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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
Проф. Дьомін М.М._____
_____
«____»_____2023 р.

Пояснювальна записка
До атестаційної роботи бакалавра

на тему
«Зниження експлуатаційних витрат на перетині вул. Крайня - вул. Братиславська у м. Києві»

Виконав: студент IV курсу, групи МБГ-42
Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність:
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП: «Міське будівництво та господарство»
Нікушин Н.Є.
Керівник: Осєтрін М.М
Асистент: Беспалов Д.О.
Рецензент: Чередніченко П.П

м. Київ –2023

Зміст

Завдання на атестаційну роботу бакалавра 4

Календарний план 6

Вступ 7

1. Аналітичний розділ 9

1.1 Аналіз отриманого завдання 10

1.2 Аналіз норм міжремонтних строків нормативних покриттів 12

1.3 Збір вихідних даних 15

1.4 Аналіз існуючого стану 18

Висновок аналітичного підрозділу 29

2. Розрахунково-проектний підрозділ 31

2.1 Визначення експлуатаційних витрат існуючого перетину 32

2.2 Розробка вирішення основної задачі проєкту, зменшення експлуатаційних витрат 33

2.3 Порівняння доцільності влаштування різних дорожніх покриттів 34

2.4 Розрахунок та проєктування геометричних розмірів саморегульованого кільцевого перетину 38

2.5 Проєктування поздовжніх профілів перетину магістралей 42

2.6 Планування поверхневого стоку в межах перетину магістралей 43

2.7 Розробка вертикального планування в межах перетину магістралей 44

2.8 Розміщення дощоприймальних колекторів 45

2.9 Перекладка підземних інженерних мереж 46

2.10 Визначення обсягів земляних робіт 46

2.11 Визначення транспортно-експлуатаційних і техніко-економічних показників 49

Висновок розрахунково-проектного підрозділу 61

3. Конструктивний розділ 63
3.1 Проектування позавуличного пішохідного переходу 64
3.2 Освітлення 65
3.3 Озеленення 66
3.4 Дорожній одяг 66
3.5 Зупинки громадського транспорту 69
Висновок конструктивного підрозділу 71
Загальний висновок 72
Список використаної літератури 74

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»
Спеціалізація: «Міське будівництво і господарство»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, проф. Дьомін М.М.
_____
«____»_____2023року

З А В Д А Н Н Я

НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

СТУДЕНТУ Нікушину Нікіті Євгеновичу

1. Тема проекту **«Зниження експлуатаційних витрат на перетині вул. Крайня - вул. Братиславська у м. Києві»**

Керівник проекту Осєтрін М.М., Беспалов Д.О.

Затверджені наказом вищого навчального закладу №___від «___»__202_року

2. Термін подання студентом проекту 21 червня 2023 року.

3. Вихідні дані до проекту: матеріали генерального плану м. Києва; нормативно-законодавча база на проектування; матеріали транспортної комплексної схеми м. Києва; учбово-методична документація на розробку дорожнього транспортного вузла; літературний пошук; натурні обстеження.

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

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

5. Перелік графічних матеріалів проєкту

№ розділу	Найменування розділів проєкту	Об’єм креслень (аркушів ФА1)
1	Аналіз існуючого планувального рішення перетину М 1:500	1
2	Розробка планувального рішення М 1:1000	1
3	Дослідження транспортно-експлуатаційних показників запропонованих перетинів	1
4	Поперечні профілі М 1:200	1
5	Планувальне рішення дорожньо-транспортного вузла М1:500	1
6	Поздовжні профілі магістралей Мв1:100, Мг1:1000	1
7	Вертикальне планування дорожньо-транспортного вузла М1:500; техніко-економічні показники перетину	1
	Разом	7

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	ст. викл. Беспалов Д.О.		
2	ст. викл. Беспалов Д.О.		
3	ст. викл. Беспалов Д.О.		
4	ст. викл. Беспалов Д.О.		

7. Дата видачі завдання 10 березня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапу проекту	Примітки
1	Збір вихідних даних	11.05.2023	
2	Вступ	08.06.2023	
3	Аналітичний розділ	11.05.2023	
4	Розрахунково-проектний розділ	25.05.2023	
5	Конструктивний розділ	25.05.2023	
6	Висновки	08.06.2023	
7	Список літератури	08.06.2023	
8	Рецензування проекту	08.06.2023	
9	Захист проекту	21.06.2023	

ВСТУП

Нестримний розвиток науки і автоматизації зробив автомобільний транспорт доступним, як ніколи. А розвиток транспортної інфраструктури зробив його невід'ємною частиною нашого життя, збільшуючи можливості для мобільності населення, надаючи можливість працювати не за місцем проживання, їздити до віддалених магазинів торгових центрів і рекреаційних зон. Але така потреба в ньому породжує свої проблеми. Рівень автомобілізації швидко збільшується: так, за останній рік кількість автомобілів збільшилась на 4,1%, згідно з публіцистичними інтернет джерелами. Це велика проблема для нашої транспортної інфраструктури, яка розрахована на менший транспортний попит, крім того висока інтенсивність руху зношує дорожнє покриття швидше.

В цьому проекті основною задачею є удосконалення перетину вул. Крайня і вул. Братиславська у м. Києві. Насамперед, основною метою буде зниження експлуатаційних витрат на утримання вузла, що дозволить перенаправити збережені кошти, які у подальшому можна виділити на вирішення інших проблем транспортної інфраструктури, дослідження нових матеріалів і методів влаштування дорожніх покриттів або ж закупку новітнього обладнання для подальшого будівництва і розвитку.

Для зменшення інтенсивності руху та сприяння екологічному аспекту планується розробити велоінфраструктуру на перетині. Це може заохотити населення перестати користуватися автотранспортом і почати використовувати велосипедний, не ризикуючи своїм життям на дорозі й не заважаючи транспортним засобам.

Також планується збільшити безпеку руху на перетині. За статистикою дорожньо-транспортних пригод вул. Братиславська у м. Києві вважається небезпечною.

Опираючись на показники Транспортної моделі міста Києва та його приміської зони, було виявлено 49% лівоповоротного руху на перетині, тоді як можливості існуючого схеми організації руху на перетині є недостатніми для задоволення цього попиту. Тож планується вирішення і цієї проблеми.

Експлуатаційні витрати – це кошти які виділені на підтримання інфраструктури магістралі або вулиці в належному стані й подальший її розвиток.

В залежності від характеру, обсягів і періодичності роботи по ремонту і утриманню міських вулиць та доріг поділяються на такі види: капітальний, поточний ремонти і утримання (п.3.2 КТМ[15]).

Планується проведення дослідження щодо методів зниження експлуатаційних витрат, тобто зниження витрат на поточний і капітальний ремонт, а також утримання.

Для отримання найкращого рішення буде розроблено два варіанти перетину, з яких після порівняння характеристик, буде прийнято оптимальний.

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Керівник: _____

(підпис, дата)

_____

(підпис, дата)

1.1 АНАЛІЗ ОТРИМАНОГО ЗАВДАННЯ

Експлуатаційні витрати включать в собі витрати на поточний, та накопичення коштів на капітальний ремонт (амортизацію) дорожніх основ і покриттів, а також утримання міських дорожніх об'єктів. Серед них є витрати на:

- роботи з експлуатаційного утримання земляного полотна та водовідводу;
- роботи з експлуатаційного утримання дорожнього одягу;
- роботи з експлуатаційного утримання технічних засобів організації дорожнього руху;
- роботи із зимового утримання;
- роботи з озеленення;
- роботи з експлуатаційного утримання штучних споруд;
- роботи з експлуатаційного утримання об’єктів благоустрою;
- інші роботи з експлуатаційного утримання.

Поточний ремонт здійснюється з метою запобігання та негайної ліквідації дрібних деформацій і руйнувань дорожнього одягу, інженерного обладнання, елементів і конструкцій дорожньо-транспортних споруд. Обсяги робіт для поточного ремонту складають не більше 20% загальної площі дорожнього покриття вулиці, дороги, дорожньо-транспортної споруди.

Капітальний ремонт - це комплекс заходів по відновленню транспортно-експлуатаційних якостей вулично-дорожньої мережі, приведенню показників міцності дорожнього одягу, несучої здатності і габаритів дорожньо-транспортних споруд в межах державних будівельних норм, які відповідають категорії вулиці (дороги), що підлягає ремонту.

Утримання міських дорожніх об'єктів полягає у регулярному виконанні, робіт сезонного характеру, які забезпечують їх належну чистоту і нормальні

умови експлуатації, в тому числі і у випадках впливу несприятливих погодних факторів.

Для подальших розрахунків буде використані загальні показники отримані з досвіду попередніх проектів [16], де щорічний процент відрахувань на поточний ремонт одягу складає 1% від вартості влаштування дорожнього одягу, а щорічний процент відрахувань на реконструкцію та капітальний ремонт складає 5%.

Основними характеристиками експлуатаційних витрат є площа асфальтобетонного покриття об’єкту, відрахування на поточний і капітальний ремонт, вартість утримання кв. м. покриття, також сюди можна віднести витрати на освітлення.

Фактори формування вартості експлуатаційних витрат, на які можна вплинути:

- це площа дорожнього покриття: тобто менша площа, менші витрати на утримання і на відрахування;
- накопичення на ремонт можна зменшити, використовуючи більш ремонтопридатне асфальтобетонне покриття;
- накопичення на капітальний ремонт можна зменшити, використовуючи довговічніше асфальтобетонне покриття;
- витрати на освітлення, зменшуються завдяки використанню новітніх енергозберігаючих технологій.

Велику популярність у світі, особливо в Австралії [3] і Америці [2], почали здобувати гравійні покриття для доріг. Утримання доріг з твердим покриттям коштує дорожче, ніж дороги з гравійним покриттям. У свою чергу, багато малих міст перетворюють асфальтові дороги на гравійні — і в результаті вони мають скорочення до 92% витрат на утримання кілометру дороги.

1.2 АНАЛІЗ НОРМ МІЖРЕМОНТНИХ СТРОКІВ НОРМАТИВНИХ ПОКРИТТІВ

Норми міжремонтних строків експлуатації дорожнього одягу (покриття) міських магістралей і вулиць приймають залежно від інтенсивності руху транспортних засобів у перший рік після закінчення нового будівництва, реконструкції, капітального (поточного) ремонту автомобільної дороги, типу дорожнього одягу та матеріалу покриття згідно з таблицею 1 [12], 2 [9]:

Таблиця 1

Норми міжремонтних строків експлуатації дорожнього покриття (поточний ремонт)

Категорія автомобіль-ної дороги	Інтенсивність руху, трансп. одиниць/ добу	Тип дорожнього одягу	Матеріал покриття	Строки експлуатації дорожнього покриття для дорожньо-кліматичних зон, у роках		
				У-І	У-ІІ	У-ІІІ
1	2	3	4	5	6	7
І	Понад 10000	Капітальний	Цементобетон	6	7	8
І	10 000—20 000		Щебенево-мастиковий асфальтобетон	4	5	6
І	20 000—30 000			4	4	5
І	Понад 30 000			3	4	4
І	10 000—20 000		Асфальтобетон	3	4	4
І	20 000—30 000			3	4	4
І	Понад 30 000			3	3	4
ІІ	3000-10000		Цементобетон	8	9	10
ІІ	3000-5000		Щебенево-мастиковий асфальтобетон	5	6	7
ІІ	5000-8000			4	6	6
ІІ	8000-10000			4	5	6
ІІ	3000-5000		Асфальтобетон	4	5	5
ІІ	5000-8000			4	4	5
ІІ	8000-10000			3	4	4

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
III	1000-3000	Удосконалений полегшений	Щебенево-мастиковий асфальтобетон	7	8	8
III	1000-3000		Асфальтобетон	5	5	6
III	500-1000		Чорний щебінь (просочування)	4	5	5
IV	500-1000			4	5	5
IV	500-1000		Чорний щебінь (змішування на дорозі)	3	3	4
IV	150-500			4	4	4
IV-V	До 150	Перехідний	Щебінь, гравій	2	2	3
IV-V	До 150		Бруківка	5	6	7
IV-V	До 150		Цементогрунт, маломіцні кам’яні матеріали, укріплені в’яжучими речовинами	3	3	3
V	До 150		Фракційні кам’яні матеріали, не укріплені в’яжучими матеріалами	3	3	3

Таблиця 2

Норми міжремонтних строків експлуатації дорожнього покриття

(капітальний ремонт)

Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Матеріал покриття	Інтенсивність руху у транспортних одиницях, авт/добу	Строк експлуатації дорожнього одягу, роки
1	2	3	4	5
I	Капітальний	Цементобетон	Понад 10000	18
		ЩМА, асфальтобетон на бітумах модифікований полімером або комплексом добавок	10000-20000	12
			20000-30000	11
			Понад 30000	10
II	Капітальний	Цементобетон	3000-10000	21
		ЩМА, асфальтобетон на бітумах модифікований полімером або комплексом добавок	3000-5000	14
			5000-8000	13
			8000-10000	12

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
III	Капітальний	Цементобетон	1000-3000	22
		ЩМА, асфальтобетон на бітумах модифікований полімером або комплексом добавок		15
		асфальтобетон		12
IV	Капітальний	Цементобетон	150-1000	23
		Асфальтобетон		13
	Удосконалений полегшений	Цементобетон	До 500	24
		Асфальтобетон		14
		Чорний щебінь		8
V	Удосконалений полегшений	Асфальтобетон	До 150	12
		Чорний щебінь		10
	Перехідний	бруківка		15
		ґрунт і маломіцні кам'яні матеріали укріплені		6
		кам'яні матеріали неукріплені		5

Опираючись на данні таблиці з ДБН [9], можна визначити технічну класифікацію міських магістралей і вулиць за категоріями залежно від середньодобової перспективної інтенсивності руху.

Виходячи з коефіцієнтів добової нерівномірності руху транспорту в м. Києві [13], на години пік припадає всього 14,9%. Отже можна вирахувати добову інтенсивність виходячи з даних Транспортної моделі міста Києва та його приміської зони для години пік.

$$I = \frac{2 * \sum N}{k_{нчп}} \qquad (2.1)$$

Де $\sum N$ – сума всіх вхідних потоків;

$k_{нчп}$ – коефіцієнт нерівномірності для годин пік.

$$I_{1-3} = \frac{2 * 2134}{0{,}149} = 28655 \text{ авт/добу}$$

$$I_{2-4} = \frac{2 * 4295}{0{,}149} = 57651 \text{ авт/добу}$$

Згідно ДБН [9], досліджуваний транспортний вузол знаходиться на перетині Північної і Центральної дорожньо-кліматичної зони, тож приймаємо найнесприятливіший результат, тобто Північну кліматична зона (У-І).

Тепер, маючи усі вихідні данні можна буде обрати і порівняти всі нові варіанти дорожнього покриття.

1.3 ЗБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ

Об’єкт проектування знаходиться у Деснянському районі міста Києва на перетині вулиць Крайня і Братиславська.

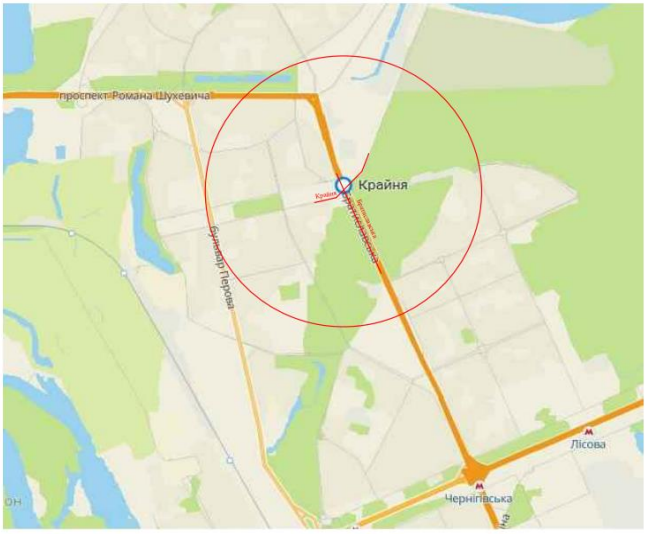


Рис. 1. Розміщення вузла у місті.

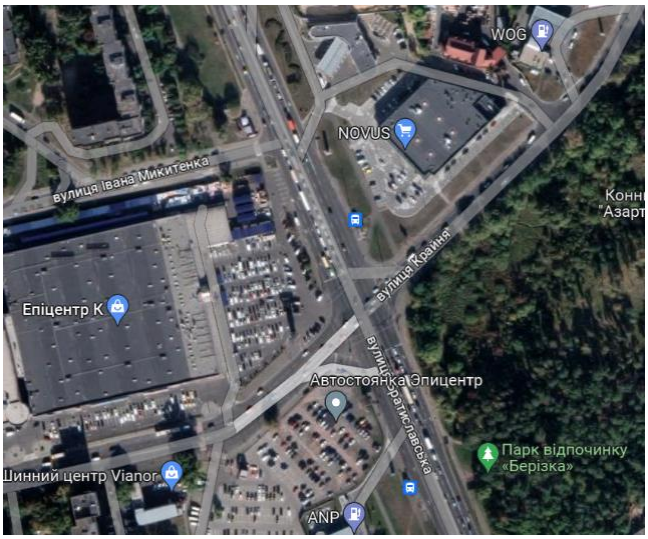


Рис. 2. Вигляд вузла та точки тяжіння.

Це магістралі районного і загальноміського значення регульованого руху відповідно. По вулиці Братиславська ходить громадський транспорт, серед якого є автобуси (6, 79, 320, 325), тролейбуси (37, 37А) і маршрутні таксі (191, 233, 405, 414, 416, 418, 434, 528, 529, 590). Також цією вулицею, за «Концепцією розвитку велоінфраструктури в місті Києві» [14], передбачений веломаршрут І категорії (сполучає житлову забудову і метро Чернігівська). Інтенсивність руху на перетині була отримана завдяки Транспортній моделі міста Києва та його приміської зони (табл. 3).

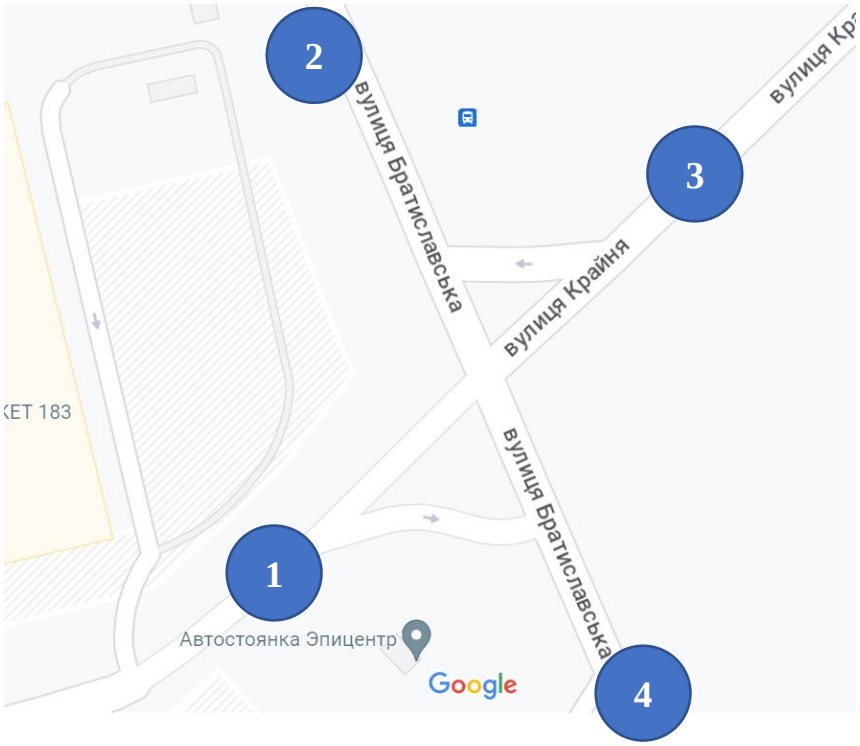


Рис. 3. Позначення входів та виходів на перетині.

Таблиця 3

Таблиця інтенсивності руху транспорту в «години-пік» на перетині магістралей за напрямками, авт./год

Напрям в'їзду до перетину (i)	Напрям виїзду з перетину магістралей (j)			
	1	2	3	4
1	0	592	623	0
2	573	0	0	1247
3	824	95	0	0
4	254	1579	642	0

Також додаткові пошуки інформації виявили, що перетин знаходиться у Поліському районі України, згідно даних «Карта ґрунтів України» [17], знаходиться на бурових пісках.

Поруч з досліджуваним перетином знаходиться супермаркет «Новус» і магазин будівельних матеріалів «Епіцентр», що являють собою точки тяжіння населення. Крім того, авто які користуються майданчиками для паркування, створюють незручності своєю значною інтенсивністю руху.

Вузол є вважливою артерією Деснянського району так, як сполучає житлові масиви з Броварським проспектом й Святошинсько-Броварською лінією київського метрополітену.

Тротуари на перетині віддаленні від будинків з магазинами. Пішохідну інтенсивність було визначено за пропускною здатністю інфраструктури.

Дослідження ДТП: згідно аналізу даних Патрульної поліції міста Києва [4], перетин демонструє високий рівень небезпеки для учасників дорожнього руху.

Натурні обстеження виявили поганий стан дорожнього покриття та бортового каменю.

Відсутність центральної розділювальної смуги по вулиці Братиславська суперечить пункту 5.1.14 ДБН [8].

1.4 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ

Аналіз поперечних профілів магістралей в межах їх перетину

Для вулиць і магістралей у цілому або для окремих їх ділянок розробляють типовий 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.

Елементами поперечного профілю є:

- проїжджа частина;
- пішохідна частина тротуарів;
- захисні смуги;
- велодоріжка або велосмуга;
- розподільча смуга між проїжджою частиною і пішохідною частиною тротуарів;
- смуги для розміщення підземних інженерних комунікацій (на них не дозволяється розміщувати споруди, висаджувати дерева та високорослі чагарники);
- смуги озеленення для привабливості магістралей та зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище магістралі.

Розміри геометричних елементів обґрунтовуються розрахунками та відповідними нормативами.

Згідно з п. 5.1.13 ДБН [6] ширину розподільчих смуг між елементами поперечного профілю вулиць і доріг треба визначати, виходячи із умов розміщення підземних комунікацій, озеленення, необхідності зниження негативної дії транспорту на навколишнє середовище, але не менше розмірів наведених у табл. 5.5 ДБН [6].

Обґрунтування вибору розрахункової швидкості на перетині магістралей

Завдяки розрахунковій швидкості будуть розраховані всі геометричні елементи перетину. Радіуси заокруглення заїзду та виїзду з кільця. Максимальний та мінімальний радіус кільця. Усі розрахунки відповідають нормативам швидкостей в залежності від категорії магістралей, що пересікаються.

Нормативна швидкість руху – це максимальна швидкість проїзду на перетині магістралей з врахуванням безпеки руху (регламентується нормами та правилами дорожнього руху) – $V_н$. Розрахункова швидкість не може приймається більше нормативної.

$$V_{\text{розр}} \leq V_{\text{з}} \tag{1.2}$$

Задана швидкість руху – це мінімальна швидкість, яку треба забезпечити на перетині згідно із завданням на проектування ($V_з$). Максимальну пропускну здатність забезпечує швидкість в 30 км/год. Приймаємо цю швидкість за задану швидкість руху.

Оптимальна швидкість руху – це така швидкість руху транспорту на перетині, за якої досягається теоретична максимальна пропускна здатність перетину ($V_{опт}$).

Для максимальної пропускної здатності перетину приймаємо розрахункову швидкість, що менше оптимальної та більше заданої.

$$V_{\text{опт}} \geq V_{\text{розр}} \geq V_{\text{з}} \tag{1.3}$$

Оптимальна швидкість руху транспорту ($V_{опт}$) може бути визначена за формулою:

$$V_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(l_a + l_б) \cdot 2g \cdot (\varphi + f \pm i)}{k_e - k_1}} \quad (1.4)$$

$l_а$ – довжина розрахункового автомобіля (5 м);

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

$k_е$ – 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/с^2);

φ – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїзної частини;

f – коефіцієнт опору коченню;

i – поздовжній похил ділянки магістралі.

$$V_{\text{опт2-4}} = \sqrt{\frac{(5 + 3{,}5) \cdot 2 \cdot 9{,}81 \cdot (0{,}425 + 0{,}02 - 0{,}007)}{1{,}6 - 1{,}1}} = 43{,}5 \text{ км/год}$$

$$V_{\text{опт1-3}} = \sqrt{\frac{(5 + 3{,}5) \cdot 2 \cdot 9{,}81 \cdot (0{,}425 + 0{,}02 + 0{,}008)}{1{,}6 - 1{,}1}} = 44{,}3 \text{ км/год}$$

Розрахункову швидкість приймаємо з діапазону:

$$V_{\text{опт}} \geq V_{\text{розр}} \geq V_{\text{з}} \quad (1.5)$$

$$43{,}5 \geq V_{\text{розр}} \geq 30.$$

Приймаємо розрахункову швидкість, що дорівнює найбільш доцільній для кільцевого перетину (див. табл. 3):

$$V_{\text{розр}} = 32 \text{ км/год}$$

Розрахунок ширини проїзної частини магістралей

Методика проектування геометричних елементів поперечних профілів магістралей, які приймаються аналогічно підходу до їх проектування на перегонах магістралей.

Для визначення ширини проїзної частини магістралей які перетинаються, знаходимо необхідну кількість смуг руху транспорту, для кожної магістралі окремо, за алгоритмом, наведеним нижче:

1. Визначаємо пропускну здатність однієї смуги руху транспорту на перегоні:

$$N_{\text{см}} = \frac{3600V_p}{l_{\text{а}} + l_{\text{б}} + V_p t_p + (k_e - k_1)V_p^2/[2g(\phi + f \pm i)]} \qquad (1.6)$$

де $V_{\text{р}}$ – швидкість руху транспорту, яка приймається залежно від категорії магістралі та умов руху на ній, м/с (див. ДБН [8] табл. 5.1 п. 5.1.1 та згідно правил дорожнього руху для вулиць і доріг з регульованим рухом 50 км/год);

$t_{\text{р}}$ – час реакції водія та період спрацювання гальмівної системи автомобіля (0,5 – 2,0 с).

$l_{\text{а}}$ – довжина розрахункового автомобіля (5 м);

$l_{\text{б}}$ – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися (2 – 5 м);

$k_{\text{е}}$ – 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/с^2);

φ – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїзної частини;

f – коефіцієнт опору коченню;

i – поздовжній похил ділянки магістралі.

$$N_{\text{см2-4}} = \frac{3600 * 16{,}667}{5 + 3{,}5 + 16{,}667 \ * 1 + \frac{(1{,}6 - 1{,}1)16{,}667^{\,2}}{[2g(0{,}425 + 0{,}02 - 0{,}007)]}}$$

$$N_{\text{см1-3}} = 1452 \text{ авт/год}$$

$$N_{\text{см1-3}} = \frac{3600 * 16{,}667}{5 + 3{,}5 + 16{,}667 \ * 1 + \frac{(1{,}6 - 1{,}1)16{,}667^{\,2}}{[2g(0{,}425 + 0{,}02 + 0{,}008)]}}$$

$$N_{\text{см2-5}} = 1471 \text{ авт/год}$$

2. Встановлюємо коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну здатність кожної магістралі:

$$\delta = \frac{L}{L + V_p^2/(2a) + V_p^2/(2b) + V_p(t_{\text{ч}} + 2t_{\text{ж}})/2} \qquad (1.7)$$

$$\delta_{2-4} = \frac{2200}{2200 + 16{,}667^2/(2 * 1) + 16{,}667^2/(2 * 1) + 16{,}667(30 + 2 * 5)/2}$$

$$\delta_{2-4} = 0{,}78$$

$$\delta_{1-3} = \frac{3180}{3180 + 16{,}667^2/(2 * 1) + 16{,}667^2/(2 * 1) + 16{,}667(60 + 2 * 5)/2}$$

$$\delta_{1-3} = 0{,}84$$

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

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

b – сповільнення автомобіля при гальмуванні (0,6 – 1,5 м/с^2);

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

3. Визначаємо пропускну здатність смуги руху транспорту з врахуванням впливу світлофорного регулювання для кожної магістралі:

Враховуємо вплив світлофорного регулювання на пропускну здатність магістралей, які перетинаються:

$$N'_{\text{см}} = N_{\text{см}} \cdot \delta \qquad (1.8)$$

де N'см – пропускна здатність однієї смуги руху транспорту на перегоні;

δ – коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну здатність магістралі.

$$N'_{\text{см}2-4} = N_{\text{см}2-4} \cdot \delta_{2-4} = 1452*0{,}78 = 1133 \text{ авт/год}$$
$$N'_{\text{см}1-3} = N_{\text{см}1-3} \cdot \delta_{1-3} = 1471*0{,}84 = 1236 \text{ авт/год}$$

4. Визначаємо необхідну кількість смуг руху транспорту на кожній магістралі:

$$n = \frac{N_{\text{розр}}}{N'_{\text{см}}} \qquad (1.9)$$

$$n_{2-4} = \frac{N_{\text{розр}2-4}}{N'_{\text{см}2-4}} = \frac{2475}{1133} = 3 \text{ см}$$

$$n_{1-3} = \frac{N_{\text{розр}1-3}}{N'_{\text{см}1-3}} = \frac{1651}{1236} = 2 \text{ см}$$

де n – необхідна кількість смуг руху транспорту в одному напрямку (отримана величина округляється в більший бік);

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

Отриману величину кількості смуг руху транспорту порівнюємо з вимогами ДБН [6] і для подальшого проектування приймаємо більшу

величину, але не більше 4 смуг в одному напрямку для магістралей загальноміського значення регульованого руху та 3 смуг в одному напрямку для магістралей районного значення.

5. Пропускну здатність кожної магістралі в одну сторону визначаємо за формулою:

$$N_{маг} = N'_{см} \cdot k_n \quad (1.10)$$

$$N_{маг2-4} = 1133 \cdot 2{,}7 = 3059 \text{ авт/год}$$

$$N_{маг1-3} = 1236 \cdot 1{,}9 = 2348 \text{ авт/год}$$

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.

6. Перевіряємо виконання умови для кожної магістралі:

$$N_{маг} \geq N_{розр} \quad (1.11)$$

$$N_{маг2-4} \geq N_{розр2-4}$$

$$3059 \geq 2475$$

$$N_{маг1-3} \geq N_{розр1-3}$$

$$2348 \geq 1651$$

Умова виконана, немає необхідності у розширенні існуючих магістралей.

7. Перевіряємо доцільність використання кишень для зупинки громадського транспорту.

Шукаємо пропускну здатність кожної магістралі в одну сторону, враховуючи зупинки громадського транспорту на крайній лівій смузі:

$$N_{маг} = N'_{см} \cdot k_n \quad (1.10)$$

$$N_{маг2-4} = 1133 \cdot (0{,}5 + 0{,}9 + 0{,}8) = 2493 \text{ авт/год}$$

$$N_{маг1-3} = 1236 \cdot (0{,}5 + 0{,}9) = 1731 \text{ авт/год}$$

Коефіцієнт k_n було враховано так, щоб змоделювати зупинку громадського транспорту на крайній смузі.

8. Перевіряємо виконання умови для кожної магістралі:

$$N_{\text{маг}} \geq N_{\text{розр}} \tag{1.11}$$

$$N_{\text{маг2}-4} \geq N_{\text{розр2}-4}$$

$$2493 \geq 2475$$

$$N_{\text{маг1}-3} \geq N_{\text{розр1}-3}$$

$$1731 \geq 1651$$

Магістралі забезпечують достатню пропускну здатність із зупинками на проїзній частині. Тому зупинки в кишенях є недоречними.

Розрахунок ширини пішохідної частини тротуарів

Ширину тротуарів магістралей слід визначати з урахуванням їх категорій та очікуваної інтенсивності пішохідного руху на них. Якщо є задані розміри перспективної розрахункової інтенсивності пішохідного руху, то необхідну кількість смуг руху на пішохідній частині тротуару визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N_{\text{зад}}}{N_{\text{п.см.}}} \tag{1.12}$$

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

$N_{п.см.}$ – пропускна здатність однієї смуги руху (необхідну величину приймаємо згідно з табл. 2), піш./год.

$$n_{2-4} = \frac{3100}{800} = 3{,}875 \text{ приймаємо 4 смуги руху}$$

$$n_{1-3} = \frac{3100}{800} = 3{,}875 \text{ приймаємо 4 смуги руху}$$

Отриману величину кількості смуг руху пішоходів округляємо в більший бік до цілого числа. Дані про пропускну здатність смуги руху пішохідної частини тротуарів (піш./год) наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Пропускна здатність смуги руху пішохідної частини тротуарів

Тротуари, розташовані уздовж забудови за наявності в прилеглих будинках магазинів	700
Тротуари, віддалені від будинків з магазинами, а також уздовж громадських будинків і споруд	800
Тротуари в межах зелених насаджень вулиць і доріг	1000
Пішохідні вулиці та доріжки (прогулянкові)	600
Переходи через проїжджу частину в одному рівні	500
Пішохідні тунелі	1000 (750)
Пішохідні містки	2000 (1500)
Сходи	1500 (1250)

Ширину пішохідної частини тротуару $B_{тр}$ визначаємо за формулою:

$$B_{тр} = n \cdot 0{,}75 \qquad (1.13)$$

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

$$n^{E}_{тр2-4} = 4 \cdot 0{,}75 = 3 \text{ м},$$

$$n^{P}_{тр1-3} = 4 \cdot 0{,}75 = 3 \text{ м}.$$

Отриману величину порівнюємо з вимогами ДБН [6] і для подальшого проектування приймаємо більшу величину. Якщо не задано розміри інтенсивності пішохідного руху, то слід прийняти ширину пішохідної частини тротуарів згідно з ДБН [8] та встановити пропускну здатність. Величину пропускної здатності пішохідної частини тротуару $N_{тр}$ встановлюємо за формулою:

$$N_{тр} = N_{п.см.} \cdot B_{тр}/0{,}75 \qquad (1.14)$$

$$N_{тр1-3} = 800 \cdot \frac{3}{0{,}75} = 3200 \text{ піш/год}$$

$$N_{\text{тр2}-4} = 800 \cdot \frac{3}{0{,}75} = 3200 \text{ піш/год}$$

Отриману величину порівнюємо з вимогами ДБН [8] табл. 5.1 – 5.2 і для подальшого проектування приймаємо більшу величину.

Ширину наземних пішохідних переходів вздовж магістралі, що проектується, прийнято з розрахунку 3200:500x1.0 = 6,4 ≈ 7.0 м. Тут 500 піш/год - прийнята пропускна здатність однієї смуги руху на регульованих перехрестях, а 1.0 м прийнята її ширина. Всі данні були взяті з пункту 3.17 ДБН [8].

Дослідження велоінфраструктури

Повна відсутність велосипедної інфраструктури змушує велосипедистів використовувати крайню смугу руху, чи їхати по тротуару. Це потенційно зменшує безпеку і зручність руху для усіх його учасників.

Визначення пропускної здатності регульованого перетину

Пропускна здатність однієї смуги руху транспорту у стоп-лінії на перетині для кожної магістралі може бути визначена за формулою:

$$N_{\text{см}} = \frac{3600 \cdot \left(t_{\text{з}} - \frac{0{,}5V_0}{a}\right)}{t_0 T_{\text{ц}}} \qquad (1.15)$$

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

$t_о$ – час, необхідний для проходження стоп-лінії, $t_р + t_1$;

(1,5 – 4 с);

$T_ц$ – тривалість циклу роботи світлофора на перехресті ($t_ч + t_з + 2t_ж$), с;

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

$$N_{\text{см}1-3} = \frac{3600 \cdot (35 - 8{,}33/1)}{2 \cdot 100} = 457 \text{ авт/год}$$

$$N_{\text{см}2-4} = \frac{3600 \cdot (60 - 0{,}5 \cdot 8{,}33/1)}{2 \cdot 100} = 885 \text{ авт/год}$$

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

$$N_{\text{п.ч.}} = 2N_{\text{см}} \cdot k_n \qquad (1.16)$$

$$N_{\text{п.ч.}1-3} = 2 \cdot 457 \cdot 1{,}9 = 1736 \text{ авт/год}$$

$$N_{\text{п.ч.}2-4} = 2 \cdot 885 \cdot 2{,}7 = 4617 \text{ авт/год}$$

Пропускна здатність перехрестя (вузла):

$$N_{\text{вуз.}} = 1736 + 4617 = 6353 \text{ авт/год}$$

Перевірка доцільності влаштування регульованого перехрестя:

$$N_{\text{вуз.}} \geq N_{\text{розр}} \qquad (1.17)$$

$$N_{\text{вуз}} \geq N_{\text{розр}2-4}$$

$$6353 \geq 2475$$

$$N_{\text{вуз}} \geq N_{\text{розр}1-3}$$

$$6353 \geq 1651$$

Робимо висновок про доцільність влаштування регульованого перехрестя, виходячи з умови $N_{\text{вуз.}} \geq N_{\text{розр}}$.

Серед визначених завдань було прийнято збільшення безпеки руху і вирішення проблеми із лівоповоротним потоком. Ці критерії не забезпечує існуюче регульоване перехрестя. Тому обрано саморегульований круговий перетин (СКП).

В сукупності з додатковими інженерними рішеннями це дозволить вирішити, або пом’якшити усі перелічені вище проблеми на перехресті.

ВИСНОВОК РОЗДІЛУ

Було виявлені фактори які впливають на експлуатаційні витрати, також були розроблені визначені ймовірні шляхи протидії цим факторам, такі як зменшення площі дорожнього покриття, підвищення його довговічності і ремонтоздатності, додатково можна розглянути застосування більш енергоефективних технологій для освітлення перетину.

Спираючись на дані Транспортної моделі міста Києва та його приміської зони була визначена добова і пікова інтенсивність руху транспортного потоку. Спираючись на данні ДБН [9] було визначено розташування в дорожньо-кліматичному районуванні України досліджуваного перетину – У-І. Ці фактори, згідно з міжремонтними строками експлуатації дорожнього покриття, розкривають міжремонтними строками експлуатації, що для асфальтобетону дорівнюють 3 роки для поточного ремонту і 10 років для капітального. Це дозволить в подальшому порівняти базове покриття з іншими і обрати кращий варіант.

Актуальність реконструкції цього перетину визначається завдяки багатьом факторам. На даному перехресті головною перевагою є достатня пропускна здатність та гарно розвинена інфраструктура громадського транспорту. Серед недоліків можна вказати відсутність велосипедної інфраструктури, підвищену небезпеку для учасників дорожнього руху, проблему з лівоповоротним потоком першого напрямку (див. лист 1), застарілість дорожнього покриття і невідповідність сучасним будівельним нормам.

Тому було обрано схема саморегульованого кільцевого перетину, яка має переваги:

1. Підвищення безпеки руху. Досягається зниженням швидкості при наближенні до перетину. ДТП через менші швидкості менш важкі, проте

кількість ДТП може бути трохи більшою в порівнянні з регульованим перетином.

2. Час очікування. Час очікування в порівнянні з регульованим перетином є нижчим, так як у кільцевого перетину зазвичай немає світлофорів і не потрібно чекати зеленого світла.

3. Екологічні вимоги. Додатковими перевагами є кращий екологічний баланс (менше шуму, менше вихлопних газів від автомобілів, що чекають) і зменшення витрат на утримання, якщо немає світлофорів.

4. Рекомендовано влаштовувати кільцеві розв’язки при інтенсивності руху на лівоповоротний потік становить не менше 40%. [6]

РОЗРАХУНКОВО - ПРОЄКТНИЙ РОЗДІЛ

Керівник: _____

(підпис, дата)

_____

(підпис, дата)

2.1 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ІСНУЮЧОГО ПЕРЕТИНУ

Річні дорожні витрати Д визначають як витрати, які складаються з щорічних витрат на реконструкцію, капітальний та поточний ремонти дорожнього одягу, а також утримання дорожнього покриття перетину і розраховуються за формулою:

$$Д = 0{,}01 \cdot C_{од} \cdot (p_1 + p_2) + F \cdot a \quad (2.1)$$

де $C_{од}$ – вартість будівництва дорожнього одягу. Це добуток площі дорожнього покриття на вартість його влаштування. Вартість влаштування дорожнього одягу приймаю за останніми даними в 4500 грн/м^2, отриманих у колег КНУБА;

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

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

F – площа дорожнього покриття. Площа дорожнього покриття дорівнює 11360 м^2;

a – вартість утримання м^2 дорожнього покриття перетину. У зв'язку із відсутністю інформації у відкритих джерелах, приймаю вартість у 80 грн/м^2 згідно із методичними вказівками. [16]

Річні дорожні витрати існуючого перехрестя

$$Д_к = 0{,}01 * 34080000 * (0{,}05 + 0{,}01) + 11360 * 80 = 929\,248 \text{ грн}$$

2.2 РОЗРОБКА ВАРІАНТІВ ЗМЕНШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ НА ПЕРЕТТИНІ

Основним вирішенням задачі по зменшенню експлуатаційних витрат на утримання перетину є зменшення площі дорожнього покриття.

Розглянемо можливість зменшення ширини смуг руху на під'їздах до перетину. Мінімальна ширина смуги руху [8] для магістралей загальноміського значення регульованого руху і районного є 3,0 м., на існуючому перетині ширина смуг руху складає 4,0 м.

Для подальшого проектування ширина смуги руху на під'їздах до перетину буде дорівнювати 3,5 м. Зменшення ширини смуги руху на 0,5 м. зменшить її площу на 12,5%. Зменшення ширини на 1,0 м. вважаю недоречним у зв'язку із підвищенням ризику ДТП. Проектування проїзної частини на під'їздах до перетину не змінює межі існуючого бортового каменю, тож на місці звільненої площі буде утворена центральна розділювальна смуга.

Для моделювання руху на кільцевому перетині радіусом в 32-48 м. для різних типів транспортних засобів було використано програмне забезпечення Autodesk Vehicle Tracking. Для легкових транспортних засобів необхідна ширина смуги руху на круговому перетині дорівнює 3 м. Для громадського транспорту, спецтехніки (пожежні, комунальні машини) – 3,5 м. Для вантажних транспортних засобів за напівпричепом або причепом – 4 м.

Вирішення ширини смуг руху кругового перетину згідно пункту 3.6 ДБН [6] ширину проїзної частини на кільці слід приймати, виходячи з розрахункової інтенсивності та пропускної здатності смуги руху, з урахуванням розширення в межах 3,75-4,0 м. Опираючись на велику інтенсивність транспортних засобів і додаткові проведені дослідження в програмі Autodesk Vehicle Tracking, отримано висновок, що слід обрати ширину смуги на кільцевому перетині рівну 4 м, що забезпечує достатні траєкторії руху для усіх видів транспорту і

значно зменшує ризики ДТП при проходженні перетину вантажним транспортом.

В подальших пунктах розділу будуть розглянуті і запроектовані нові варіанти перетину, серед яких буде обрано найбільш доречний.

2.3 ПОРІВНЯННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВЛАШТУВАННЯ РІЗНИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

Ринок матеріалів для дорожніх покриттів весь час варіюється та кожна фірма, яка влаштовує дорожні покриття не викладає свої розцінки у вільний доступ, тож неможливо дати точну ціну влаштування м. кв. того чи іншого покриття. Тому для поточної оцінки будуть використані припущення, базуючись на останніх даних, що були зафіксовані працівниками і викладачами КНУБА на початок 2022 року. Ціна влаштування асфальтобетонного покриття приймається 4500 грн/м^2, а ціна цементобетонного варіювалась від 6250 до 9000 грн/м^2. На сьогодення, коли ціни виросли внаслідок останніх подій, в роботі буде прийматися ціна на 10% вищою за ціну того періоду, або прийняте максимальне значення.

Дані для аналізу довговічності покриття буде отримано з табл. 1 і табл. 2 з ДСТУ [12] та ДБН [9] відповідно. Добову інтенсивність руху прийнято з розрахунків у аналітичній частині і буде прийматися, як понад 30000 авт./добу. Дорожньо-кліматичні умови для перехрестя були визначені, як Північна кліматична зона (У-І), згідно з ДБН [9].

Таблиця 5

Порівняння дорожніх покриттів

Тип дорожнього покриття	Ціна влаштування, грн/кв.м.	Строки експлуатації дорожнього покриття до поточного ремонту, роки	Строки експлуатації дорожнього покриття до капітального ремонту, роки
Асфальтобетонне (еталон)	4950	3	10
Цементобетон	9000	6	18
Асфальтобетонне покриття з використанням тонкого шару цементобетону [19]	5600	4	13,5
Асфальтобетон з добавками із переробленого пластику [18]	6755	6	20

Розрахунки щодо використання асфальтобетонного покриття з використанням тонкого шару цементобетону були розраховані, як сума ціни влаштування повноцінного асфальтобетонного покриття і ціни влаштування 2 см. шару цементобетону. Було зроблене припущення, що ціна влаштування верхнього шару цементобетону дорівнює 6500 грн/ грн/м^2, а його висота складає 20 см. Також з висновків [19] дослідження цього покриття було отримано результати про зменшення витрат на поточний ремонт на 37,5%, саме на таку величину орієнтовно було підвищено строки експлуатації, цього дорожнього покриття.

Згідно з [18] дороги з додаванням пластикових відходів мають низьку просочуваність і більшу міцність, що дозволяє збільшити довговічність доріг у два рази. Розрахунки щодо визначення ціни були проведені, як сума 94,6% (так як пластик зменшить частку використаного при цьому від 8 до 10% бітуму, який теоретично складає 5,4% від маси асфальту) ціни влаштування асфальтобетонного покриття і сума купівлі подрібнених пластикових відходів. В середньому аналіз цін на сайті FLAGMA показало середню ціну купівлі кілограму подрібненого пластику, як 19 грн. Відношення густини пластику до густини бітуму, як 11:12. Маса 20 см. асфальтобетонного покриття дорівнює 500 кг. Отже маса зекономленого бітуму складає 27 кг. Отже, для заповнення 27 кг. бітуму піде 24,75 кг. пластику. Також додатково був використаний коефіцієнт до ціни 1,3, як для покриття, що потребує особливого обладнання, методів влаштування і спеціалістів.

Таблиця 6

Якісне порівняння дорожніх покриттів до асфальтобетонного

Тип дорожнього покриття	Відношення ціни покриття до ціни асфальтобетону	Відношення строків експлуатації до поточного ремонту покриття до строків - асфальтобетону	Відношення строків експлуатації до капітального ремонту покриття до строків - асфальтобетону
Цементобетон	1,81	2	1,8
Асфальтобетонне покриття з використанням тонкого шару цементобетону [19]	1,13	1,33	1,35
Асфальтобетон з добавками із переробленого пластику [18]	1,36	2	2

Формула для обчислення зменшення експлуатаційних витрат від використання покриття:

$$E = 1 - a*(0,01/b+0,05/c)/(0,01+0,05) \quad (2.2)$$

Де a - Відношення ціни покриття до ціни асфальтобетону;

b - Відношення строків експлуатації до поточного ремонту покриття до строків – асфальтобетону;

c - Відношення строків експлуатації до капітального ремонту покриття до строків – асфальтобетону.

$$E_б = 1- 1,81*(0,01/2+0,05/1,8)/0,06 = 1,1\ \%$$

$$E_{тшб} = 1- 1,13*(0,01/1,33+0,05/1,35)/0,06 = 16,1\ \%$$

$$E_б = 1- 1,36*(0,01/2+0,05/2)/0,06 = 32\ \%$$

Отже, найбільш низьку ціну показало асфальтобетонне покриття з використанням тонкого шару цементобетону, його технологія є доволі доступною і вона може зменшити експлуатаційні витрати на ремонти на 16,1%. Цементобетон показав найбільшу вартість, але його застосування дозволить знизити експлуатаційні витрати лише на ремонт на 1,1%, що є дуже не рентабельним вкладенням. Найкращим дорожнім покриттям виявився асфальтобетон з добавками із переробленого пластику, його експлуатаційні витрати знизяться на 32%, але в Україні технологія ще не представлена, хоча масово застосовується і розвивається в Індії та іноді в країнах ЄС.

2.4 РОЗРАХУНОК ТА ПРОЄКТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ САМОРЕГУЛЬОВАНОГО КІЛЬЦЕВОГО ПЕРЕТИНУ

Для розрахунку геометричних розмірів СКП необхідно визначити довжину ліній переплетення. Лінія переплетення є важливим геометричним елементом СКП, який забезпечує безпеку руху та регулює пропускну здатність перетину. Чим довша лінія переплетення, тим легше здійснюється злиття та розгалуження транспортних потоків. Від довжини лінії переплетення залежить безпека та швидкість руху на кільці, а отже і його пропускна здатність.

Довжину лінії переплетення та радіус внутрішнього кільця R_0 на СКП визначаємо за табл. 7, у відповідності до обраної $V_{розр}$:

Таблиця 7

Проєктні параметри СКП

Розрахункова швидкість руху, км/год	Радіус центрального острівця, м	Ширина проїзної частини кільця, м	Довжина ділянки перелаштування (м) при швидкості руху	Найбільша пропускна здатність ділянок перестроювання, од/год,				
				20	30	40	50	60
25	25	8,5	25	600	-	-	-	-
30	30	10,0	35	800	-	-	-	-
32	32	10,3	37	840	-	-	-	-
40	40	11,5	45	1000	1200	-	-	-
50	45	13,0	60	1200	1400	1600	-	-
60	50	14,5	70	1400	1600	1800	-	-
70	55	15,5	80	1200	1400	1600	1400	1200
80	60	16,0	90	1000	1200	1400	1200	1000
Примітка. Розрахункова швидкість руху на кільцевих площах з метою економії території приймається у межах 30-40 км/год.								

Форма внутрішнього кільця залежить від конфігурації площі та від категорії вулиць, що підходять до неї.

Необхідна кількість смуг руху на СКП визначається за формулою:

$$n = \frac{N_P^{max}}{N_{\text{ПР}}} + 1 \qquad (2.3)$$

$$n = \frac{3690}{1000} + 1 = 5$$

Згідно пункту ДБН [8] загальна ширина проїзної частини на кільці не повинна перевищувати чотирьох смуг руху з урахуванням розширень на кривій. Тому встановлюємо на круговому перетині світлофор і підбираємо нову розрахункову швидкість – 32 км/год. Необхідна кількість смуг на РКП(регульований круговий перетин) дорівнює:

$$n = \frac{2482}{840} + 1 = 4$$

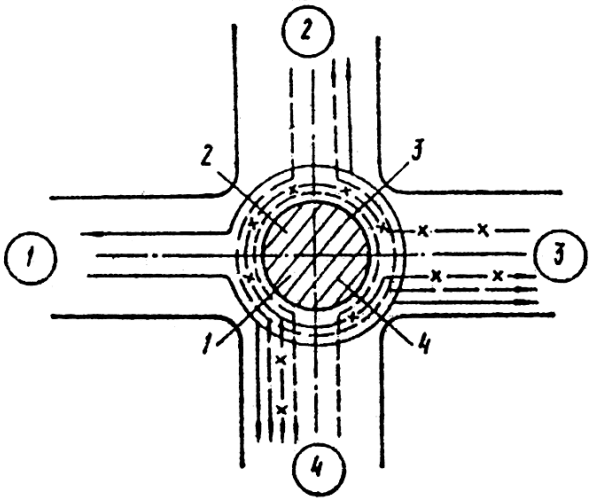


Рис. 4. Загальна розрахункова схема РКП.

Для визначення N_P^{max} потрібно встановити інтенсивності у всіх перерізах на кільці. Для цього можна скористатися даними табл. 8.

Таблиця 8

Встановлення інтенсивності в перерізах кільця

	I переріз		II переріз		III переріз		IV переріз	
	напрям руху тр.	N_P авт/год	напрям руху тр.	N_P авт/год	напрям руху тр	N_P авт/год	напрям руху тр	N_P авт/год
1	1-1	0	1-1	0	1-1	0	1-1	0
2	1-2	592	2-1	573	1-2	592	1-2	592
3	1-3	623	2-2	0	2-2	0	1-3	623
4	1-4	0	2-3	0	3-1	824	2-2	0
5	2-2	0	2-4	1247	3-2	95	2-3	0
6	2-3	0	3-1	824	3-3	0	3-3	0
7	2-4	1247	3-4	0	3-4	0	4-1	254
8	3-3	0	3-3	0	4-1	254	4-2	1579
9	3-4	0	4-1	254	4-2	1579	4-3	642
10	4-4	0	4-4	0	4-4	0	4-4	0
	ΣN_P	2462	ΣN_P	2898	ΣN_P	3344	ΣN_P	3690

Так як загальна інтенсивність занадто велика, то виконується її розподіл за напрямами, так як буде їхати тільки один із-за роботи світлофора. Для визначення N_P^{max} потрібно встановити інтенсивності на напрямах і обрати найбільшу. Для цього можна скористатися даними табл. 9 або табл. 10.

Встановлення інтенсивності в перерізах кільця 1-3

Таблиця 9

	I переріз		II переріз		III переріз		IV переріз	
	напрям руху тр.	N_P авт/год	напрям руху тр.	N_P авт/год	напрям руху тр	N_P авт/год	напрям руху тр	N_P авт/год
1	1-1	0	1-1	0	1-1	0	1-1	0
2	1-2	592	2-1	0	1-2	592	1-2	592
3	1-3	623	2-2	0	2-2	0	1-3	623
4	1-4	0	2-3	0	3-1	824	2-2	0
5	2-2	0	2-4	0	3-2	95	2-3	0
6	2-3	0	3-1	824	3-3	0	3-3	0
7	2-4	0	3-4	0	3-4	0	4-1	0
8	3-3	0	3-3	0	4-1	0	4-2	0
9	3-4	0	4-1	0	4-2	0	4-3	0

10	4-4	0	4-4	0	4-4	0	4-4	0
	ΣN_P	1215	ΣN_P	824	ΣN_P	1511	ΣN_P	1215

Встановлення інтенсивності в перерізах кільця 2-4

Таблиця 10

	I переріз		II переріз		III переріз		IV переріз	
	напрям руху тр.	N_P авт/год	напрям руху тр.	N_P авт/год	напрям руху тр	N_P авт/год	напрям руху тр	N_P авт/год
1	1-1	0	1-1	0	1-1	0	1-1	0
2	1-2	0	2-1	573	1-2	0	1-2	0
3	1-3	0	2-2	0	2-2	0	1-3	0
4	1-4	0	2-3	0	3-1	0	2-2	0
5	2-2	0	2-4	1247	3-2	0	2-3	0
6	2-3	0	3-1	0	3-3	0	3-3	0
7	2-4	1247	3-4	0	3-4	0	4-1	254
8	3-3	0	3-3	0	4-1	254	4-2	1579
9	3-4	0	4-1	254	4-2	1579	4-3	642
10	4-4	0	4-4	0	4-4	0	4-4	0
	ΣN_P	1247	ΣN_P	2074	ΣN_P	1833	ΣN_P	2482

Ширина смуги кругового перетину згідно пункту 3.6 ДБН [6] ширину проїзної частини на кільці слід приймати, виходячи з розрахункової інтенсивності та пропускної здатності смуги руху, з урахуванням розширення в межах 3,75-4,0 м. Через велику інтенсивність і наявність важкого (вантажного) транспорту було прийняте рішення проектування смуги руху шириною 4 м.

Ширина проїзної частини на кільці дорівнює:

$$B_K = b \cdot n \tag{2.5}$$

$$B_K = 4 \cdot 4 = 16 \text{ м}$$

Радіус зовнішнього кільця визначається за формулою:

$$R_{\text{зовн}} = R_0 + B_K \tag{2.4}$$

$$R_{\text{зовн}} = 32 + 16 = 48 \text{ м}$$

Також була проведена робота з розробки другого варіанту кільцевого перетину на основі турбокільця. Перевагами турбокільця є збільшення безпеки руху, пропускної здатності, зниження часу очікування.

Із-за специфічної форми турбокільця був обраний радіус мінімального кільця $R_0 = 32$м, а максимальний радіус на перетині дорівнює 52 м. Також спираючись на дані транспортної моделі Табл. 3 було виявлена відсутність потоків автотранспорту на розворот, тож задля економії площі дорожнього покриття було прийнято рішення зменшити кількість смуг на турбокільці до трьох.

Радіус правоповоротного з'їзду $R_{\text{пр}}$ рівним $R_0 = 32$ м. Після розрахунку параметрів геометричних елементів виконують планувальне рішення перетину із забезпеченням розрахункових величин усіх геометричних елементів. При цьому повинні враховуватись умови, що виникають на перетині (обмеження території, кут перетину осей магістралей в плані та ін.).

2.5 Проектування поздовжніх профілів перетину магістралей

Поздовжній профіль визначає висотне положення магістралі або вулиці. Його проектування полягає в нанесенні проектної лінії і визначенні поздовжніх похилів. Початковими матеріалами для проектування є схема з геодезичною картою і червоними лініями. Поздовжні профілі магістралей оформлюють у вигляді креслень $M_{гориз}$1:1000 $M_{верт}$ 1:100.

Основними завданнями при проектуванні поздовжнього профілю є:

- мінімізація обсягів будівельних робіт;
- забезпечення вимог безпеки руху;
- ефективність водовідведення.

Проектування повздовжніх профілів магістралей розпочинають із встановлення величини мінімального кроку його проектування (тобто мінімальної відстані між точками переломлення повздовжнього профілю), які приймають згідно з ДБН [8]. На територію вузла у визначених межах перетину вимоги до величини мінімального кроку проектування не розповсюджуються.

Особливістю проектування поздовжніх профілів магістралей, які перетинаються (на першому етапі проектування), є необхідність ув'язки цих профілів у точці перетину їх осей в плані, а також добитись, щоб кільцевий острівець лежав в одній площині.

Спочатку були запроектовані поздовжні профілі магістралей 1-3 і 2-4 за допомогою програмного забезпечення CIVIL 3D. Далі, обравши початкові точки 1',2',3',4', було виконане проектування профілів1'-Б-В-3'; 3'-Г-А-1'; 2'-Г-В-4'; 4'-Б-А-1' для подальшого проектування поверхні.

Перетин запроектовано на насипі в найвищій точці, задля ефективного забезпечення водовідведення, також поздовжній профіль був забезпечений мінімальним похилом 5 ‰.

Мінімальні радіуси вертикальних кривих були визначені за допомогою таблиці 5.7 ДБН [8].

2.6 ПЛАНУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ В МЕЖАХ ПЕРЕТИНУ МАГІСТРАЛЕЙ

Правильне планування поверхневого стоку – один з головних факторів безпеки руху та довговічності дорожнього покриття.

Планування водовідвідних систем і споруд розроблено опираючись на данні з місцевих природних, архітектурно-планувальних і санітарно-гігієнічних умов.

Дотримання вимог до найменших величин поздовжніх похилів магістралей (для асфальтобетонних покриттів 5‰), рекомендований поперечних похилів, згідно табл. 5.6 ДБН [8], для проїзної частини дорівнює 20‰ забезпечить необхідний водостік уздовж лотків магістралей та з'їздів.

2.7 РОЗРОБКА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ В МЕЖАХ ПЕРЕТИНУ МАГІСТРАЛЕЙ

Вертикальне планування території магістралей як на підходах до перетину магістралей, так і в його межах, виконується проектними горизонталями. Оформляють креслення в М1:500 з висотою перерізу проектних горизонталей 0,20 м.

При вертикальному плануванні території магістралей були дотримані вимоги безпеки і зручності руху, організації поверхневого стоку, мінімізації земляних робіт.

При виконанні вертикального планування на РКП спочатку були нанесені горизонталі на підходах до перехрестя з кроком 20 см. Після цього були нанесені горизонталі в межах перехрестя, також відбулось узгодження їх положення з вертикальним плануванням магістралей на підходах до перехрестя.

Після побудови проектних горизонталей на проїжджій частині були нанесені горизонталі на поверхні тротуарів, смуг зелених насаджень і направляючих острівців із врахуванням величини їх підвищення над проїзною частиною, в даному проекті це 15 см. Похили на проїзній частині й тротуарах приймають згідно з ДБН [6]. В дипломному проекті величини цих похилів прийняті 20‰.

На кресленні вертикального планування перехрестя слід показати, яким чином повинна сполучатись проектна поверхня з існуючим рельєфом (за

допомогою схилів насипу чи виїмки ґрунту, планувальних робіт, підпірних стінок та ін.).

Для варіанту з кільцевим рухом було виконано винесення окремими фрагментами розрізів варіантів входів до пішохідних тунелів.

2.8 РОЗМІЩЕННЯ ДОЩОПРИЙМАЛЬНИХ КОЛОДЯЗІВ

При виконанні дипломного проекту окремі розрахунки збору поверхневого стоку в межах перетину магістралей не потрібно визначати, а слід приймати конструктивно. На примагістральній території можливе незалежне вирішення організації поверхневого стоку, тому гідрологічні та гідравлічні розрахунки гілок і колекторів (діаметри труб гілок і колекторів) приймають, як правило, мінімальні. Для вирішення проблеми водовідведення з поверхні території магістралі передбачають конструктивне розміщення зливоприймальних споруд, які розміщують у лотках проїзної частини за такими принципами:

- встановлюються дощоприймальні колодязі у самих низьких місцях проїзної частини;
- необхідно забезпечити перехват поверхневого стоку, який буде надходити з проїзної частини та тротуарів магістралей, що перетинаються, до початку перехрестя.

Решту зливоприймальних споруд при ширині проїзної частини магістралей до 30 м і відсутності притоку дощової води з при магістральної території розміщують конструктивно на відстанях, залежно від поздовжнього похилу ділянки магістралі (виключаючи з цього ряду ділянки локальних найвищих точок) за даними, які взяли з Табл. 9.1 ДБН [6]:

- при похилі ділянки магістралі до 4‰ – прийняти відстань 50 м;
- при похилі в межах 4-6‰ – прийняти відстань 60 м;

- при похилі в межах 6-10‰ – прийняти відстань 70 м;
- при похилі в межах 10-30‰ – прийняти відстань 80 м.

Оглядові колодязі залежно від діаметра водостоку, а також з урахуванням можливостей обслуговування повинні розташовуватись один від одного на відстанях, наведених в таблиці 9.2 (ДБН [6]). Прийняття мінімального діаметру труб водостоку, встановлює розташування оглядових колодязів на відстані не більше 50 м. один від одного.

2.9 ПЕРЕКЛАДКА ПІДЗЕМНИХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

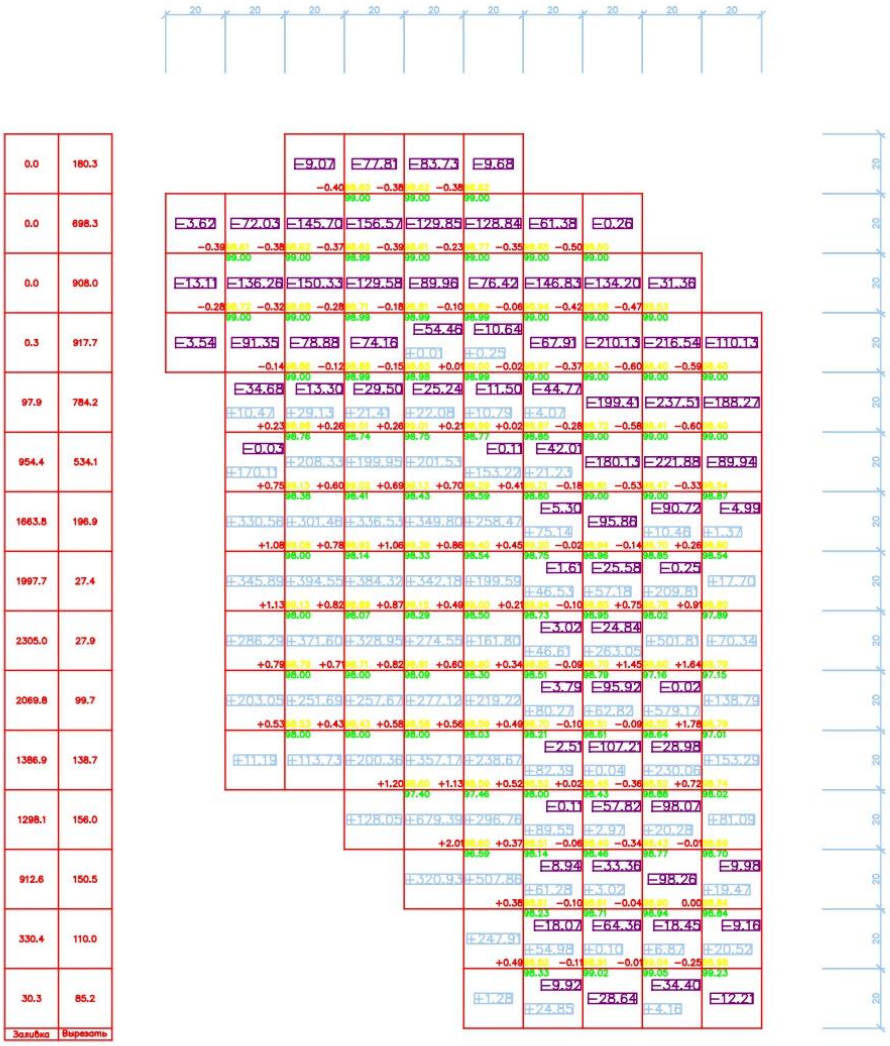
Магістральні підземні інженерні мережі розміщують переважно у межах поперечних профілів вулиць і доріг: під тротуарами і роздільними смугами – інженерні мережі в колекторах, каналах або тунелях; у межах роздільних смуг – теплові мережі, водопровід, газопровід, господарсько-побутову й дощову каналізацію. При ширині проїзної частини більше 22 м. треба передбачати розміщення мереж водопроводу з обох боків вулиць (ДБН [5] п. 11.5.2).

Розміщення підземних інженерних комунікацій було виконане ламаними лініями по периметру з перетином, щоб забезпечити максимально зручні умови для догляду і ремонту. Розміщення підземних інженерних комунікацій показані на типовому поперечному профілі магістралей (див. лист 4). На плані перетину показані місця прокладання комунікацій (див. лист 7).

2.10 ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

Визначення обсягів земляних робіт є важливим показником трудомісткості та економічної доцільності проекту. Задля більш точного визначення цього показника було використано програмне забезпечення CIVIL 3D, для зменшення кількості похибок та людського фактору в цілому.

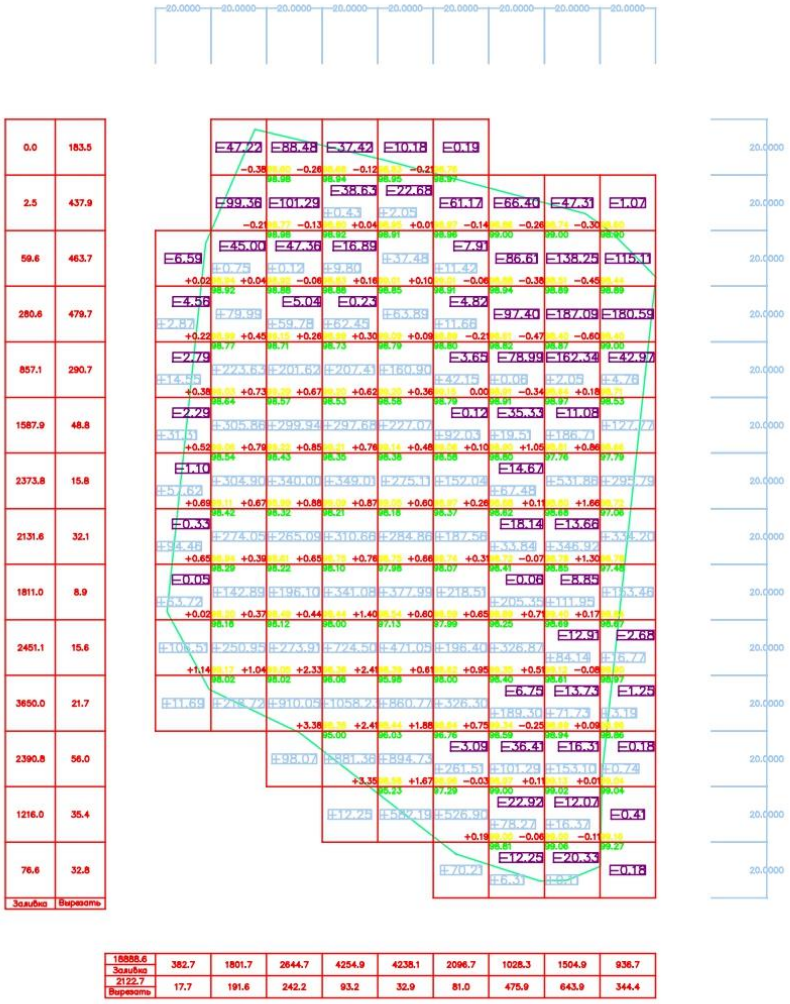
План земляних робіт для варіанту з круговим рухом



13047.1	0.0	1357.6	1670.5	1857.2	2824.8	2295.8	586.9	389.2	1562.6	502.6
Насип										
5014.9	20.3	334.3	397.3	467.6	383.2	237.2	416.2	1257.7	1076.4	424.7
Зрізка										

							Лист
							47
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

План земляних робіт для варіанту з турбокільцем



18888.6 Залівка	382.7	1801.7	2644.7	4254.9	4238.1	2096.7	1028.3	1504.9	936.7
2122.7 Вирізать	17.7	191.6	242.2	93.2	32.9	81.0	475.9	643.9	344.4

							Лист
							48
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2.11 ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ

Кошторисно-фінансовий розрахунок

Кошторисно-фінансовий розрахунок будівництва запроектованих перетинів складають за табл. 9 і табл. 10. Вихідними даними для цього є встановлені обсяги основних будівельних робіт.

Таблиця 11

Кошторисно-фінансовий розрахунок І варіанту

№ з/п	Види будівельних робіт	Одиниця виміру	Вартість одиниці виміру, грн.	Обсяг робіт	Загальна вартість, грн.
1.	Земляні роботи	тис.м^3	300	18062	5 418 600
2.	Влаштування дорожнього одягу магістралей	м^2	4500	11530	51 120 000
3.	Влаштування дорожнього одягу тротуарів	м^2	1500	5643	8 464 500
4.	Влаштування водовідведення				
4.1	Влаштування або реконструкція дощоприймального колектора	1 м.п.	10000	752	7 550 000
4.2	Влаштування дощоприймальних колодязів	1 шт.	15000	10	150000
5.	Влаштування бортового каменю	1 м.п.	500	735	357500
6.	Влаштування освітлювальних опор	шт.	15000	21	315000
7.	Влаштування позавуличного	м^2	10000	1529	15290000

	пішохідного переходу				
Проміжна сума					88 645 600
8.	Перекладка підземних інженерних комунікацій	%	15%	$\Sigma_{(1-7)} * 0,15$	132 96 840
9.	Вартість штучної споруди	$м^2$	-	-	-
Остаточна сума					101 942 440

Таблиця 12

Кошторисно-фінансовий розрахунок II варіанту

№ з/п	Види будівельних робіт	Одиниця виміру	Вартість одиниці виміру, грн.	Обсяг робіт	Загальна вартість, грн.
1.	Земляні роботи	тис.$м^3$	300	21011	630 3300
2.	Влаштування дорожнього одягу магістралей	$м^2$	4500	8743	39 343 500
3.	Влаштування дорожнього одягу тротуарів	$м^2$	1500	3580	5 370 000
4.	Влаштування водовідведення				
4.1	Влаштування або реконструкція дощоприймального колектора	1 м.п.	10000	755	7 550 000
4.2	Влаштування дощоприймальних колодязів	1 шт.	15000	10	150000
5.	Влаштування бортового каменю	1 м.п.	500	1222	611 000

6.	Влаштування освітлювальних опор	шт.	15000	19	285 000
7.	Влаштування позавуличного пішохідного переходу	$м^2$	10000	-	-
Проміжна сума					51 016 800
8.	Перекладка підземних інженерних комунікацій	%	15%	$\Sigma_{(1\text{-}7)} * 0{,}15$	8 941 920
9.	Вартість штучної споруди	$м^2$	-	-	-
Остаточна сума					59 612 920

При його складанні традиційно використовують каталоги Єдиних районних одиничних розцінок, в яких наведені вартості одиниці кожного виду будівельних робіт із врахуванням їх складності та особливостей району будівництва. Загальна вартість виконаного виду будівельної роботи визначається так, як добуток її обсягу на вартість одиниці.

Після підрахунку вартості будівництва запроектованого перетину вулиць (доріг) слід навести або встановити транспортно-економічні показники проекту:

- обсяги земляних робіт (виїмки та насипу ґрунту);
- найбільшу величину повздовжнього похилу;
- кількість будівель та споруд, що підлягають зносу;
- кількість перетинів потоків в одному рівні;
- вартість будівництва всього об’єкта;
- вартість будівництва 1 $м^2$ проїзної частини;
- вартість 1 $м^2$ проїзної частини;
- вартість 1 $м^2$ дорожнього одягу.

Вартість будівництва проїзної частини визначається за величиною витрат на будівництво дорожнього одягу, водовідвідних споруд та установлення бортового каменю. При визначенні вартості 1 м^2 дорожнього одягу враховуються тільки витрати на влаштування корита, основи, підстилаючого шару та покриття. Для проведення попередніх техніко-економічних розрахунків та встановлення економічної ефективності влаштування перетину магістралей в курсовому та дипломному проектуванні в табл. 7 наведено укрупнені показники вартості будівництва і експлуатації елементів перетину магістралей.

Річні дорожні витрати.

Річні дорожні витрати після реконструкції Д’ розраховуються за тією ж формулою з підставлянням відповідних значень.

$$Д = 0{,}01 \cdot C_{од} \cdot (p_1 + p_2) + F \cdot a \qquad (2.1)$$

$$Д'_I = 0{,}01 * 11530{,}4 * 4500 * (0{,}05 + 0{,}01) + 11530{,}4 * 80 = 943\,186 \text{ грн}$$

$$Д'_{II} = 0{,}01 * 8743 * 4500 * (0{,}05 + 0{,}01) + 8743 * 80 = 715\,177 \text{ грн}$$

Для оцінки ефективності влаштування СКП у порівнянні з іншою схемою організації дорожнього руху, доцільно розрахувати величину $\Delta Д$, на яку буде збільшено річні дорожні витрати після реконструкції, у порівнянні з ситуацією до неї:

$$\Delta Д = Д' - Д \qquad (2.20)$$

$$\Delta Д_I = 943\,186 - 929\,248 = 13938 \text{ грн}$$

$$\Delta Д_{II} = 715\,177 - 929\,248 = -214071 \text{ грн}$$

де $\Delta Д$ – різниця дорожніх витрат до і після реконструкції, грн.

Отже, річні дорожні витрати для другого варіанту зменшились на 23%.

Річні транспортні втрати.

До реконструкції:

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:

$$\sum \text{К} = \left(\sum \text{Т}_{\text{год}} + \sum \text{Т}_{\text{дод}}\right) \times S \qquad (2.21)$$

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

$\sum T_{дод}$ – 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:

$$T_{\text{год}} = N \cdot \frac{t_{\text{К}} + 2t_{\text{ж}}}{2 \cdot 3600 \cdot T_{\text{Ц}}}\left((t_{\text{к}} + t_{\text{Ж}}) + 0{,}56V\right) \cdot \frac{365}{\beta} \qquad (2.22)$$

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

N – інтенсивність руху транспорту у відповідному напрямку, авт./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.

$$T_{\text{год1}} = 1215 \cdot \frac{60 + 2 * 5}{2 \cdot 3600 \cdot 100}((60 + 5) + 0{,}56 * 30) \cdot \frac{365}{0{,}085} = 41493 \text{ авт/рік}$$

$$T_{\text{год2}} = 1820 \cdot \frac{30 + 2 * 5}{2 \cdot 3600 \cdot 100}\left((30 + 5) + 0{,}56 * 30\right) \cdot \frac{365}{0{,}085} = 22491 \text{авт/рік}$$

$$T_{\text{год3}} = 919 \cdot \frac{60 + 2 * 5}{2 \cdot 3600 \cdot 100}((60 + 5) + 0{,}56 * 30) \cdot \frac{365}{0{,}085} = 31384 \text{ авт/рік}$$

$$T_{\text{год4}} = 2475 \cdot \frac{30 + 2 * 5}{2 \cdot 3600 \cdot 100}((30 + 5) + 0{,}56 * 30) \cdot \frac{365}{0{,}085} = 30585 \text{ авт/рік}$$

Скільки вузол має входів, стільки ж буде розрахунків $T_{\text{год}}$:

$$\sum \mathrm{T}_{\text{год}} = \mathrm{T}_1 + \mathrm{T}_2 + \ldots + \mathrm{T}_n \quad (2.23)$$

$$\sum \mathrm{T}_{\text{год}} = 125953 \text{ авт/рік}$$

Втрати часу на переміщення від меж перетину після реконструкції до стоп-лінії на перетині до реконструкції визначаються за формулою:

$$\mathrm{T}_{\text{дод}} = N_{\text{i}} * \frac{S}{V} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{\beta} \quad (2.24)$$

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;

b – коефіцієнт добової нерівномірності руху транспорту.

$$\mathrm{T}_{\text{дод}_1}^{\text{вх}} = 1215 * \frac{41{,}79}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 5253 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

$$\mathrm{T}_{\text{дод}_1}^{\text{вих}} = 1651 * \frac{41{,}79}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 7138 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

$$\mathrm{T}_{\text{дод}_3}^{\text{вх}} = 919 * \frac{73{,}37}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 6976 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

$$\mathrm{T}_{\text{дод}_3}^{\text{вих}} = 1265 * \frac{73{,}37}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 9602 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

$$\mathrm{T}_{\text{дод}_2}^{\text{вх}} = 1820 * \frac{97{,}21}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 22789 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

$$\mathrm{T}_{\text{дод}_2}^{\text{вих}} = 2266 * \frac{97{,}21}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 18304 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

$$\mathrm{T}_{\text{дод}_4}^{\text{вх}} = 2475 * \frac{123{,}72}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 31678 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

$$\mathrm{Т}_{\text{дод}_4}^{\text{вих}} = 1247 * \frac{123{,}72}{11{,}53} * \frac{1}{3600} * \frac{365}{0{,}085} = 15961 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

Розрахунки $T_{\text{дод}}$ виконуються для кожного з входів та виходів на перетин окремо. Скільки вузол має входів та виходів, стільки ж буде розрахунків $T_{\text{дод}}$:

$$\sum \mathrm{Т}_{\text{год}} = \mathrm{Т}_1 + \mathrm{Т}_2 + \ldots + \mathrm{Т}_n \qquad (2.25)$$

$$\sum \mathrm{Т}_{\text{год}} = 117697 \frac{\text{авт}}{\text{рік}}$$

Витрати на проходження регульованого перехрестя:

$$\sum \mathrm{К} = \left(\sum \mathrm{Т}_{\text{год}} + \sum \mathrm{Т}_{\text{дод}}\right) \times S \qquad (2.26)$$

$$\sum \mathrm{К} = (125953 + 117697)\ 119{,}1 = 29\ 018\ 690 \text{ грн}$$

Після реконструкції для варіанту з круговим рухом:

Для зручності підрахунків доцільніше спочатку визначити для кожного напрямку вулиць витрати від простою транспорту біля світлофорів, а потім вести підрахунки річних транспортних витрат, якщо заповнити форми-таблиці – 13, 14 та 15 (і для регульованого перехрестя, і для саморегульованого кільцевого перехрестя).

Таблиця 13

Таблиця інтенсивності руху транспорту в «години-пік» на перетині магістралей за напрямками, авт./год

(береться згідно з завданням на проектування)

Напрям в'їзду до перетину (*i*)	Напрям виїзду з перетину магістралей (*j*)			
	1	2	3	4
1	0	592	623	0
2	573	0	0	1247
3	824	95	0	0
4	254	1579	642	0

Таблиця 14

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

Напрям в'їзду до перетину (*i*)	Напрям виїзду з перетину магістралей (*j*)			
	1	2	3	4
1	37,10	32,44	26,55	19,21
2	20,72	44,79	39,58	33,70
3	26,55	19,15	42,38	37,19
4	40,01	33,86	26,31	50,13

Таблиця 15

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

Напрям в'їзду до перетину (*i*)	Напрям виїзду з перетину магістралей (*j*)				Всього за напрямами в'їзду
	1	2	3	4	
1	0,00	19203,04	16538,58	0,00	35741,62
2	11874,44	0,00	0,00	42023,48	53897,92
3	21874,47	1819,43	0,00	0,00	23693,89
4	10162,86	53462,20	16892,04	0,00	80517,10
Всього за напрямами виїзду	43911,76	74484,67	33430,62	42023,48	193850,54

Для отримання показників клітинок табл. 15 необхідно перемножити показники відповідних клітинок табл. 13 і 14. Підбивши суму клітинок останнього рядка отримаємо в правій нижній клітинці табл. 10 величину підсумкових річних витрат часу на рух транспорту в межах перетину, а зробивши суму клітинок останнього правого стовпчика, отримаємо можливість зробити контроль цих обчислень.

Річні транспортні витрати $\Sigma K'$ на рух транспорту в межах перетину визначають за формулою:

$$\Sigma K' = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} \frac{1}{3600} * \frac{365}{\beta} * S \qquad (2.27)$$

$$\Sigma K' = \Sigma K' = 193850{,}54/3600 \ * \ 365/\ 0{,}085 * 119{,}1 \ = \ 27\ 539\ 129 \text{ грн}$$

Очікуваний соціально-економічний ефект від реконструкції ΔK встановлюється наступним чином:

$$\Delta K = 29\ 018\ 690 - 27\ 539\ 129 = \ 1\ 479\ 561 \text{ грн}$$

Отже, після влаштування саморегульованого кільцевого перетину магістралей річні дорожні витрати зменшилися на 3 131 113 грн

3. Термін окупності капіталовкладень

При реконструкції перетину магістралей в різних рівнях термін окупності (T_o) капіталовкладень визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{\text{С}}{(\text{К} + \text{Д}) - (\text{К}' + \text{Д}')} \qquad (2.28)$$

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

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

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

$$T_0 = \frac{101\ 942\ 440}{(29\ 018\ 690 + 929248) - (27\ 539\ 129 + 943186\ )} = 69{,}6 \text{ років}$$

4. Коефіцієнт окупності капіталовкладень

Коефіцієнт ефективність капіталовкладень СКП можна встановити за наступною формулою:

$$E = \frac{1}{T_0} \tag{2.29}$$

$$E = \frac{1}{69{,}6} * 100\% = 1{,}43\%$$

Після реконструкції для другого варіанту:

Для зручності підрахунків доцільніше спочатку визначити для кожного напрямку вулиць витрати від простою транспорту біля світлофорів, а потім вести підрахунки річних транспортних витрат, якщо заповнити форми-таблиці – 16, 17 та 18 (і для регульованого перехрестя, і для саморегульованого кільцевого перехрестя).

Таблиця 16

Таблиця інтенсивності руху транспорту в «години-пік» на перетині магістралей за напрямками, авт./год

(береться згідно з завданням на проектування)

Напрям в'їзду до перетину (*i*)	Напрям виїзду з перетину магістралей (*j*)			
	1	2	3	4
1	0	592	623	0
2	573	0	0	1247
3	824	95	0	0
4	254	1579	642	0

Таблиця 17

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

Напрям в'їзду до перетину (*i*)	Напрям виїзду з перетину магістралей (*j*)			
	1	2	3	4
1	34,87	30,49	24,96	18,06
2	19,48	42,10	37,21	31,68

3	24,96	18,00	39,84	34,96
4	40,01	33,86	26,31	50,13

Таблиця 18

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

Напрям в'їзду до перетину (i)	Напрям виїзду з перетину магістралей (j)				Всього за напрямами в'їзду
	1	2	3	4	
1	0	18052,21	15548,21	0	33600,42
2	11160,21	0	0	39502,47	50662,67
3	20564,57	1710,095	0	0	22274,66
4	9552,788	50257,04	15877,56	0	75687,39
Всього за напрямами виїзду	41277,56	70019,35	31424,77	39502,47	182225,1

Річні транспортні витрати $\Sigma K'$ на рух транспорту в межах перетину визначають за формулою:

$$\Sigma K' = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} \frac{1}{3600} * \frac{365}{\beta} * S \qquad (3.27)$$

$$\Sigma K' = \Sigma K' = 182225{,}1/3600 \ * \ 365/\ 0{,}085 * 119{,}1 \ = \ 25\,887\,577 \text{ грн}$$

Очікуваний соціально-економічний ефект від реконструкції ΔK встановлюється наступним чином:

$$\Delta K = 29\,018\,690 - 25\,887\,577 = \ 3\,131\,113 \text{ грн}$$

Отже, після влаштування саморегульованого кільцевого перетину магістралей річні транспортні витрати зменшилися на 3 131 113 грн

5. Термін окупності капіталовкладень

При реконструкції перетину магістралей в різних рівнях термін окупності ($T_о$) капіталовкладень визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{\text{С}}{(\text{К} + \text{Д}) - (\text{К}' + \text{Д}')} \quad (3.28)$$

$$T_0 = \frac{59\ 612\ 920}{(29\ 018\ 690+715\ 177)-(25\ 887\ 577+943\ 186\ )} = 20{,}53 \text{ років}$$

6. Коефіцієнт окупності капіталовкладень

Коефіцієнт ефективність капіталовкладень СКП можна встановити за наступною формулою:

$$E = \frac{1}{T_0} \quad (3.29)$$

$$E = \frac{1}{20{,}53} * 100\% = 4{,}87\%$$

Показники	Варіант I	Варіант II
Річні дорожні витрати	943 тис. грн	715 ис. грн
Річні транспортні витрати	27, 6 млн. грн	25,9 млн. грн
Термін окупності капіталовкладень	69,6 роки	20,53 роки
Коефіцієнт окупності капіталовкладень	1,43%	4,87%

ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ

В розрахунково-технічному розділі була виконана робота з дослідження, щодо зменшення експлуатаційної вартості перетину при використані нових типів покриття і допустимого зменшення ширини смуг руху, також було розроблено геометричні параметри двох варіантів перетину, їхні техніко-економічні показники.

Зниження експлуатаційних витрат на під'їздах до перетину було зменшено на 12,5 % за допомогою зменшення ширини смуги з 4,0 м. до 3,5 м. Також було проведено доцільність зменшення ширини смуги на кільці, але воно виявилося недоцільним, оскільки тоді різко знизиться безпека руху при проходженні перетину великогабаритним транспортом.

Дослідження показали, що експлуатаційні витрати на поточний і капітальний ремонт доріг можна зменшити завдяки влаштуванню нового дорожнього покриття, еталоном для порівняння виступило існуюче асфальтобетонне покриття. При використанні цементобетону знизить витрати на 1,1 %, застосування тонкошарового цементобетонного покриття для покращення існуючої основи знизить витрати на 16,1 %, а також застосування асфальтобетонного покриття з добавками із переробленого пластику знизить витрати на 32 %. Найкращим варіантом для України виглядає влаштування тонкошарового цементобетонного покриття, так як ця технологія доволі проста і не потребує додаткових вкладень на техніку і спеціалістів, так як асфальтобетонне покриття з добавками із переробленого пластику є технологією, що дуже повільно розвивається і впроваджується в Україні .

Також було розроблено 2 варіанти саморегульованого кільцевого перетину. Було обрано другий варіант, так як він найбільш задовольняє критерії поставленого завдання серед яких є зменшення експлуатаційних витрат, підвищення безпеки руху, вирішення проблеми з лівоповоротним

потоком і розробка велоінфраструктури. Перший варіант, в свою чергу, вийшов економічно недоцільний і не вирішував проблеми з експлуатаційними витратами, що є основним завданням проекту.

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

Керівник: _____

(підпис, дата)

_____

(підпис, дата)

3.1 ПРОЄКТУВАННЯ ПОЗАВУЛИЧНОГО ПІШОХІДНОГО ПЕРЕХОДУ

Пішохідні переходи в різних рівнях із проїжджою частиною слід влаштовувати на перетинах із кільцевим саморегульованим рухом транспортних засобів, якщо розміри конфліктуючих потоків транспорту й пішоходів потребують введення світлофорного регулювання.

Так як для збільшення пропускної здатності перетину було встановлене світлофорне регулювання, то був обраний варіант звичайного наземного переходу.

Але задля підвищення безпеки руху пішоходів і велосипедистів також був розроблений варіант встановлення на перетин підземного пішохідного переходу. Типовий поперечний розріз пішохідного переходу зображено на Рис.5.

Ширину пішохідних тунелів треба приймати залежно від категорій магістралей, які перетинаються. Мінімальну ширину пішохідних тунелів в умовах міста приймають не менше 3 м.

Заглиблення підземних пішохідних тунелів від рівня вуличного тротуару до підлоги тунелю повинно бути мінімальним і виконане з урахуванням розміщення підземних інженерних комунікацій (ДБН [8] п. 6.4.12).

Спуск у тунель з однієї сторони сходи, з іншої пандус (вздовж руху загальноміської магістралі, так як там проходить веломаршрут). Похил сходів – 1:33, похил пандусів - 60‰.

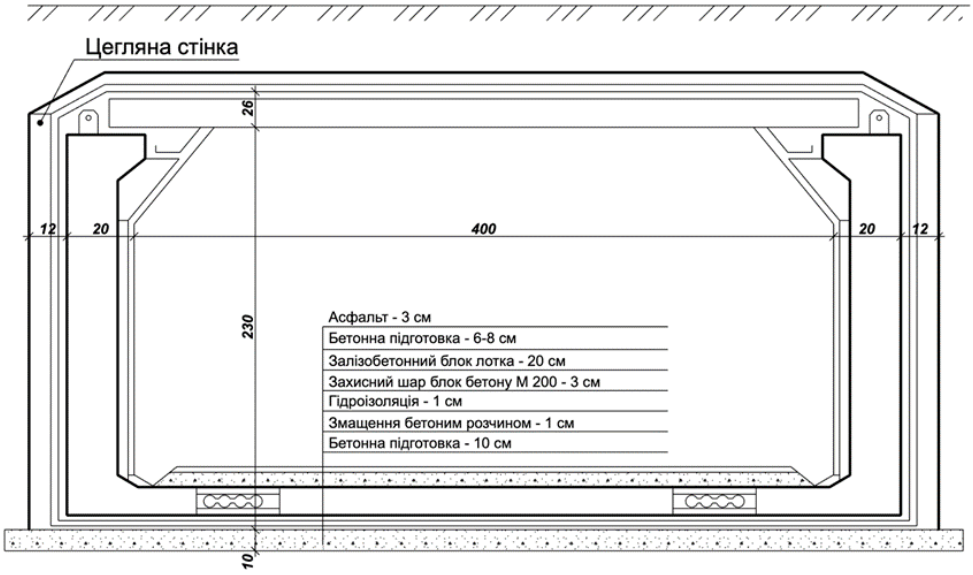


Рис. 5. Поперечний розріз пішохідного переходу

3.2 ОСВІТЛЕННЯ

Освітлювальні опори розміщуємо конструктивно з обох боків проїзної частини з кроком 40 м або менше. Велика увага приділена освітленню наземних пішохідних переходів.

Спочатку були розміщенні опори освітлення поруч пішохідних переходів, далі з кроком 40 м. було виконано розміщення опор на перехресті і під'їздах до нього. Ділянки де розміщення опор було на відстані менше 40 м. було виконано розміщення опор на рівних один від одного відстанню.

Опори освітлення розташовані за межами проїзної частини на відстані 1 м, згідно п.10.8 ДБН [8].

Для тротуару, що відокремлюється від проїзної частини розділювальною смугою завширшки 5 м і більше, для його освітлення необхідно передбачати додаткове освітлення [9].

Кабелі зовнішнього освітлення слід прокладати на відстані 1,5 м від бортового каменю або краю проїзної частини (укріпленої смуги узбіччя) [9].

Доцільним є влаштування ЛЕД освітлення на перехресті. Ці зміни призведуть до зменшення споживання електроенергії на 20–50%, що

вимагатиме інвестицій, які будуть амортизуватися через 6–8 років. Чітким вибором для майбутнього вуличного освітлення є світлодіодна технологія, оскільки вона пропонує великі можливості для інтелектуального освітлення, високої ефективності та економічності з майбутнім розвитком технології. Однак, ця технологія все ще швидко розвивається і ще не була достатньо перевірена. Ось чому газорозрядні лампи високої інтенсивності призначені для співіснування з новими світлодіодними технологіями в короткостроковій і середньостроковій перспективі. В умовах бюджетних обмежень для місцевих органів влади пошук заходів з енергоефективності, які не вимагають дорогих інвестицій і можуть взаємодіяти з існуючими технологіями, є альтернативою[11].

3.3 ОЗЕЛЕНЕННЯ

Озеленення передбачено для захисту населення від шуму, вихлопних газів і пилу. Тому для шумозахисту і пилозахисту були передбачені 4 смуги густих деревно-чагарникових насаджень(п11.2 ДБН [8]). Але потрібно забезпечити, щоб озеленення не заважало видимості водіїв.

На відстані до 3 м. від проїзної частини передбачено розміщення чагарників висотою до 0,5 м. (п.11.4 ДБН [8]).

Озеленення центральних розділювальних смуг виконане газонним покриттям. Також дозволяється розміщення декоративних зелених насаджень або чагарників висотою до 0,2 м.(п.11.9 ДБН [8]).

3.4 ДОРОЖНІЙ ОДЯГ

Попередній вибір конструкції дорожнього одягу проїзної частини згідно статті 8.5 ДБН [9] здійснено за каталогом типових конструкцій з врахуванням категорії магістралі, перспективної інтенсивності руху та складу транспортного потоку, кліматичних і гідрогеологічних умов та механічних характеристик ґрунту.

Прийнято покриття нежорсткого дорожнього одягу для магістралі згідно табл. 8.1 ДБН [9] капітального типу з гарячого, щільного, дрібнозернистого асфальтобетону I марки товщиною 78,0 см.

Даний тип покриття забезпечить пропуск транспортних засобів з розрахунковою швидкістю та навантаження незалежно від пори року, змін водно- теплового режиму і відповідає розрахунковим навантаженням, наведеним у таблиці

ДБН [9]: номінальне статичне навантаження 115,0 кН, навантаження на колесо статичне 57,5 кН, а динамічне 74,75 кн

Товщину конструктивних шарів в ущільненому стані призначено у відповідності до статті 8.2.4 ДБН [7] не менше мінімально допустимої відповідно до таблиці Ж1 (див. додаток Ж) цього ДБН:

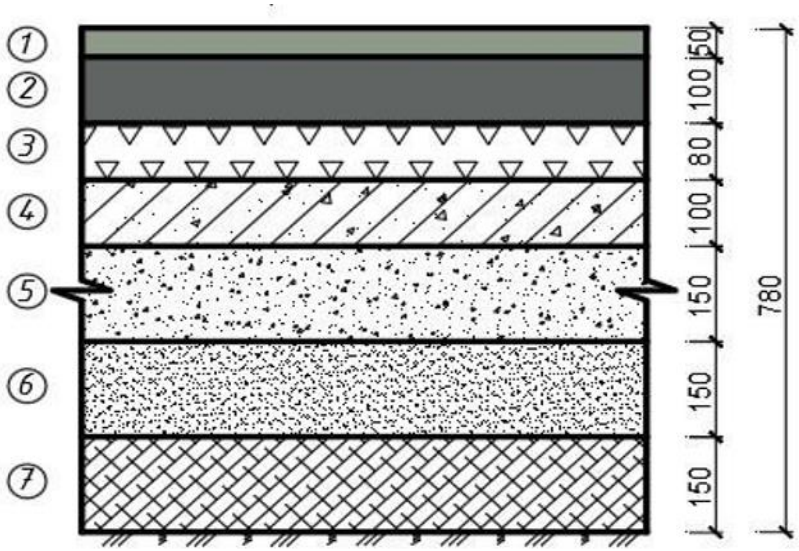


Рис. 6. Поперечний розріз пішохідного переходу

- асфальтобетон дрібнозернистий з максимальним розміром зерен до 20 мм – 5,0 см;
- щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальним розміром зерен до 40 мм – 10,0 см;
- щебеневі (гравійні) матеріали, оброблені органічними

в’яжучим в установці – 8,0 см.

Також є пропозиція застосування шорсткого тонкошарового цементного покриття, яке наноситься поверх шару асфальтобетону висотою 20 мм. Опираючись на данні Скрипченка Олександра В’ячеславівна, який провів досліди на тему «Підвищення зчіпних властивостей асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг»[19] хочу розповісти, що шорстке тонкошарове цементне покриття має значення коефіцієнта зчеплення, яке перевищує нормативне значення і вище ніж у традиційних покриттів. Також був розроблений метод відновлення шорсткості з використанням цементної суміші, який виявився більш економічно ефективніший використання бітуму та удосконаленою технологією робіт. Визначена економічна ефективність впровадження у виробництво відновлення шорсткості покриття з використанням цементної суміші. Встановлено, що рентабельність реалізації робіт з відновлення шорсткості існуючого асфальтобетонного покриття становитиме 35%, період окупності становить 1,5 роки, а також точка беззбитковості знаходиться в межах 52% від номінального обсягу виробництва. Таким чином, даний спосіб вважається прибутковим та раціональним.

Інноваційним методом в улаштуванні дорожніх покриттів є застосування в них подрібнених пластикових відходів [18]. Наприклад, діюча компанія у Великій Британії (MacRebur) виконує роботи з дослідження, покращення і улаштування дорожніх покриттів які мають у своєму складі пластикові домішки, які значно зменшують водопроникність, покращують жорсткість і опір до деформації, уникаючи крихкості внаслідок окиснення, про що свідчить підвищена довговічність (див рис 4). Це покриття активно використовується в Індії, також багато країн ЄС починають впроваджувати у себе подібний вид дорожнього

покриття. Але для цієї технології потрібне новітнє обладнання подрібнення пластику, створювання суміші з ним і укладання. Тож поки це розглядається як варіант для вкладень у подальший розвиток технологій влаштування дорожнього покриття.

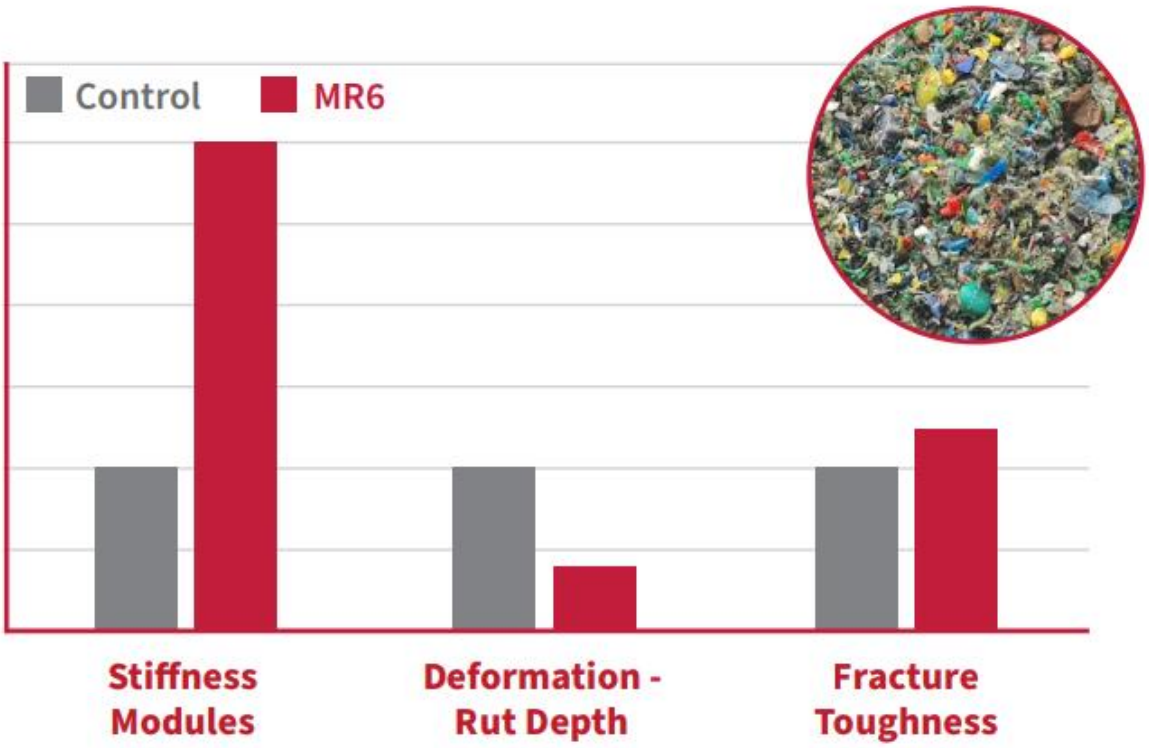


Рис. 7. Порівняння модуля жорсткості, деформації й міцності на розтяг звичайного асфальту і з додаванням пластику

3.5 ЗУПИНКИ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Зупинки громадського транспорту передбачені за перехрестям у крайній правій смузі. Розрахунки показали застосування зупинки в кишені недоречними.

З вимог п.5.4.10 ДБН[7] розміщуємо подвійні зупинки для громадського транспорту(частота руху понад 30 од./год.).

Довжина посадкового майданчика приймається кількістю і типами маршрутних засобів, що здійснюють одночасну висадку-посадку пасажирів.

Результат приймається згідно табл. 5.12 ДБН[8] і дорівнює 45 м. (подвійної зупинки зчленованих маршрутних транспортних засобів).

ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ

В конструктивному розділі було вказані елементи дорожнього перетину та їх більш детальний нормативний та конструктивний розбір. Найбільш важливим є дослідження влаштування ЛЕД освітлення.

Одним з методів зменшення експлуатаційних властивостей – це зменшення споживання електроенергії на перетині. Так як світлофори працюють цілодобово, у зв'язку з неможливістю безпечного застосування пішохідного переходу при їх вимкненні, останнім способом економії є зменшення енергоспоживання світлової арматури. Заміна старих ламп на лампи ЛЕД освітлення дозволить економити від 20% до 50% [11] витрати на електроенергію, хоч це і буде потребувати додаткових капіталовкладень, але в довготривалій перспективі, зменшена енергоспоживання і довговічність ЛЕД ламп буде перспективніше за використання будь якого іншого світлового обладнання.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Під час розробки проекту було досліджено та проаналізовано перетин вулиць Крайня і Братиславська у м.Києві та розроблені нові варіанти планувальних рішень перетину. Також було проведене дослідження щодо зменшення експлуатаційних витрат перетину.

Були проведені дослідження щодо зменшення експлуатаційних витрат за допомогою влаштування новітнього дорожнього покриття. Найбільш доцільним для сьогодення України виглядає застосування тонкошарового цементобетонного покриття, інші зразки показали незначне зменшення експлуатаційних витрат, або виявилися технологічно недоступними на цей момент.

Літературне дослідження показало що застосування нових енергозберігаючих ЛЕД ламп, у довгостроковій перспективі компенсує вкладення в себе і в подальшому продовжує генерувати економію в розмірі 20-50%, порівнюючи з існуючими елементами освітлення.

Оцінка перетину і його варіантів включала в себе багато критеріїв, таких як економічна доцільність, експлуатаційні витрати, забезпечення безпеки руху, наявність велоінфраструктури, пропускна здатність перетину і особливо лівоповоротного руху.

Перший варіант перехрестя виявився економічно недоцільним і в подальшому немає сенсу його розглядати. Другий варіант вийшов за рекомендовані межі коефіцієнту окупності капіталовкладень і складає 4,87% з мінімальний рекомендований коефіцієнт – 5%. Із-за невеликої різниці і можливості додаткового зменшення експлуатаційних витрат за рахунок ЛЕД освітлення і новітнього тонкошарового цементобетонного покриття було обрано цей варіант.

Зниження на 23% експлуатаційних витрат завдяки змінам геометрії перехрестя і його елементів повністю задовільнило поставлену перед проектом задачу про зниження на 10%.

Однією з переваг кільцевого руху є збільшення безпеки руху на перетині, насамперед завдяки зниженій швидкості його подолання, що значно знижує середню важкість ДТП. Також на під'їздах до перетину було запроектована центральна розділювальна смуга, що в свою чергу має захисні властивості. Ці зміни задовільняють поставлену задачу по збільшенню безпеки руху на перетині.

Була досягнена мета, щодо влаштування велосипедної інфраструктури. Це важлива тема для міста Київ, бо він являє собою величезну точку тяжіння для населення з усієї країни, а особливо області. Тож задля зниження інтенсивності руху на дорогах пропонується зробити умови для велосипедного руху, щоб місцеві учасники дорожнього руху змінили своє кермо на велосипед.

Вирішення проблеми лівоповоротного було досягнуто завдяки застосуванню кільцевого руху на перетині.

Опираючись на данні отримані за допомогою програмного забезпечення PTV Vissim, пропускну здатність перетину було зменшено, згідно зі зміною типу перетину. Основним завданням проекту було зниження експлуатаційних витрат, тому цей критерій оцінки має низьку пріоритетність.

Було досягнуто усіх основних цілей, незважаючи на втрату частини пропускної здатності перетину.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. MIDWEST дослідження про утримання доріг https://blog.midwestind.com/much-cost-maintain-mile-road/;
2. The Cost of Maintaining the Australian National Highway System.
3. Transportation Cost and Benefit Analysis II – Roadway Costs Victoria Transport Policy Institute (www.vtpi.org);
4. Аналіз даних патрульної поліції за ініціативою Сергія Пасюти https://kievvlast.com.ua/news/vsego-na-19-ulits-prihoditsya-polovina-vseh-smertej-v-dtp-v-kieve-spisok?noredirect=true&fbclid=IwAR1NHKmZktGHcbD7hUFqS3a63-OTCiqp94AAwSDWciK4JPHRMPY_lJGQPDw;
5. ВБН Г.1-218-050-2001 «МІЖРЕМОНТНІ СТРОКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ТА ПОКРИТТІВ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ»;
6. ГБН В.2.3-37641918-555:2016 17 «Транспортні розв’язки в одному рівні проектування»;
7. ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій»;
8. ДБН В.2.3.5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів»;
9. ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги»;
10. ДБН В.2.3-5-2001 «Споруди транспорту»
11. Доменіко Кампісі, Сімоне Гітто, Донато Мореа «Економічна доцільність підвищення енергоефективності систем вуличного освітлення в Римі» https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617329980;
12. ДСТУ 8747:2017 АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ Види та переліки робіт з ремонтів та експлуатаційного утримання;

13. Коефіцієнти добового приведення інтенсивності руху транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста https://bespalov.me/2018/01/12/koeficijenty-dobovogo-pryvedennja-intensyvnosti-ruhu-transportnyh-potokiv-na-vulychno-dorozhnij-merezhi-mista-na-prykladi-m-kyjeva/;
14. Концепція розвитку велоінфраструктури в місті Києві https://city2030.org.ua/sites/default/files/documents/Concept%20of%20cycling%20infrastructure%20development%20in%20Kyiv.pdf»;
15. КТМ 204 України 010-94 «Технічні правила ремонту і утримання міських вулиць і доріг»
16. Методичні вказівки до виконання практичних занять і курсового проекту для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», які навчаються за освітньою програмою «Міське будівництво та господарство»;
17. Онлайн карта ґрунтів України https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#x;
18. Пластикові дороги. Дороги з використанням пластивого сміття в дорожніх покриттях. Ахмед Трамбаквала. https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2017/11/8124-English-TarjomeFa.pdf;
19. Скрипченко Олександра В'ячеславів «Підвищення зчіпних властивостей асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг»
20. СОУ 42.1-37641918-071:2018 Автомобільні дороги. Ресурсні елементні кошторисні норми на роботи з експлуатаційного утримання.