. – 2024. – Вип. 29. – С. 74–87. – DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.074>
20. Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000). – Washington, D.C. : Transportation Research Board, 2000. – 1134 p.
21. Papadimitriou E., Yannis G., Golias J. A critical assessment of pedestrian behaviour models. – Transportation Research Part F, 2009. [Електронний ресурс].
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816303925>
22. Autodesk Civil 3D Help. About Composite Volumes. [Електронний ресурс].
URL: <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2023/ENU/?guid=GUID-A3C76CEC-EE1F-45D4-8D34-E819EB51BD24>
23. Розклад руху маршруту автобус № 69 [Електронний ресурс] / КП «Київпастрас». URL: <https://kpt.kyiv.ua/schedule/bus/69>

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Характеристики транспортних засобів для розрахунку дорожнього одягу

№	Тип транспортного засобу	Типові марки	Кількість осей	Загальна кількість коліс	Розподіл коліс по осях та тип шин	Q _i — статичне навантаження на 1 колесо кожної осі, кН	Норм. навантаження на вісь, кН	Відстані між осями l, м	Діаметр відбитка колеса D _д , м (табл. Б, Дод. Б [1])
1	Легковий (малий/середній)	BA3 (Lada), VW Golf, Toyota Corolla, Skoda Octavia	2	4	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 2 одиначні	Вісь 1: Q _i = 7 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 7 кН (один.)	7–10	l ₁₋₂ = 2,70 м	0,371 м (група А3)
2	Легковий (великий)	Mercedes E/S, BMW 5/7, Lexus LS, Audi A8	2	4	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 2 одиначні	Вісь 1: Q _i = 12 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 12 кН (один.)	10–20	l ₁₋₂ = 2,87 м	0,371 м (група А3)
3	Мікроавтобус / мінівен	Mercedes Sprinter, Ford Transit, VW Crafter, Газель	2	4	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 2–4 одиначні / спарені	Вісь 1: Q _i = 15 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 12–20 кН (один./спар.)	20–35	l ₁₋₂ = 3,70 м	0,371 м (група А3)
4	Вантажний 2-вісний (легкий)	Mercedes Atego 1224	2	6	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 4 спарені	Вісь 1: Q _i = 20 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 15 кН (спар.)	до 60	l ₁₋₂ = 3,80 м	0,371 м (група А3)
5	Вантажний 2-вісний	MAN TGM, Volvo FMX 4×2	2	6	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 4 спарені	Вісь 1: Q _i = 28 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 25 кН (спар.)	до 100	l ₁₋₂ = 3,95 м	0,371 м (група А3)
6	Вантажний 3-вісний	MAN TGS 6×4 Volvo FH 6×4	3	6	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 4 спарені Вісь 3: 4 спарені	Вісь 1: Q _i = 29 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 18 кН (спар.)* Вісь 3: Q _i = 18 кН (спар.)*	до 100	l ₁₋₂ = 3,90 м l ₂₋₃ = 1,35 м	0,345 м (група А2)

№	Тип транспортного засобу	Типові марки	Кількість осей	Загальна кількість коліс	Розподіл коліс по осях та тип шин	Q _i — статичне навантаження на 1 колесо кожної осі, кН	Норм. навантаження на вісь, кН	Відстані між осями l, м	Діаметр відбитка колеса Дд, м (табл. Б, Дод. Б [1])
						* осі 2 і 3 ближче 2,5 м			
7	Вантажний 4-вісний (8×4)	MAN TGS 8×4, Mercedes Arocs 8×4	4	8	Вісь 1: 2 один.; Вісь 2: 2 один. Вісь 3: 4 спар.; Вісь 4: 4 спар.	Вісь 1: Q _i = 28 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 28 кН (один.) Вісь 3: Q _i = 22 кН (спар.)* Вісь 4: Q _i = 22 кН (спар.)*	до 100	l ₁₋₂ = 1,47 м l ₂₋₃ = 3,90 м l ₃₋₄ = 1,35 м	0,345 м (група А2)
8	Тягач 2-вісний + напівпричіп 2-вісний (4×2 + 2 осі)	MAN TGX 4×2, DAF XF 4×2, Renault T + Schmitz / Kögel	4	12	Тягач: В1: 2 один.; В2: 4 спар. Напівпр.: В1: 4 спар.; В2: 4 спар.	Тягач В1: Q _i = 28 кН (один.) Тягач В2: Q _i = 32 кН (спар.) Напівпр. В1: Q _i = 28 кН (спар.)* Напівпр. В2: Q _i = 28 кН (спар.)*	до 115	l ₁₋₂ = 3,80 м l ₂₋₃ * = 6,20 м l ₃₋₄ = 1,31 м * між тягачем і напівпр.;	0,345 м (група А2)
9	Тягач 3-вісний + напівпричіп 3-вісний (6×4 + 3 осі)	Volvo FH 6×4, Scania R 6×4, Mercedes Actros 6×4 + Schmitz	6	14	Тягач: В1: 2 один.; В2–В3: 4+4 спар. Напівпр.: В1–В3: 4+4+4 спар.	Тягач В1: Q _i = 32 кН (один.) Тягач В2–В3: Q _i = 25 кН (спар.)* Напівпр. В1–В3: Q _i = 25 кН (спар.)*	до 130	l ₁₋₂ = 3,80 м l ₂₋₃ = 1,35 м l ₃₋₄ * = 6,00 м l ₄₋₅ = 1,31 м l ₅₋₆ = 1,31 м * між тягачем і напівпр.	0,346 м (група А1)
10	Автобус міський малий/середній	Богдан А-09202, МА3-105	2	6	Вісь 1: 2 одиночні Вісь 2: 4 спарені	Вісь 1: Q _i = 25 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 22 кН (спар.)	до 80	l ₁₋₂ = 4,50 м	0,371 м (група А3)

№	Тип транспортного засобу	Типові марки	Кількість осей	Загальна кількість коліс	Розподіл коліс по осях та тип шин	Q _i — статичне навантаження на 1 колесо кожної осі, кН	Норм. навантаження на вісь, кН	Відстані між осями l, м	Діаметр відбитка колеса D _д , м (табл. Б, Дод. Б [1])
11	Автобус міський великий	Mercedes Citaro	2	6	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 4 спарені	Вісь 1: Q _i = 30 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 28 кН (спар.)	до 100	l ₁₋₂ = 5,50 м	0,345 м (група А2)
12	Автобус міжміський/туристичний	Neoplan N1116, Ikarus 256, Setra S 516, Volvo 9700	2–3	6–10	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 4 спарені (Вісь 3: 4 спарені)	Вісь 1: Q _i = 30 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 28 кН (спар.) (Вісь 3: Q _i = 28 кН (спар.))	до 100	l ₁₋₂ = 5,90 м (l ₂₋₃ = 6,0 м)	0,345 м (група А2)
13	Зчленований автобус ("гармошка")	MA3-105, Mercedes Citaro G, Volvo 7900A	3	6-10	Вісь 1: 2 одиначні Вісь 2: 4 спарені Вісь 3: 4 спарені	Вісь 1: Q _i = 25 кН (один.) Вісь 2: Q _i = 28 кН (спар.)* Вісь 3: Q _i = 28 кН (спар.)*	до 100	l ₁₋₂ = 6,00 м l ₂₋₃ = 8,0 м	0,345 м (група А2)