

Міністерство освіти та науки України  
Київський національний університет архітектури та будівництва  
Кафедра Міського будівництва

## **КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

з дисципліни: «Міські дорожньо-транспортні споруди»

на тему:

«Проект саморегульованого кільцевого перетину»

Виконала:

Ст. гр. МБГ-42

Суворова О. В.

Перевірив:

ас. Беспалов Д.О.

Київ-2020

Київський національний університет будівництва і архітектури

Факультет \_\_\_\_\_ УПП \_\_\_\_\_ Кафедра \_\_\_\_\_ Міського будівництва  
 Спеціальність Міське будівництво і господарство Група МБГ-42

**ЗАВДАННЯ**

шифр 200318

з дисципліни: «Міські дорожньо-транспортні споруди»  
 на курсовий проект студенту  
 Суворова О.В

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема курсового проекту "Проект саморегульованого кільцевого перетину"
- Термін здачі студентом закінченого проекту 16 квітня 2020 року
- Вихідні дані до проекту:
  - Місто (або дорожньо - кліматична зона) – Київ;
  - Категорія магістралей, що перетинаються:

Таблиця 1

Магістраль 2-4			Магістраль 1-3				
			Магістральні дороги		Магістральні вулиці		
					Загальноміського значення		Районного значення
			Безперервного руху	Регульованого руху	Безперервного руху	Регульованого руху	
Магістральні дороги	Безперервного руху						
	Регульованого руху						
Магістральні вулиці	Загальноміського значення	Безперервного руху					
		Регульованого руху					
	Районного значення						X

- План перетину в масштабі 1:2000;
- Характер забудови – багатоповерхова;
- Тип покриття проїжджої частини – асфальтобетон;
- Ґрунтові умови суглинки;
- Підземні інженерні мережі – водопровід, каналізація, газопровід, теплопровід, водостік, кабелі зовнішнього освітлення, кабелі низької та високої напруги;
- Розрахункова швидкість на перетині 35 км/год;
- Цикл світлофорного регулювання для магістралі 1-3:  
 $T_ч = 28$  с;  $T_ж = 3$  с;  $T_3 = 30$  с;
- Інтенсивність руху пішоходів у години пік, чол./год:

Напрямок магістралей		Вихід		
		1	2	3
Вхід	1	-	450	360
	2	1240	-	1430
	3	370	1450	-
	Разом			

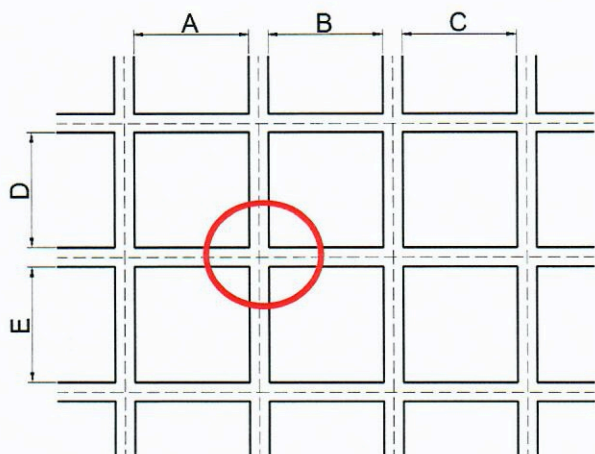
11) Перспективна інтенсивність руху транспорту на перетині, прив. од./год.

Напрямок магістралей		Вихід			
		1	2	3	Разом
Вхід	1	75	790	1650	
	2	680	80	450	
	3	1220	700	10	
	Разом				

12) Відсоток вантажних автомобілів 8 %;

13) Коефіцієнт добової нерівномірності руху 0,088 ;

14) Перетин на ВДМ міста:



A	B	C	D	E
750	900	850	800	900

#### 4. Принципи оцінювання:

60 кредитів – виконаний згідно вимог даного завдання проект;

10 кредитів – відвідування практичних занять (100% відвідувань = 10 кредитів, 0% = 0 кредитів, конкретний бал встановлюється інтерполяцією і округлюється на користь студента);

10 кредитів – імітаційне мікромодельювання транспортних потоків (наприклад, за допомогою програмного забезпечення PTV Vissim);

10 кредитів – наукова стаття на релевантну задачам проекту тематику;

10 кредитів – участь у реальному дослідженні, пов'язаному з міською мобільністю у Києві чи іншому місті України, що потребує не менше 10 годин часу. Якщо менше, то пропорційно зменшується і кредити.

5 кредитів – прочитана на 100% 1-ша з рекомендованих книг,



5 кредитів – прочитана на 100% 2-га з рекомендованих книг.

10 кредитів – своєчасна здача проекту (до першого іспиту з даної дисципліни).

В разі неприпустимого затягування термінів здачі курсового проекту (починаючи із наступного робочого дня після 2-го іспиту (1-ї перездачі) з дисципліни), викладач, що його приймає, залишає за собою право на виставлення 60 балів на свій розсуд, без урахування будь-яких надбавок, але за умови досягнення хоча б цього значення балу.

5. Дата видачі завдання 12 березня 2020 року

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

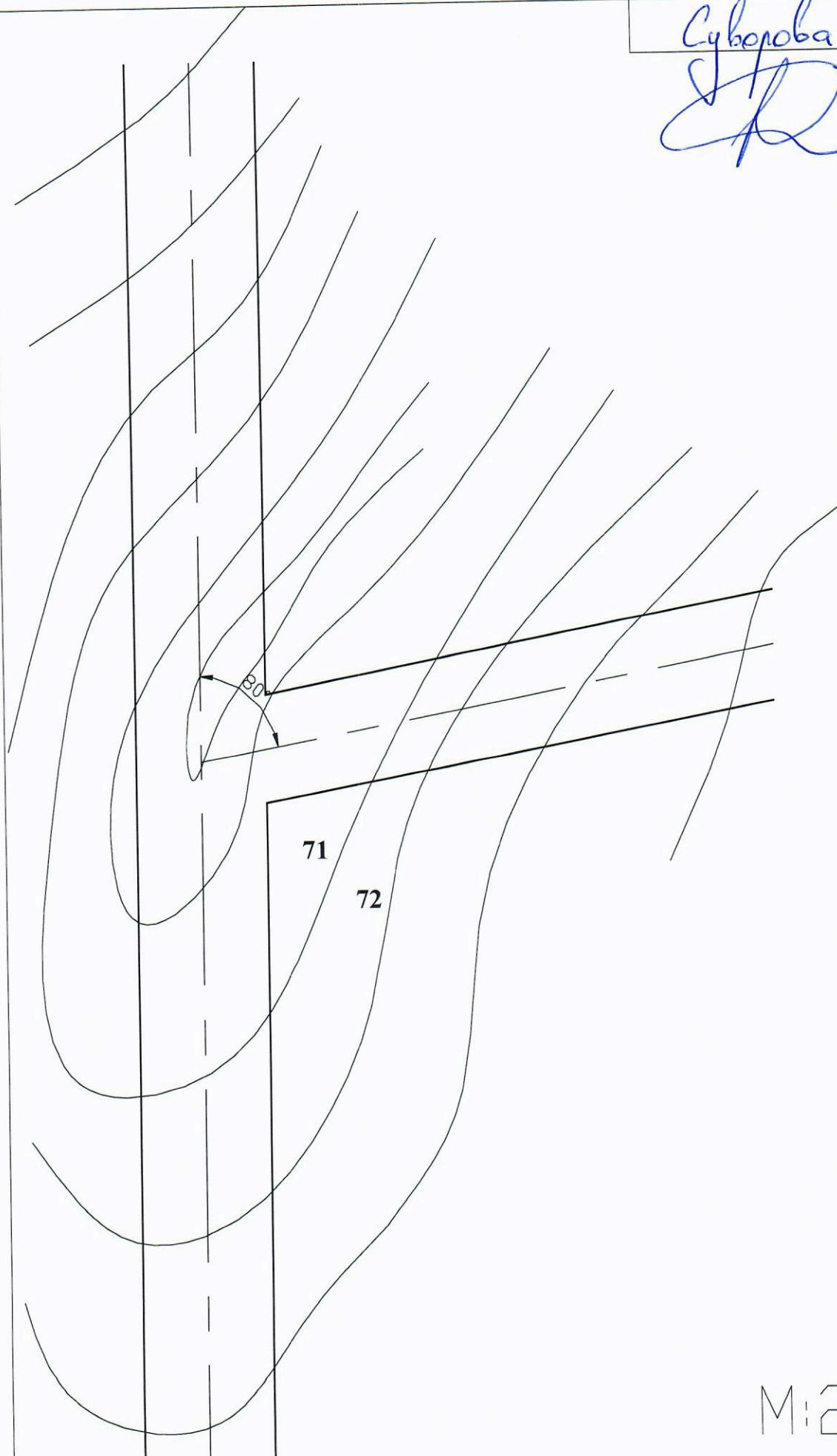
ас. Беспалов Д.О.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

Суворова О.В

Сыбопова О.В.



M:2000

# ПРОЕКТУВАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ МАГІСТРАЛЕЙ НА ПІДХОДАХ ДО ПЕРЕХРЕСТЯ

## 1. Обґрунтування вибору розрахункової швидкості на перехресті магістралей

Для проектування основних геометричних елементів перетинів в одному рівні та забезпечення необхідного рівня комфортності проїзду через ці елементи слід встановити оптимальну швидкість руху транспорту при якій буде забезпечена максимальна пропускна спроможність перетину –  $V_{opt}$ .

Оптимальна швидкість руху транспорту ( $V_{opt}$ ) визначається за формулою:

$$V_{opt} = \sqrt{\frac{(l_a + l_0) \cdot 2g \cdot (\varphi + f \pm i)}{k_e - k_1}},$$

де  $l_a$  – довжина розрахункового автомобіля;

$l_0$  – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися;

$k_e$  – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування автомобіля;

$k_1$  – коефіцієнт гальмування переднього автомобіля в екстремальних умовах;

$g$  – прискорення сили тяжіння;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїжджої частини;

$f$  – коефіцієнт опору кочення;

$i$  – поздовжній уклон ділянки магістралі.

$$V_{opt} = \sqrt{\frac{(5+2) \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot (0,4+0,02+0,02)}{1,5-1}} = 10,99 \text{ м/с} = 40 \text{ км/год},$$

## 2. Розрахунок ширини проїжджої частини магістралей

1. Визначаю пропускну спроможність однієї смуги руху транспорту на перегоні:

$$N_{cm} = \frac{N_{cm=3600} V_p}{l_a + l_0 + V_p t_p + (k_e - k_1) V_p^2 / [2g (\varphi + f + i)]},$$

де  $V_p$  – швидкість руху транспорту;  
 $t_p$  – час реакції водія та період спрацювання гальмівної системи автомобіля.  
 $l_a$  – довжина розрахункового автомобіля;  
 $l_6$  – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися;  
 $k_e$  – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування транспорту;  
 $k_1$  – коефіцієнт гальмування автомобіля в екстремальних умовах;  
 $g$  – прискорення сили тяжіння;  
 $\varphi$  – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїжджої частини;  
 $f$  – коефіцієнт опору кочення;  
 $i$  – повздовжній уклон ділянки магістралі.

$$N_{1-3} = 3600 * 16,66 / (5 + 2 + 16,66 * 1 + (1,5 - 1) * 16,66^2 / [2 * 9,81 * (0,4 + 0,02 + 0,02)]) = 1509 \text{ авт/год}$$

$$N_{1-3} = 3600 * 16,66 / (5 + 2 + 16,66 * 1 + (1,5 - 1) * 16,66^2 / [2 * 9,81 * (0,4 + 0,02 + 0,02)]) = 1509 \text{ авт/год}$$

2. Встановлюю коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну спроможність кожної магістралі:

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

де  $L$  – відстань між сусідніми перехрестями магістралі, що регулюються, м;  
 $a$  – прискорення автомобіля при розгоні;  
 $\epsilon$  – сповільнення автомобіля при гальмуванні;  
 $t_{\text{ч}}, t_{\text{ж}}$  – тривалість червоного та жовтого сигналів світлофора для даної магістралі, в секундах.

$$\delta_{1-3} = \frac{800}{800 + 16,66^2 / (2 * 0,8) + 16,66^2 / (2 * 0,6) + 16,66 (28 + 2 * 3) / 2} = 0,66$$

$$\delta_{2-4} = \frac{750}{750 + 16,66^2 / (2 * 0,8) + 16,66^2 / (2 * 0,6) + 16,66 (28 + 2 * 3) / 2} = 0,649$$

3. Визначаю пропускну спроможність смуги руху транспорту з врахуванням впливу світлофорного регулювання для кожної магістралі:

$$N'_{см} = N_{см} \delta,$$

де  $N_{см}$  – пропускна спроможність однієї смуги руху транспорту на перегоні;  
 $\delta$  – коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну спроможність магістралі.

$$N'_{см\ 1-3} = 1509 * 0,66 = 996 \text{ авт/год}$$

$$N'_{см\ 2-4} = 1509 * 0,649 = 981 \text{ авт/год}$$

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

$$n = N_{розр} / (N'_{см.}),$$

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

$N_{розр}$  – розрахункова інтенсивність руху транспорту на магістралі, автом./год;

$N'_{см.}$  – прийнята величина пропускної спроможності смуги руху транспорту, автом./год.

Напрямок магістралі		Вихід				$\Sigma_{вих}$
		1	2	3	4	
Вхід	1	75	790	1650	-	<b>2515</b>
	2	680	80	450	-	<b>1210</b>
	3	1220	700	10	-	1930
	4	-	-	-	-	-
$\Sigma_{вхід}$		1975	1570	<b>2110</b>	-	<b>5655</b>

$$n_{1-3} = 1509 / 996 = 1,52 \text{ приймаю 2 смуги;}$$

$$n_{2-4} = 1509 / 981 = 1,54 \text{ приймаю 2 смуги;}$$



5. Пропускную спроможність кожної магістралі визначаю за формулою:

$$N_{\text{маг}} = 2 N'_{\text{см.}} k_n$$

де  $k_n$  – коефіцієнт ефективності використання смуг руху транспортом.

$$N_{\text{маг 1-3}} = 2 \times 996 \times 1,9 = 3785 \text{ авт/год}$$

$$N_{\text{маг 2-4}} = 2 \times 981 \times 1,9 = 3728 \text{ авт/год}$$

6. Перевіряю виконання умови для кожної магістралі:

$$N_{\text{маг}} \geq N_{\text{розр.}}$$

$$N_{\text{маг1-3}} \geq N_{\text{роз}}; \quad 3785 > (1975+2515)=4490$$

$$N_{\text{маг2-4}} \geq N_{\text{роз}}; \quad 3728 > (1570+1210)=2780$$

Умова не виконується для магістралі 1-3, збільшуємо кількість смуг на 1 в один бік:

$$N_{\text{маг 1-3}} = 2 \times 996 \times 2,7 = 5378,4 \sim 5379 \text{ авт/год, тоді}$$

$$N_{\text{маг1-3}} \geq N_{\text{роз}}; \quad 5379 > (1975+2515)=4490$$

Умова виконується, приймаємо по 3 смуги руху для магістралі 1-3 і 2 смуги руху для магістралі 2-4.

7. Для визначення ширини проїжджої частини кожної магістралі ( $B_{\text{маг}}$ ) використовую формулу:

$$B_{\text{маг}} = 2 n b + r + 2 \Delta,$$

де  $n$  – прийнята кількість смуг руху транспорту на магістралі;

$b$  – ширина однієї смуги руху, м;

$r$  – ширина розподільчої смуги між напрямками руху транспорту, м;

$\Delta$  – ширина запобіжної смуги між крайньою смугою руху і бортовим каменем, м.

$$B_{\text{маг1-3}} = 2 \times 3 \times 3 + 1,7 + 2 \times 0,5 = 20,7 \text{ м}$$

$$B_{\text{маг1-3}} = 2 \times 2 \times 3 + 1,7 + 2 \times 0,5 = 14,7 \text{ м}$$

### 3. Розрахунок ширини пішохідної частини тротуарів

Необхідну кількість смуг руху на пішохідній частині тротуару визначаю за формулою:

$$n = N_{n \text{ зад}} / N_{n.см.},$$

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

$N_{n.см.}$  – пропускна спроможність однієї смуги руху, піш./год.

Напрямок магістралі		Вихід				$\Sigma_{\text{вих}}$
		1	2	3	4	
Вхід	1	-	450	360	-	810
	2	1240	-	1430	-	2670
	3	370	1450	-	-	1820
	4	-	-	-	-	-
$\Sigma_{\text{вхід}}$		1610	1900	1790	-	5300

$1820+1790=3610$  од./год;

$2670+1790=4460$  од./год;

$n_{1-3} = 3610/1000 = 3,61 \sim 4$  смуги, приймаю 4 смуги;

$n_{2-4} = 4460/1000 = 4,4 \sim 5$  приймаю 5 смуг;

Ширину пішохідної частини тротуару ( $B_{тр}$ ) визначаю за формулою:

$$B_{тр} = n \times 0,75.$$

$$B_{тр1-3}=4 \times 0,75=3,0 \text{ м}$$

$$B_{тр2-4}=5 \times 0,75=3,75 \text{ м}$$

Величину пропускної спроможності пішохідної частини тротуару ( $N_{тр}$ ) встановлюю за формулою:

$$N_{тр} = N_{n.см.} \cdot B_{тр} / 0,75$$

$$N_{тр1-3}=1000 \times 3,0 / 0,75=4000 \text{ чел/год}$$

$$N_{тр2-4}=1000 \times 3,75 / 0,75=5000 \text{ чел/год}$$

#### **4. Проектування поперечних профілів магістралей в межах їх перетину**

Розробляю типовий поперечний профіль в межах червоних ліній, у яких набір окремих елементів, розміри та взаємне розташування не змінюється по довжині магістралі.

Елементами поперечного профілю є:

- проїжджа частина;
- пішохідна частина тротуарів;
- 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 обґрунтовую розрахунками та відповідними нормативами.

Згідно з п. 2.12 ДБН [2] ширину розподільчих смуг між елементами поперечного профілю магістралі приймаю, виходячи із умов розміщення підземних комунікацій, озеленення, необхідності зниження негативної дії транспорту на навколишнє середовище, для магістралі 1-3 – 5м; для 2-4 – 3м.

На рис. 1, 2 показано поперечного профілю для магістральної вулиці із прийнятим варіантом прокладання інженерних мереж на підході до перетину.

#### **ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ НА ПЕРЕТИНІ МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЕЙ**

Для обґрунтування вибору схеми організації руху на перетині міських магістралей визначається доцільність влаштування перехрестя, що не регулюється та регульованого перехрестя.

Доцільність влаштування тої чи іншої схеми організації руху транспорту та пішоходів на перетині встановлюється згідно співставлення пропускної здатності та транспортного навантаження на перетині.

$$\sum N_{пер} \geq \sum N_{розр}$$

де  $N_{пер}$  – пропускна спроможність перехрестя, автом./год;

$N_{розра}$  – розрахункова інтенсивність руху на перехресті, автом./год.

### **Визначення доцільності влаштування нерегульованого перехрестя**

На рис.1 зображене перехрестя, що не регулюється.

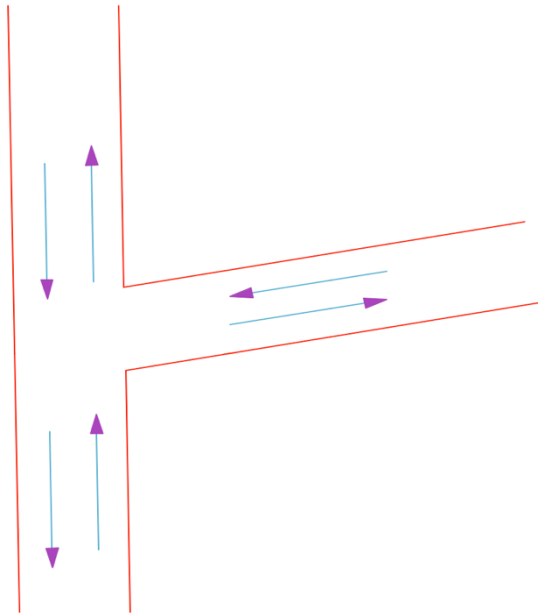


Рис.1. Схема перетину

*Пропускна здатність однієї смуги руху визначається так:*

$$N=1800/ t_0,$$

$$N_{см1-3}=1800/8,78= 205 \text{ авт/год},$$

$$N_{см2}=1800/8,13= 221,40 \sim 222 \text{ авт/год},$$

де  $t_0$  – час проходження перетинання,

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \Delta t ,$$

де  $t_1$  – час реакції водія;

$t_2$  – час вмикання передачі;

$t_3$  – час набирання початкової швидкості 6 км/год;

$t_4$  – час проходження небезпечної зони перехрестя, с;

$\Delta t$  – інтервал безпеки - час проходження ділянки 10 м з швидкістю 20-30 км/год.

$$t_{0(1-3)} = 1 + 1 + 1 + 4,78 + 1 = 8,78 \text{ с}$$

$$t_{0(2)} = 1 + 1 + 1 + 4,13 + 1 = 8,13 \text{ с}$$

Час проходження небезпечної зони

$$t_4 = D/V_{\text{сер}}$$

$$t_{4(1-3)} = 43,86/9,16 = 4,78 \text{ с}$$

$$t_{4(2)} = 37,86/9,16 = 4,13 \text{ с}$$

Встановлюємо відстань між границями перехрестя (рис. 2)

$$D = b + l + c ,$$

де  $D$  – відстань між границями перехрестя;

$V_{\text{сер}}$  – середня швидкість на перехресті, м/с;

$b$  – розміри проїжджої частини магістралей, що перетинаються ( $b'_{\text{маг13}}$ ,  $b''_{\text{маг24}}$ );

$l$  – довжина автомобіля;

$c$  – відстань безпеки.

$$D_{1-3} = 9,16 + 19,7 + 5 + 10 = 43,86 \text{ м}$$

$$D_2 = 9,16 + 13,7 + 5 + 10 = 37,86 \text{ м}$$

Середня швидкість на перехресті встановлюється за формулою, м/с:

$$V_{\text{сер}} = (V_0 + V_{\text{маг}})/2 ,$$

де  $V_0$  – початкова швидкість руху транспорту на перехресті, м/с;

$V_{\text{маг}}$  – розрахункова швидкість руху транспорту на перехресті, м/с.

$$V_{\text{сер}} = (6 + 60)/2 = 33 \text{ км/год} = 9,16 \text{ м/сек}$$

Пропускна здатність проїжджої частини залежить від кількості каналів руху та прийнятих величин коефіцієнтів нерівномірності розподілення транспортних потоків по проїжджій частині.

$$N_{\text{п. ч. 1-3}} = 2 \times N_{\text{см1-3}} \times k_{\text{п1-3}}$$

$$N_{\text{п. ч. 2}} = 2 \times N_{\text{см2}} \times k_{\text{п2}}$$



де  $k_n$  – коефіцієнт ефективності використання смуг руху транспортом для даної магістралі.

$$N_{п. ч. 1-3} = 2 \times 205 \times 2,7 = 1107 \text{ авт/год}$$

$$N_{п. ч. 1-3} = 2 \times 222 \times 1,9 = 843,6 \sim 844 \text{ авт/год}$$

*Пропускна здатність вузла:*

$$N_{вузла} = N_{п. ч. 1-3} + N_{п. ч. 2.},$$

$$N_{вузла} = 1107 + 844 = 1951 \text{ авт/год},$$

Робимо висновок про доцільність влаштування нерегульованого перехрестя, виходячи з умови відповідності очікуваної перспективної інтенсивності на ньому і можливої його пропускної спроможності.

Оскільки  $\sum N_{вузла} = 1951 < \sum N_{розр} = 5655$  то вибір даної схеми організації руху на перехресті є недоцільним. Отже продовжуємо пошук більш доцільної організації руху транспорту і пішоходів на перетині.

### **Визначення доцільності влаштування регульованого перехрестя**

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

$$N_{пер} = (3600 \times t_{зел}) / (T_{ц} \times g)$$

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

$g$  – час проходження стоп лінії;

$T_{ц}$  – тривалість циклу роботи світлофора на перехресті, с;

$$T_{ц} = t_{черв} + t_{зел} + t_{жов}$$

$$T_{ц(1-3)} = 28 + 30 + 3 = 61 \text{ с}$$

$$N_{пер1-3} = (3600 \times 30) / (61 \times 2) = 885,24 = 886 \text{ авт/год}$$

$$N_{пер2} = (3600 \times 28) / (61 \times 2) = 826,22 = 827 \text{ авт/год}$$

Тоді пропускна здатність проїжджої частини магістралей, що перетинаються:

$$N_{п. ч. 1-3} = 2 \times N_{см1-3} \times k_{п1-3}$$

$$N_{п. ч. 2} = 2 \times N_{см2} \times k_{п2}$$

$$N_{п. ч. 1-3} = 2 \times 886 \times 2,7 = 4785 \text{ авт/год}$$

$$N_{п. ч. 2} = 2 \times 827 \times 1,9 = 3143 \text{ авт/год}$$

*Пропускна здатність перехрестя (вузла):*

$$N_{вуз} = N_{п.ч(1-3)} + N_{п.ч(1-3)}$$

$$N_{вузла} = 4785 + 3143 = 7928 \text{ авт/год},$$

Оскільки  $\sum N_{вуз} = 7928 > \sum N_{розр} = 5655$

Для подальшого розрахунку приймаємо саморегульовану схему організації руху з міркувань перспективності та економічної доцільності.

### **Визначення доцільності влаштування саморегульованого кільцевого перехрестя**

Розрахункова схема саморегульованого кільцевого перетину магістралей має наступний вид.

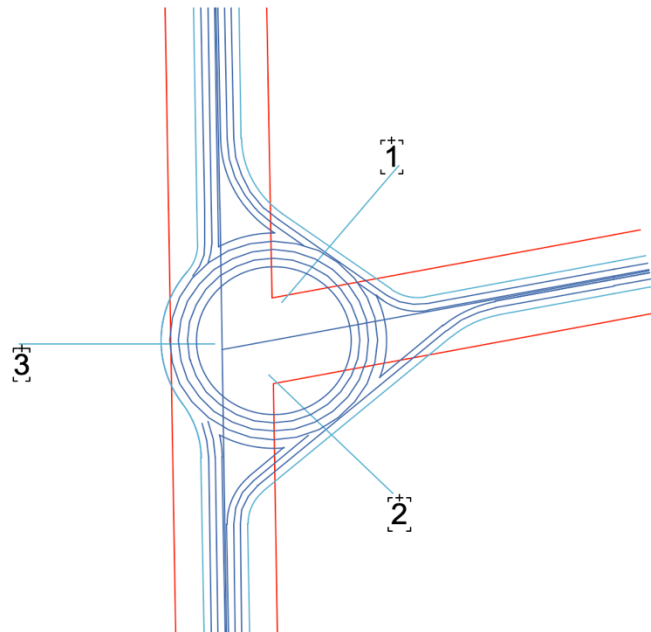


Рис. 3. Розрахункова схема саморегульованого кільцевого перехрестя

Доцільність влаштування саморегульованого кільцевого перехрестя встановлюємо за наслідками визначення величини інтенсивності конфліктуючих потоків транспорту в найбільш завантажених перерізах, які слід звести в наступну таблицю.

	І переріз		ІІ переріз		ІІІ переріз	
	Напрямок руху транс.	N <sub>p</sub> авт/год	Напрямок руху транс.	N <sub>p</sub> авт/год	Напрямок руху транс.	N <sub>p</sub> авт/год
1	1-1	75	1-1	75	1-1	75
2	2-1	680	1-2	790	1-2	790
3	2-2	80	2-2	80	1-3	1650
4	2-3	450	3-1	1220	2-2	80
5	3-1	1220	3-2	700	2-3	450
6	3-3	10	3-3	10	3-3	10
	$\sum N_p$	<b>2515</b>	$\sum N_p$	<b>2875</b>	$\sum N_p$	<b>3055</b>

## РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ САМОРЕГУЛЬОВАНОГО КІЛЬЦЕВОГО ПЕРЕХРЕСТЯ

Для розрахунку геометричних розмірів саморегульованого кільцевого перехрестя (СКП) необхідно визначити довжину ліній переплетення. Лінія переплетення є важливий геометричний елемент СКП, який забезпечує безпеку руху та регулює пропускну здатність перехрестя.

*Довжину лінії переплетення на кільці визначаємо за формулою:*

$$L_n = V \times t$$

де  $V$  – розрахункова швидкість руху на перехресті, м/с;

$t$  – час необхідний для маневру;

$$L_n = 9,72 \times 4 = 38,88 \text{ м}$$

Згідно ДБН В 2.3-5-2001 довжина лінії переплетіння для  $V_p = 35 \text{ км/год}$  становить 40 м, отже приймаємо 40 м.

Чим довше лінія переплетення, тим легше здійснюється сплетення та розплетення транспортних потоків. Від довжини лінії переплетення залежить безпека та швидкість руху на кільці. На рис. 4 вказано вплив довжини лінії переплетення на умови руху.

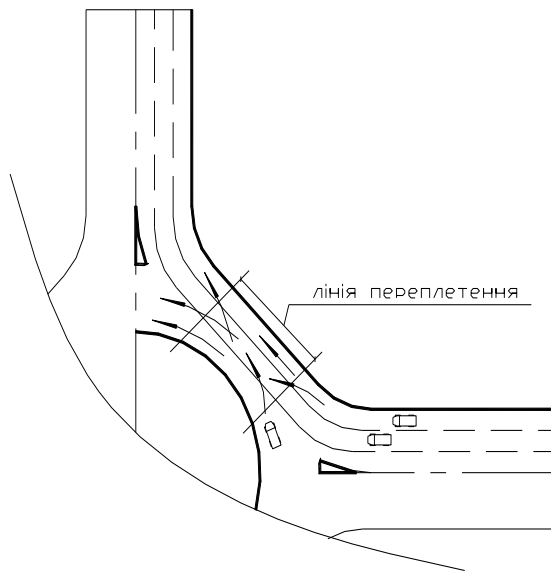


Рис. 4 Лінія переплетення на кільці

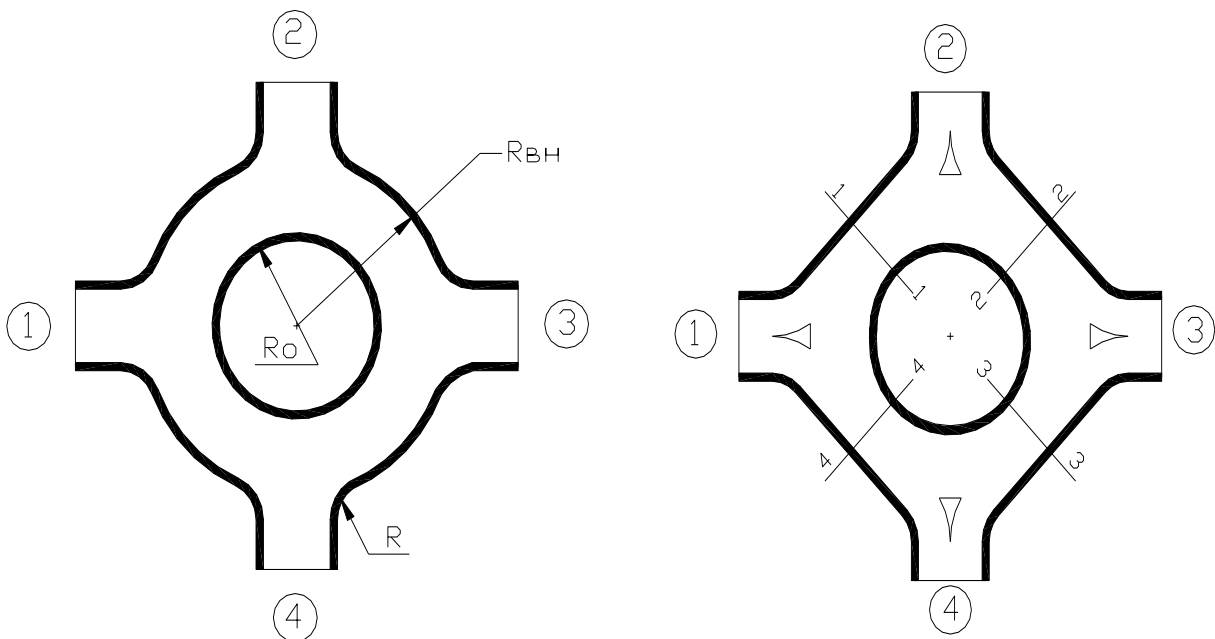


Рис.5. Схема встановлення геометричних елементів перетину

Радіус внутрішнього кільця становитиме:

$$R_0 = ((L_n + B'_{1-3}) + (L_n + B'_{1-3}) + (L_n + B'_2)) / 2 \times \pi,$$

де  $L$  – довжина лінії переплетіння, м;

$B'$  – відстань між осями крайніх смуг магістралей, що виходять на перехрестя, м;

$\pi = 3,14$ .

$$R_0 = ((40+16,7) + (40+16,7) + (40+10,7)/2) \times 3,14 = 26,130 \text{ м}$$

За ДБН В 2.3-5-2001 радіус центрального островка повинний бути 35 м, тоді приймаю 35 м

*Визначаємо необхідну кількість смуг руху на кільці:*

$$n = N_p^{\max} / N_{\text{пр}},$$

де  $n$  – кількість смуг руху;

$N_p^{\max}$  – максимальна інтенсивність руху на кільці;

$N_{\text{пр}}$  – пропускна здатність однієї смуги руху на кільці ДБН[2] п.3.7 табл. 3.2.

$$N = 3055 / 900 = 3,39 \sim 4 \text{ смуги}$$

*Ширина проїжджої частини на кільці:*

$$B_k = n \times v,$$

де  $n$  – кількість смуг руху на кільці;

$v$  – ширина смуги руху на кільці (4 м)

$$B_k = 4 \times 4 = 16 \text{ м},$$

За ДБН В 2.3-5-2001 ширина проїжджої частини на кільці встановлюється в залежності від розрахункової швидкості руху. В даному випадку для  $V_p = 35 \text{ км/год}$   $B_k = 10,75 \text{ м}$ . Приймаю більше значення  **$B_k = 16 \text{ м}$** .

*Радіус зовнішнього кільця:*

$$R_{\text{зовн}} = R_0 + B_k,$$

де  $R_0$  – радіус внутрішнього кільця, м;

$B_k$  – ширина проїзної частини кільця;

$$R_{\text{зовн}} = 35 + 16 = 51 \text{ м},$$

*Радіус правоповоротного з'їзду становить:*

$$R = V^2 / g \times (\mu + i),$$

де  $V$  – розрахункова швидкість на перехресті;

$\mu$  – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою;

$i$  – поперечний ухил покриття,

$g$  – прискорення вільного падіння.

$$R = 9,72^2 / 9,81 \times (0,4 + 0,02) = 22,93 \sim 23 \text{ м}$$



Усі розраховані геометричні елементи, наносимо на план.

Після розрахунку геометричних елементів виконую планувальне рішення перетину із забезпеченням розрахункових величин усіх геометричних елементів. При цьому враховую умови, що виникають на перетині (обмеження території, кут перетину осей магістралей в плані).

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПОВЗДОВЖНІХ ПРОФІЛІВ МАГІСТРАЛЕЙ, ЯКІ ПЕРЕТИНАЮТЬСЯ**

Повздовжній профіль визначає висотне положення вулиці. Його проектування полягає в нанесенні проектної лінії і визначенні повздовжніх уклонів. Початковими матеріалами для проектування є схема з геодезичною картою і червоними лініями.

Повздовжні профілі магістралей оформлюю у вигляді креслень  $M_{гориз} 1:1000$   $M_{верт} 1:100$  (лист № 3).

*Головним питанням при проектуванні повздовжнього профілю є:* мінімальний обсяг будівельних робіт; виконання умов безпеки руху; ефективність водовідведення.

Проектування повздовжніх профілів магістралей розпочинають із встановлення величини мінімального кроку його проектування (тобто мінімальної відстані між точками переломлення повздовжнього профілю) [12;14], приймаю згідно з ДБН.

Особливістю проектування повздовжніх 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 острівцець лежав в одній площині.

Основні нормативи проектування повздовжнього профілю приймають залежно від розрахункової швидкості ДБН [2] табл. 2,8.

Для розрахункової швидкості 40 км/год:

- найбільший повздовжній уклон – 80 ‰;
- мінімальний радіус випуклих вертикальних кривих – 1000 м;
- мінімальний радіус увігнутих вертикальних кривих – 300 м;
- алгебраїчна різниця уклонів повздовжнього профілю – 15 ‰ і більше.

Виконую повздовжні профілі магістралей, які перетинаються, окремо для кожної з магістралей, з використанням існуючих норм на проектування повздовжнього профілю.

## **ВЕРТИКАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ПЕРЕХРЕСТЯ**

Вертикальне планування території магістралей як на підходах до перетину магістралей, так і в його межах, виконую проектними горизонталями за методикою, викладеною в [10;12;14]. Оформляю креслення в М1:500 з висотою перерізу проектних горизонталей 0,20 м.

При вертикальному плануванні території магістралей чітко дотримуюсь вимог безпеки і зручності руху транспорту й пішоходів, вимог організації поверхневого стоку та мінімізації земляних робіт, а також і будівельних робіт в цілому.

При виконанні вертикального планування на СКП спочатку наношу горизонталі на підходах до перехрестя з кроком 20 см. Після цього наношу горизонталі в межах перехрестя і узгоджую їх положення з вертикальним плануванням магістралей на підходах до перехрестя.

Після побудови проектних горизонталей на проїжджій частині наношу горизонталі на поверхні тротуарів, смуг зелених насаджень і направляючих островців із врахуванням величини їх підвищення над проїзною частиною. Уклони на проїзній частині й тротуарах приймаю 20‰ і 15‰ відповідно.

На кресленні вертикального планування перехрестя показую яким чином повинна сполучатись проектна поверхня з існуючим рельєфом.

На цьому ж кресленні окремими фрагментами показую розрізи прийняті варіанти входів до пішохідних тунелів.

Приклади рішень вертикального планування перехресть зображені листі №2.

На листі показані наземні пішохідні переходи.

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ В МЕЖАХ ПЕРЕТИНУ МАГІСТРАЛЕЙ**

Проектування водовідвідних систем і споруд необхідно проводити виходячи з місцевих природних, архітектурно-планувальних і санітарно-гігієнічних умов ДБН [2] п. 6.2; 6.3; 6.7.

Дотримання вимог до найменших величин поздовжніх уклонів магістралей (для асфальтобетонних покриттів 5‰, рекомендованих поперечних уклонів для проїжджої частини 20‰, для тротуарної – 15‰ забезпечить необхідний водостік уздовж лотків магістралей та з'їздів.

На приміагістральній території можливе незалежне вирішення організації поверхневого стоку, тому гідрологічні та гідравлічні розрахунки гілок і колекторів (діаметри труб гілок і колекторів) приймаю, мінімальні. Для вирішення проблеми водовідведення з поверхні території магістралі передбачаю конструктивне розміщення зливоприймальних споруд, які розміщують у лотках проїжджої частини за такими принципами:

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

Решту зливоприймальних споруд при ширині проїжджої частини магістралей до 30 м і відсутності притоку дощової води з при магістральної території розміщую конструктивно на відстанях, залежно від поздовжнього уклону ділянки магістралі (виключаючи з цього ряду ділянки локальних найвищих точок) за такими даними:

- при уклоні в межах 4-6‰ – приймаю відстань 60 м;
- при уклоні в межах 6-10‰ – приймаю відстань 70 м;
- при уклоні в межах 10-30‰ – приймаю відстань 80 м.

## **ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ТРАНСПОРТУ ТА ПІШОХОДІВ НА САМОРЕГУЛЬОВАНОМУ КІЛЬЦЕВОМУ ПЕРХРЕСТІ**

Передумовою проектування СКП є безперервний рух транспорту на перетині, тому на перетині транспортні та пішохідні потоки повинні бути розділені вертикально. Розміщення підземних пішохідних переходів пов'язане з напрямом пішохідного руху, як правило, вони наближені до зупинок громадського транспорту.

Умови, які впливають на розміщення пішохідного переходу в плані вулиці:

- рельєф;
- розміщення зупинок громадського транспорту;
- характер забудови на перехресті;
- пунктів тяжіння пішоходів;
- підземні комунікації.

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПОЗАВУЛИЧНОГО ПІШОХІДНОГО ПЕРЕХОДУ**

Пішохідні переходи в різних рівнях із проїжджою частиною влаштовують на перетинах із кільцевим саморегульованим рухом транспортних засобів.

Відстань між пішохідними тунелями слід приймати від 400 до 600 м ДБН[2] п. 3.17; 3.21; 3.27

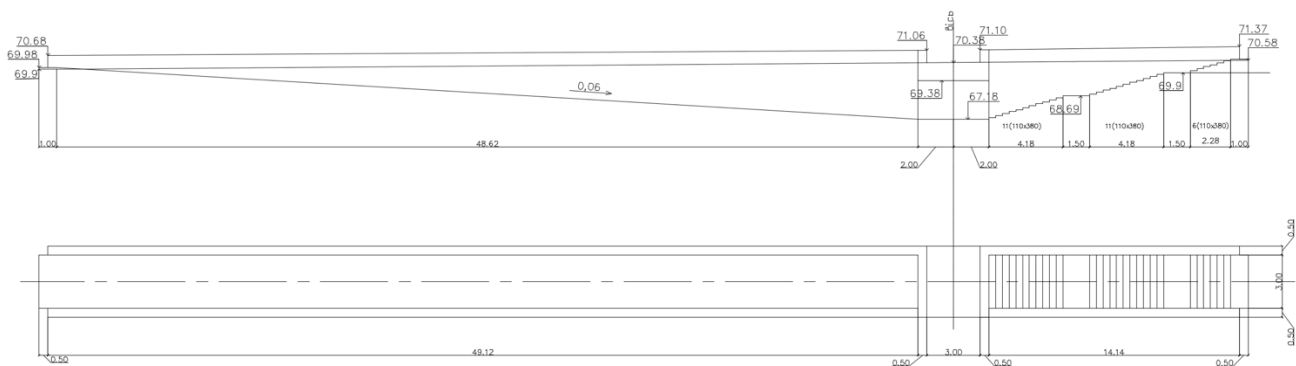
Ширину пішохідних тунелів треба приймати залежно від інтенсивності руху пішоходів у годину пік. Приймають ширину пішохідних тунелів 4м.

Мінімальну ширину пішохідних тунелів в умовах міста приймають не менше 3 м .

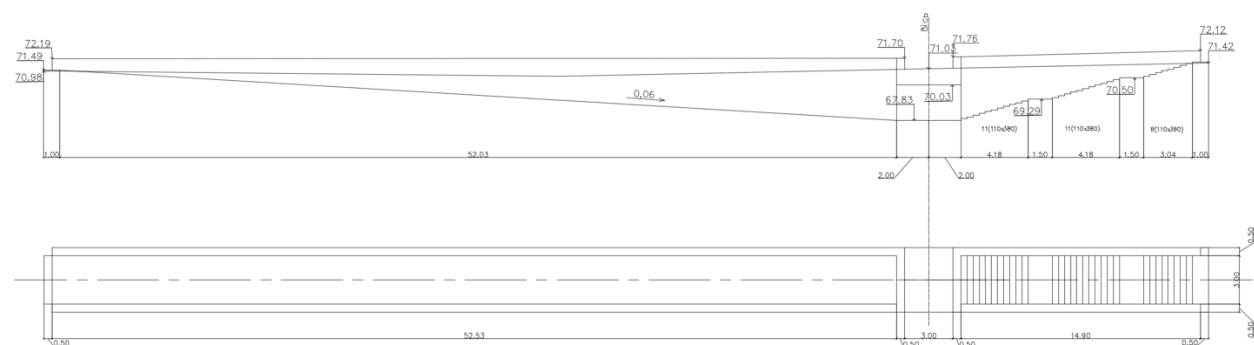
Заглиблення підземних пішохідних тунелів від рівня вуличного тротуару до підлоги тунелю 3,2 м. (ДБН[2] п. 3,24). Спуск у тунель має сходи та пандус. (Похил сходів не перевищує умов ДБН[2] п. 3.25).

Інші нормативні дані стосовно підземних пішохідних тунелів приймають згідно з ДБН [2]. Розрізи пішохідного тунелю з розмірами наведені на листі 2.

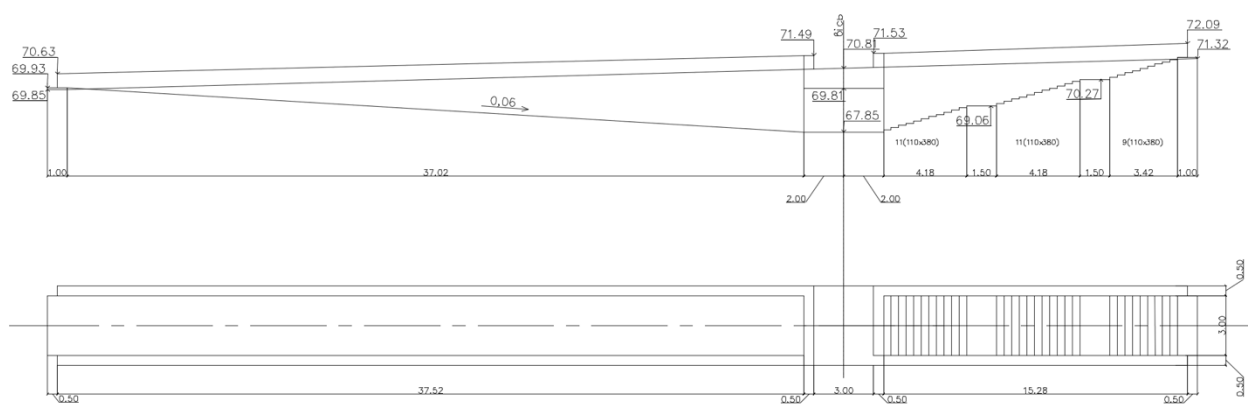
## Розріз 1-1



## Розріз 2-2



## Розріз 3-3





## **ІНЖЕНЕРНЕ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕТИНУ**

Магістральні підземні інженерні мережі розміщують у межах поперечних профілів вулиць і доріг у коробах: під роздільними смугами – інженерні мережі в каналах; у межах роздільних смуг – теплові мережі, водопровід, газопровід, господарсько-побутову й дощову каналізацію.

При ширині проїжджої частини більше 22 м передбачають розміщення мереж водопроводу з обох боків вулиць.

Розміщення підземних інженерних комунікацій показують на типовому поперечному профілі магістралей (лист №1) На плані перетину показують місце прокладання комунікацій та визначають довжину їх перекладки (лист №3)

### **1. Освітлення**

Освітлювальні опори розміщують конструктивно з обох боків проїжджої частини з кроком 20-30 м. У першу чергу приділяють увагу освітленню перехресть магістралей, пішохідних переходів. (ДБН [2] п. 7.10 – 7.13).

### **2. Озеленення**

Зелені насадження на вулицях і дорогах захищають від шуму, пилу, вихлопних газів, покращують мікроклімат.

Зелені насадження на вулицях і дорогах не повинні перешкоджати руху транспортних засобів та пішоходів. Не допускається розташування дерев і чагарників висотою більше 0,5м у межах трикутника видимості на перехрестях і пішохідних переходах. (ДБН [2] п. 8.1 – 8.4). Тому в межах перетину передбачають газонне озеленення.

### **3. Дорожній одяг**

Конструкції дорожнього одягу вулиць, доріг, тротуарів тощо у населених пунктах приймають на основі техніко-економічних порівнянь декількох варіантів дорожніх одягів із урахуванням категорії вулиці, перспективної інтенсивності руху та складу транспортного потоку, кліматичних та геолого-гідрологічних умов наявності будівельних матеріалів, підземних комунікацій та споруд, вимог безпеки дорожнього руху.

Тип конструкції дорожнього одягу приймають згідно з ДБН [2] п.5.2; 5.21; табл.5.3. Розріз конструкції дорожнього одягу на листі №1.

### **4. Зупинки громадського транспорту**

Розміщення і обладнання зупинок громадського транспорту здійснюється з врахуванням вимог ДБН[2], СніП 2.05.09

Зупинки розміщуються за перехрестям на відстані 30 м від перехрестя. Місце зупинки влаштовані у вигляді відкритої «кишені».

## ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

При влаштуванні перетину значними є земляні роботи, до яких слід віднести: влаштування виїмок та насипів ґрунту для будівництва проїжджої частини та пішохідної частини тротуарів магістралей, а також проведення опоряджувальних планувальних робіт усієї території перетину магістралей.

Для лінійних об'єктів таких, як автомобільні та залізничні дороги, а в окремих випадках, для міських вулиць і доріг, підрахунок обсягів земляних робіт доцільно здійснювати з допомогою робочих поперечних профілів, які будують на пікетах, в "нульових точках" повздовжнього профілю та в місцях повздовжнього профілю магістралі зі значними робочими відмітками та інших характерних точках, які визначають при вертикальному зніманні.

Для цього на поперечному профілі відповідного пікету (точки) у відповідних масштабах викреслюють лінію поверхні землі, наносять відповідну точку з проектною відміткою осі магістралі і до неї прив'язують типовий поперечний профіль. При цьому, поперечний уклон проїжджої частини магістралі приймають 20 %, уклон поверхні ґрунту на її тротуарній частині – 15%.

Потім на лініях меж пішохідної частини тротуару в кожному робочому поперечному профілі визначають „чорні” (відмітки поверхні землі) та проектні відмітки в місцях лінії осі та лотка проїжджої частини. За межами магістралі поверхню території сполучають із примагістральною територією таким чином, щоб був забезпечений поверхневий стік до зливоприймальних споруд.

Величини „чорних” і проектних відміток робочих поперечних профілів визначають як викладено в роботах [10;12;14].

У кожному робочому поперечному профілі підраховують окремо площі зрізка та насипу ґрунту. Площу окремих фігур (трикутників та трапецій) знаходять за допомогою відповідних геометричних формул. Із креслень робочих поперечних профілів визначають по горизонталі висоти цих фігур, а їх основами будуть величини робочих відміток, значення яких визначають як різницю між величинами проектних та чорних відміток у відповідній точці цього профілю.

Потім розглядають два сусідні робочі поперечні профілі й визначають середні площі зрізків і насипів ґрунту, після чого перемножують отримані величини на відстань між цими перерізами. Таким чином отримують відповідні обсяги земляних робіт на даній ділянці. Для зручності підрахунків отримані результати заносять у відповідну таблицю, а розглянувши всі подібні ділянки магістралі отримують підсумковий обсяг земляних робіт.

## КОШТОРИСНО-ФІНАНСОВИЙ РОЗРАХУНОК

Кошторисно-фінансовий розрахунок будівництва запроектованого перетину складаю за таблиці. Вихідними даними для цього є встановлені обсяги основних будівельних робіт. При його складанні використовую каталоги *Єдиних районних одиничних розцінок*, в яких наведені вартості одиниці кожного виду будівельних робіт із врахуванням їх складності та особливостей району будівництва.

Складаємо кошторисно-фінансовий розрахунок будівництва запроектованого перетину.

№ з/п	Види будівельних робіт	Од. виміру	Вартість одиниць виміру, грн	Обсяг робіт	Загальна вартість, грн
Одноразові витрати					
1	Перекладка інженерних мереж	кв. м	15	-	6693329,745
2	Монтаж мережи зовнішнього освітлення	шт.	5000	41	205000
3	Монтаж мережі водосток	1 м. п.	625	537	335625
4	Влаштування дощеприймальних колодязів	шт.	2706 <sup>1</sup>	21	56826
Зведення інженерного рішення					
5	Влаштування дорожнього одягу з двошаровим асфальтобетонним покриттям	кв. м	700 <sup>2</sup>	11536	8075200
6	Влаштування підземного пішоходу	кв. м	9200	3564	32788800
7	Влаштування дорожнього одягу пішохідної частини тротуарів	кв. м	157	3515	551855

8	Влаштування дорожнього одягу велосипедної частини тротуарів	кв. м	157	1725,1	270840,7
9	Установка бортового каменю	1 м. п.	80	951,37	76109,6
10	Земляні роботи	Зрізка	80	5057,5	404600
		Насип	60	30955,7	1857342
	Сума				<b>44622198,3</b>
	Всього				<b>51315528,05</b>

<sup>1</sup> Розетка

<sup>2</sup> УкрАвтодор 2014

## ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ

### Річні дорожні витрати

Річні дорожні витрати визначають як витрати, які складаються з щорічних витрат на реконструкцію і капітальний ремонт дорожнього одягу. Порахуємо річні дорожні витрати до реконструкції перетину (Д) і після реконструкції перетину (Д').

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

$$Д = 0,01 \cdot 6973400 \cdot (6 + 1) + 9662 \cdot 80 = 1285098 \text{ грн}$$

$$Д' = 0,01 \cdot 7462000 \cdot (6 + 1) + 10660 \cdot 80 = 1375140 \text{ грн}$$

де  $C_{од}$  – вартість будівництва дорожнього одягу.

$p_1$  – щорічний процент відрахувань на реконструкцію та капітальний ремонт дорожнього одягу (6%);

$p_2$  – щорічний процент відрахувань на поточний ремонт дорожнього одягу (1%);

$F$  – площа дорожнього покриття;

$a$  – вартість утримання  $m^2$  дорожнього покриття перехрестя (80 грн.).

Як бачимо, дорожні витрати після реконструкції стали більшими, бо збільшилась площа дорожнього покриття.

### Річні транспортні витрати

Затрати на проходження регульованого перехрестя будуть складатись з витрат на його проходження у вільному режимі і витрат від простоїв транспорту у світлофора. Для кожної магістралі вони визначаються за даною формулою до реконструкції ( $\Sigma K$ ) і після ( $\Sigma K'$ ):

$$T_{\text{год}} = N * (t_{\text{ч}} + 2t_{\text{ж}} / 2 * 3600 * T_{\text{ц}}) * ((t_{\text{ч}} + t_{\text{ж}}) + 0,56V) * ((365 / \beta))$$

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

$t_{\text{к}}$  – тривалість червоного сигналу, 28 с;

$t_{\text{ж}}$  – тривалість жовтого сигналу, 3 с;

$T_{\text{ц}}$  – тривалість світлофорного циклу, 64с;

$V$  – розрахункова швидкість прямуювання на перетині, 30 км/год;

$\beta$  – коефіцієнт добової нерівномірності руху транспорту (0,088);

$T_{\text{пер}}$  – час проходження автомобілями границь перетину

$$T_{\text{год1}} = 1610 * ((28 + 2 * 3) / 2 * 3600 * 64) * ((28 + 3) + 0,56 * 30) * (365 / 0,088) = 17\,572$$

$$T_{\text{год2}} = 1900 * ((30 + 2 * 3) / 2 * 3600 * 64) * ((30 + 3) + 0,56 * 30) * (365 / 0,088) = 23\,189$$

$$T_{\text{год3}} = 1790 * ((28 + 2 * 3) / 2 * 3600 * 64) * ((28 + 3) + 0,56 * 30) * (365 / 0,088) = 19\,537$$

$$\Sigma T_{\text{год1-3}} = 17\,572 + 23\,189 + 19\,537 = 60\,298$$

$$T_{\text{пер1}} = 18,72 * 2 * 1 / 3600 * 360 / 0,088 = 42,54$$

$$T_{\text{пер3}} = 15 * 2 * 1 / 3600 * 360 / 0,088 = 34,09$$

$$T_{\text{пер2}} = 25,33 * 2 * 1 / 3600 * 360 / 0,088 = 52,38$$

$$\Sigma T_{\text{пер}} = 42,54 + 34,09 + 52,38 = 129,01$$

$$\Sigma K = (\Sigma T_{\text{пер}} + \Sigma T_{\text{год}}) * S = (129,01 + 60\,298) * 100 = 6042701$$

Для знаходження  $\Sigma K'$  необхідно знайти витрати часу на рух транспорту через перетин.



Таблиця інтенсивності руху транспорту в години «пік» на перетині  
магістралей за напрямками, автом./год  
(береться згідно з завданням на проектування)

Напрямок в'їзду до перетину ( <i>i</i> )	Напрямок виїзду з перетину магістралей ( <i>j</i> )		
	1	2	3
1	75	790	1650
2	680	80	450
3	1220	700	10

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

Напрямок в'їзду до перетину ( <i>i</i> )	Напрямок виїзду з перетину магістралей ( <i>j</i> )		
	1	2	3
1	53	43	35
2	34	49	45
3	37	31	45

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

Напрямок в'їзду до перетину ( <i>i</i> )	Напрямок виїзду з перетину магістралей ( <i>j</i> )			
	1	2	3	Разом
1	3975	33970	57750	<b>95695</b>
2	23120	3920	20250	<b>47290</b>
3	45140	21700	450	<b>67290</b>
<b>Разом</b>	<b>72235</b>	<b>59590</b>	<b>60225</b>	

Річні транспортні витрати після реконструкції перетину ( $\Sigma K'$ ) визначаємо за формулою:

$$\Sigma K' = (\Sigma K N_{ij} T_{ij} * 1/3600 * (365/\beta) * 100)$$

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

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

$\beta$  – коефіцієнт добової нерівномірності руху транспорту.

$$\Sigma K' = ((72235 + 59590 + 60225 + 95695 + 47290 + 67290) * 1/3600 * 365 / 0,088) * 100 = 303137,79 \text{ грн}$$

$$\Sigma K' = 303137,79. \Sigma K = 6042701$$

Як бачимо, річні транспортні витрати після реконструкції перетину зменшились.

#### **Експлуатаційні витрати**

Експлуатаційні витрати до і після реконструкції перетину будуть дорівнювати сумі річних дорожніх та річних транспортних витрат.

$$E = \Sigma K + D = 6042701 + 1285098 = 7327799 \text{ грн}$$

$$E' = \Sigma K' + D' = 303137,79 + 1375140 = 1678277,79 \text{ грн}$$

#### **Термін окупності капіталовкладень**

При реконструкції перетину термін окупності ( $T_0$ ) капіталовкладень визначаємо за формулою

$$T_0 = C / (\Sigma K + D) - (\Sigma K' + D'),$$

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

$$T_0 = 51315528,05 / (7327799 - 1678277,79) = 9,08$$

#### **Ефективність**

$$E = 1/T_0 = 1/9,08 = 0,110$$

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Державні будівельні норми України. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. ДБН 360-92\**. – К.: Мінбудархітектури України, 1993. – 110 с. Чинний з 1 квітня 1992 р.
2. *Державні будівельні норми України: Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. ДБН В.2.3-5-2001*. – К.: Держбуд України, 2001. – 51 с. Чинний з 1 жовтня 2001 р.
3. *Дубровин Е.Н.* Городские улицы и дороги. – М.: Высшая школа, 1981. – 408 с.
4. *Дубровин Е.Н., Ланцберг Ю.С.* Изыскания и проектирование городских дорог. – М.: Транспорт, 1981. – 471 с.
5. *Меркулов Е.А.* Городские дороги. – М.: Высшая школа, 1973. – 456 с.
6. *Меркулов Е.А., Славущий А.К.* Основы проектирования городских дорог. – М.: Стройиздат, 1971. – 240 с.
7. *Меркулов Е.А., Турчихин Э.Я., Дубровин Е.Н. и др.* Проектирование дорог и сетей пассажирского транспорта в городах. – М.: Стройиздат, 1980. – 486 с.
8. *Методические указания по автоматизации проектирования пересечений городских магистралей в разных уровнях на микрокалькуляторах для студентов специальности 1206 „Городское строительство” / Сост.: Н.Н.Осетрин, П.П.Чередниченко*. – К.: КИСИ, 1987. – 76 с.
9. *Містобудування. Довідник проектувальника / За ред. Т.Ф. Панченко*. – Укрархбудінформ, 2001. – 192 с.; 2-е вид. доп. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 190 с.
10. *Міські вулиці і дороги: Методичні вказівки до практичних занять та виконання курсового проекту для студентів спеціальності 7.092103 "Міське будівництво та господарство" / Уклад.: Осетрін М.М., Ботвіновська С.І., Плотнікова Д.І, Чередніченко П.П.* - Київ, КНУБА, 2008. – 44 с.
11. *Митин Н.А.* Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах. – М.: Недра, 1978. – 469 с.
12. *Осетрін М.М.* Міські дорожньо-транспортні споруди: Навчальний посібник для студентів ВНЗ.- К.: ІЗМН, 1997. – 196 с.
13. *Проектування автомобільних доріг: Підручник у 2 ч. / За ред. О.А.Білятинського, Я.В.Хом'яка*. – Ч.1. – К.: Вища школа, 1997. – 518 с. Ч.2. – К.: Вища школа, 1998. – 416 с.
14. *Чередніченко П.П.* Вертикальне планування вулично-дорожньої мережі міст: Навчальний посібник для студентів ВНЗ. – К.: КНУБА, 2002. – 180 с.; 2-е вид. стереотипне – К., КНУБА(ШО), 2008. – 180 с