

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Кафедра організації та безпеки дорожнього руху

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсової роботи з дисципліни
«Організація та безпека дорожнього руху»
для студентів спеціальності 275.03 Транспортні
технології (на автомобільному транспорті)

Затверджено методичною
радою університету
протокол № від

Харків ХНАДУ 2022

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Кафедра організації та безпеки дорожнього руху

До друку та у світ дозволяю
Проректор з науково-
педагогічної роботи, проф.

Батракова А.Г.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсової роботи з дисципліни
«Організація та безпека дорожнього руху»
для студентів спеціальності 275.03 Транспортні
технології (на автомобільному транспорті)

Всі цитати, цифровий
фактичний матеріал
та бібліографічні дані
перевірені, напис одиниць
відповідає стандартам

Затверджено
методичною радою
університету,
протокол № _____
від _____

Укладачі

Семченко Наталія Олександрівна
Холодова Ольга Олександрівна
Бугайова Марина Олександрівна

Відповідальний за випуск

І. С. Наглюк

Харків ХНАДУ 2022

Укладачі: Семченко Н. О.,
Холодова О. О.,
Бугайова М. О.

Кафедра організації та безпеки дорожнього руху

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсової роботи з дисципліни
«Організація та безпека дорожнього руху»
для студентів спеціальності 275.03 Транспортні
технології (на автомобільному транспорті)

Укладачі: СЕМЧЕНКО Наталія Олександрівна
ХОЛОДОВА Ольга Олександрівна
БУГАЙОВА Марина Олександрівна

Відповідальний за випуск Наглюк І. С.

Редактор

План 2022

Підп. до друку.....Формат

Друк офсетний. Умов. др. арк.

Замовлення №

Ціна

Папір тип №

Обл. вид. арк.

Тираж 25 прим.

ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Ярослава Мудрого, 25

Підготовлено і віддруковано видавництвом Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

МЕТА І ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Мета курсової роботи – закріплення отриманих теоретичних знань з дисципліни «Організація і безпека дорожнього руху», придбання практичних навичок розробки раціональних варіантів організації руху транспортних засобів і пішоходів на перехрестях.

У ході виконання курсової роботи студент повинен розрахувати необхідні геометричні параметри перетину для забезпечення пропуску транспортних засобів і пішохідних потоків заданої інтенсивності, розрахувати параметри світлофорного регулювання і виконати порівняльну оцінку ефективності і безпеки у разі організації руху на нерегульованому і на регульованому перетині

ЗАВДАННЯ

Курсова робота виконується відповідно до завдання, вихідні дані для якого обираються по останніх цифрах залікової книжки і включають:

- схему перехрестя (додаток А);
- інтенсивність транспортних і пішохідних потоків (додаток Б);
- склад транспортного потоку (додаток Б)

ОРГАНІЗАЦІЯ, ВИКОНАННЯ І ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Робота повинна виконуватися рівномірно протягом семестру. Для полегшення планування самостійної роботи нижче наведений графік його виконання.

Етапи виконання	Відсоток виконання, %	Контрольний строк (тиждень)
1. Планування геометричних параметрів перехрестя.	10	2-ий
2. Оцінка затримок транспортних засобів і рівня небезпеки нерегульованого перетину	20	4-ий
3. Вибір схеми пофазного роз'їзду	10	5-ий
4. Розрахунок циклу світлофорного регулювання і його елементів	20	7-ий

5. Оцінка організації світлофорного регулювання	25	9-ий
6. Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	10	12-ий
7. Підготовка до захисту і захист роботи	5	14-ий

У процесі роботи студент повинен регулярно з'являтися на консультації для отримання методичної допомоги і звіту про виконану роботу по кожному етапу. Захист роботи проводиться публічно, до початку екзаменаційної сесії відповідно до графіка.

ОФОРМЛЕННЯ ЗАПИСКИ ПОЯСНЕННЯ І ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

Об'єм пояснювальної записки звичайно складає 30...35 сторінок, а її оформлення повинно відповідати вимогам ЄСКД. Текст може бути надрукований або поданий у вигляді електронного файлу. Найменування розділів повинне відповідати методичним вказівкам. Посилання на літературні джерела, з яких запозичаються залежності і пояснення, обов'язкові. Кінцеві результати однотипних розрахунків зводяться в таблиці, форми яких наведені в додатку В. Усі рисунки і таблиці розміщуються по тексту та повинні мати порядкові номери і назви. Назва рисунку розміщується знизу, таблиці – зверху.

У роботі обов'язково повинні бути надані:

- епюри транспортних і пішохідних потоків;
- схема перехрестя;
- схема конфліктних точок на нерегульованому перетині для оцінки складності перехрестя і рівня відносної небезпеки нерегульованого перетину;
- схема пофазного роз'їзду;
- параметри світлофорного регулювання (приблизна форма таблиці наведена у додатку В);
- графік роботи світлофорного устаткування;
- схема конфліктних точок регульованого перетину;
- характеристика небезпеки регульованого перетину (приблизна форма таблиці наведена у додатку В).

ВСТУП

У вступі необхідно охарактеризувати існуючі проблеми організації дорожнього руху і шляхи їх рішення. Обґрунтувати актуальність вдосконалення організації дорожнього руху на перехрестях.

1 ПЛАНУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕХРЕСТЯ

Обираємо схему перехрестя з додатку А за останньою цифрою залікової книжки.

З додатку Б обираємо характеристики транспортних і пішохідних потоків.

Перед розрахунком геометричних параметрів перехрестя необхідно зобразити картограму інтенсивностей транспортних і пішохідних потоків, приклад якої представлений на рисунку В.1 додатку В.

Необхідну кількість смуг руху на підходах до перехрестя визначають на підставі прогнозованої приведенної інтенсивності руху на перехресті $N_{пр}$, авт./год.,

$$N_{пр} = N_{ф} \cdot k_{пр}, \quad (1.1)$$

де $N_{ф}$ – фактична інтенсивність транспортного потоку, авт./год, (задається у завданні);

$k_{пр}$ – прогнозний коефіцієнт збільшення інтенсивності; розрахунок виконується з перспективою на 10 років, для цього терміну $k_{пр}=1,8$.

Розрахунок прогнозованої інтенсивності виконується для кожного підходу до перехрестя в прямому і зворотному напрямку і зводиться в таблицю, форма якої представлена у додатку В (таблиця В.1).

Вибір необхідної кількості смуг руху на кожному підході до перехрестя в прямому і зворотному напрямку виконується шляхом порівняння одержаної прогнозованої інтенсивності з пропускнуною спроможністю дороги. Пропускную здатність визначають з урахуванням коефіцієнту багатосмуговості і складу транспортного

поток [1, 2] за формулою

$$P = P_0 \cdot k_{\text{бс}} \cdot k_c, \quad (1.2)$$

де P_0 – розрахункова пропускна здатність однієї смуги руху; приймається в розрахунках $P_0=1000$ авт./год.;

k_c – коефіцієнт, що враховує склад транспортного потоку (див. табл. 1.2);

$k_{\text{бс}}$ – коефіцієнт багатосмуговості (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Значення коефіцієнту багатосмуговості

Кількість смуг руху	1	2	3	4
$k_{\text{бс}}$	1,0	1,8	2,4	2,9

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнту, що враховує склад транспортного потоку

Частка вантажних автомобілів в потоці, %	0	10	20	30	40
k_c	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8

Пропускна здатність необхідно визначити для 1, 2, 3 і 4 - смугової дороги і звести в таблицю, форма якої представлена у додатку В.

Кількість смуг для кожного напрямку на кожному підході вибирається з умови $P > N_{\text{пр}}$. Ширину кожної смуги руху приймають згідно ДБН В.2.3-5:2018 [3].

В ДБН В.2.3-5:2018 надається мінімальна ширина смуги, що дорівнює 3,0м. При збільшенні обсягів вантажних автомобілів рух транспортних засобів по таких смугах ускладнюється, тому при виборі їх ширини слід дотримуватися наступних рекомендацій: при обсягах вантажного руху до 10% ширину смуг приймати 3,0 м, від 10% до 35% – 3,5м; більше 35% – 3,75м.

Результати розрахунків необхідно представити в табличній формі і у вигляді графічної схеми перехрестя, приклад якої наданий у додатку В. На схемі необхідно нанести основні розміри і дорожню розмітку.

2 ОЦІНКА ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І РІВНЯ НЕБЕЗПЕКИ НЕРЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕТИНУ

2.1 Затримки транспортних засобів на нерегульованому перетині

На перехресті головною є дорога з більшою сумарною інтенсивністю транспортних засобів на підходах до перехрестя.

Середня затримка одного автомобіля в кожному напрямку з боку другорядної дороги розраховується за формулою [4]

$$t_{\Delta H_j} = \frac{e^{N_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma P}} - N_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma P} - 1}{N_{\Gamma} - N_{\text{д}} (e^{N_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma P}} - N_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma P} - 1)} + \frac{V_a}{7,2} \left(\frac{1}{j_{\Gamma}} + \frac{1}{j_{\text{п}}} \right), \quad (2.1)$$

де $t_{\Gamma P}$ – граничний інтервал, с.; в розрахунках при русі автомобілів направо граничний інтервал приймається $t_{\Gamma P} = 4$ с; прямо, при перетині двохсмугової дороги, – 8 с, на кожному з додаткових смуг руху, що перетинаються, додається дві секунди; при повороті ліворуч – 12 с, на кожному з додаткових смуг руху, що перетинаються, додається дві секунди.

V_a – швидкість потоку на підході до перехрестя, км/год.; приймається в межах $V_a = 30 \dots 40$ км/год.;

j_{Γ} – уповільнення автомобіля при службовому гальмуванні перед перехрестям, м/с²; приймається в межах $j_{\Gamma} = 3 \dots 3,5$ м/с²;

$j_{\text{п}}$ – прискорення автомобіля після зупинки при проїзді перехрестя, м/с²; приймається в межах $j_{\text{п}} = 1,0 \dots 1,5$ м/с²;

N_{Γ} – інтенсивність транспортного потоку на головній дорозі в обох напрямках, авт./с;

$N_{\text{д}}$ – інтенсивність транспортного потоку на другорядній дорозі в даному напрямку, авт./с.

У випадку, якщо при розрахунку за формулою (2.1) перша складова (час очікування необхідного інтервалу, що дорівнює, або перевищує граничний) від'ємна, це вказує на передзаторову ситуацію і сумарний час затримки одного автомобіля в цьому разі слід приймати 120 с.

Розрахунок середніх затримок одного автомобіля з боку другорядної дороги необхідно виконати по кожному напрямку з боку кожного підходу. Заздалегідь рекомендується представити інтенсивність транспортних потоків в розмірності авт./с. Результати розрахунків звести в таблицю, форма якої надана в додатку В.

Середня затримка транспортних засобів на перехресті розраховується за формулою

$$\bar{t}_{\Delta H} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{\Delta H_j} \cdot N_j}{\sum N}, \quad (2.2)$$

де n – кількість напрямків руху з боку другорядної дороги;

$\sum N$ – сумарна інтенсивність руху транспортних засобів на перетині, авт./год.

Річні витрати транспортного часу $T_3^{\text{рік}}$, год., на нерегульованому перетині визначається за формулою

$$T_3^{\text{рік}} = \frac{365 \cdot \sum N \cdot \bar{t}_{\Delta H}}{3600 \cdot k_H}, \quad (2.3)$$

де k_H – коефіцієнт добової нерівномірності, приймається $k_H = 0,1$.

2.2 Оцінка рівня небезпеки нерегульованого перетину

Рівень небезпеки нерегульованого перетину в одному рівні оцінюється ступенем складності і коефіцієнтом відносної аварійності.

2.2.1 Оцінка складності нерегульованого перетину

З метою оцінки складності нерегульованого перетину слід зобразити схему конфліктних точок, на якій нанести траєкторії руху транспортних засобів у всіх дозволених напрямках по кожній смузі руху і позначити точки розділення, злиття і перетинання транспортних потоків. Приклад схеми конфліктних точок на нерегульованому перетині для оцінки його складності представлений на рисунку В.3.

Ступінь складності перехрестя визначається за допомогою показника складності за формулою:

$$m = 1 \cdot n_{\text{в}} + 3 \cdot n_{\text{з}} + 5 \cdot n_{\text{п}}, \quad (2.4)$$

де $n_{\text{в}}$ – кількість конфліктних точок відхилення;

$n_{\text{з}}$ – кількість конфліктних точок злиття;

$n_{\text{п}}$ – кількість конфліктних точок перетинання.

В залежності від величини показника складності перетинання вважається простим, якщо $m < 40$, середньої складності при $40 \leq m < 80$, складним при $80 \leq m < 150$ і дуже складним, якщо $m \geq 150$.

2.2.2 Рівень відносної небезпеки перетину

Більш об'єктивним показником ступеню небезпеки перехрестя є показник відносної аварійності. Для його визначення спочатку необхідно обчислити ступінь небезпеки кожної конфліктної точки. Для спрощення розрахунків рекомендується об'єднати конфліктні точки перетину однойменних транспортних потоків і пронумерувати всі конфліктні точки, як показано на рисунку В.4. Інакше необхідно пронумерувати всі конфліктні точки на схемі В.3.

Для кожної конфліктної точки необхідно обчислити ступінь її небезпеки за формулою [5]

$$q_i = \frac{K_i \cdot N_j \cdot N_i \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{k_{\text{н}} \cdot K_{\text{р}}}, \quad (2.5)$$

де i – номер конфліктної точки;

N_j і N_i – інтенсивності взаємодіючих потоків, авт./год;

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт переходу від годинної інтенсивності до добової;
 $k_{\text{н}}=0,1$;

$K_{\text{р}}$ – коефіцієнт річної нерівномірності; в розрахунках слід прийняти $K_{\text{р}} = 0,12$;

K_i – коефіцієнт відносної аварійності конфліктної точки, ДТП/10⁷авт. Значення K_i для перетинання двосмугових доріг приведені в таблиці 2.1.

Якщо при прямому перетині або повороті ліворуч транспортний засіб повинен перетнути більше дві смуг, приведені

значення відносної аварійності необхідно помножити на 4,5.

Набуті значення ступеню небезпеки конфліктних точок звести в таблицю, форма якої представлена у додатку В.

Коефіцієнт відносної аварійності перехрестя розраховується за формулою [5]

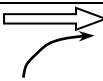

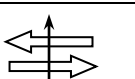





$$K_0 = \frac{G \cdot K_{\Gamma} \cdot 10^7 \cdot k_n}{25 \cdot \sum N}, \quad (2.6)$$

де G – сумарна небезпека конфліктних точок

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (2.7)$$

де n – кількість конфліктних точок на перетинанні.

Таблиця 2.1 – Відносна аварійність конфліктних точок на нерегульованому перетинанні

Взаємодія потоків		Схема руху	Відносна аварійність, ДТП/10 ⁷ авт.
Злиття	Правий поворот		0,0250
	Лівий поворот		0,0025
Перетинання			0,0080
Розділення	На правому повороті		0,0200
	На лівому повороті		0,0040
Два поворотних потоки		Розділення двох потоків	0,0015
		Перетинання двох лівоповоротних потоків	0,0020
		Злиття двох потоків	0,0025

По отриманому значенню коефіцієнта відносної аварійності

можна судити про небезпеку перетину: якщо $K_0 < 3$, перетинання безпечно, при $3 \leq K_0 < 8$, перетинання мало небезпечно, при $8 \leq K_0 < 12$ – небезпечно і якщо $K_0 \geq 12$ – дуже небезпечно.

3 ВИБІР СХЕМИ ПОФАЗНОГО РОЗ'ІЗДУ

Вихідними даними для розробки схеми пофазного роз'їзду є геометричні параметри перехрестя і характеристики транспортних потоків на ньому. При виборі кількості фаз регулювання необхідно прагнути мінімальної їх кількості для забезпечення високої пропускної спроможності. Вживання трьох і більш фаз зв'язано, як правило, з високими значеннями інтенсивності лівоповоротних транспортних потоків і (або) потоків пішохідних. Існує велика кількість схем організації трифазного (і більш) світлофорного регулювання. Можливі варіанти, коли у всіх фазах регулювання здійснюється рух транспортних засобів за відповідними напрямками. При великих пішохідних потоках може бути виділена окрема (пішохідна) фаза, протягом якої рух транспортних засобів через перехрестя заборонений.

Основні принципи, яких слід дотримуватися при виборі схеми пофазного роз'їзду, наступні.

1. Прагнути мінімального числа фаз в циклі регулювання.

2. Допускається сполучати в одній фазі:

- лівоповоротний потік, що конфліктує з визначаючим тривалість фази зустрічним потоком прямого напрямку, якщо інтенсивність лівоповоротного потоку не перевищує 120 авт./год.;

- пішохідні і конфліктуючі з ним поворотні транспортні потоки, якщо пішохідний потік не перевищує 900 чол./год., а поворотні транспортні потоки – 120 авт./год.

3. Смуги руху необхідно закріплювати за певними фазами. Не допускати виїзду транспортних засобів в різних фазах з однієї і тієї ж смуги.

4. Прагнути рівномірного завантаження смуг. Інтенсивність руху, що припадає на одну смугу не повинна перевищувати 600.700 авт./час.

5. При широкій проїжджій частині (дві і більш смуги в одному напрямку) слід розглянути можливість організації поетапного,

протягом двох фаз, переходу вулиці пішоходами.

У пояснювальній записці слід обґрунтувати вибрану схему пофазного роз'їзду, описати організацію руху транспортних засобів в кожній фазі по напрямках і смугах, а також дозволені для переходу пішоходами в даній фазі дороги або їх ділянки.

У графічному вигляді схему пофазного роз'їзду слід представити, як показано в додатку В (рис. В.5), із зображенням технічних засобів регулювання рухом: світлофорів, дорожньої розмітки. При цьому слід використовувати стандартні умовні позначення [4]. Транспортні і пішохідні світлофори необхідно пронумерувати.

4 РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ І ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

Розрахунок циклу світлофорного регулювання виконується відповідно до методики, що наведена в [4].

4.1 Потоки насичення

Потоки насичення визначаються для кожного підходу до перехрестя в кожній фазі.

Для випадку руху в прямому напрямку по асфальтобетонній дорозі без подовжніх ухилів потік насичення приведених автомобілів розраховується за формулою

$$M_{N_{ij}пр} = 525 \cdot B_{пч} , \quad (4.1)$$

де $M_{N_{ij}пр}$ – потік насичення в прямому напрямку, авт./год;

$B_{пч}$ – ширина проїжджої частини, м.

Формула ця справедлива, якщо ширина проїжджої частини в даному напрямку знаходиться у межах $5,4 < B_{пч} < 18$ м. При ширині проїжджої частини менш, ніж 5,4 м, в розрахунках приймають значення потоку насичення при русі в прямому напрямку, приведені в таблиці 4.1. При проміжних значеннях ширини проїжджої частини потік насичення визначається інтерполяцією.

Таблиця 4.1 – Залежність потоку насичення від ширини проїжджої частини

$B_{пч}$	3,0	3,5	3,75	4,2	4,8	5,1
$M_{Hijпр}$	1850	1920	1980	2075	2475	2700

Якщо в даній фазі є поворотні потоки, що рухаються по окремих смугах, потік насичення визначається з урахуванням радіусу повороту R за формулою

$$M_{Hij} = M_{Hijпр} \cdot K_R, \quad (4.2)$$

де

$$K_R = \frac{1}{1 + \frac{1,525}{R}}. \quad (4.3)$$

Для випадку руху транспортних засобів прямо, а також праворуч і (або) ліворуч по одній і тій же смузі (смугам) руху і якщо інтенсивність поворотних потоків складає більше 10% від загальної інтенсивності руху, потік насичення визначається за формулою

$$M_{Hij} = M_{Hijпр} \cdot K_C, \quad (4.4)$$

де

$$K_C = \frac{100}{a + 1,75 \cdot b + 1,25 \cdot c}, \quad (4.5)$$

де a – частка інтенсивності руху транспортних засобів, що рухаються прямо, %;

b – частка інтенсивності руху транспортних засобів, що рухаються ліворуч, %;

c – частка інтенсивності руху транспортних засобів, що рухаються праворуч, %;

Значення коефіцієнтів і потоків насичення необхідно звести в таблицю, приклад якої представлений у додатку Б.

4.2 Фазові коефіцієнти

Фазові коефіцієнти визначаються для кожного підходу транспортних засобів, в кожній фазі регулювання за формулою

$$y_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{nij}}. \quad (4.6)$$

Якщо для якого-небудь напрямку виділяється окрема смуга, для нього потік насичення і фазовий коефіцієнт визначаються окремо. Як розрахунковий, що визначає тривалість основного такту, приймається фазовий коефіцієнт, що має найбільшу величину.

При пофазному регулюванні і пропуску якого-небудь потоку протягом двох фаз, для нього окремо розраховують фазовий коефіцієнт, який повинен бути не більше суми розрахункових фазових коефіцієнтів тих фаз, протягом яких цей потік пропускається.

Розраховані значення фазових коефіцієнтів звести в таблицю.

4.3 Розрахунок тривалості світлофорного циклу і тактів регулювання

Якщо у всіх фазах циклу світлофорного регулювання дозволений рух транспортних засобів, тривалість циклу розраховується за формулою Вебстера [4]

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot T_{\text{п}} + 5}{1 - Y}, \quad (4.7)$$

де Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів

$$Y = \sum_{i=1}^k y_{pi}, \quad (4.8)$$

$T_{\text{п}}$ – сума тривалості проміжних тактів

$$T_{\text{п}} = \sum_{i=1}^k t_{pi}, \quad (4.9)$$

де y_{pi} – розрахунковий фазовий коефіцієнт в i -ой фазі;

t_{pi} – тривалість проміжного такту в i -ой фазі;

k – кількість фаз регулювання.

Тривалість проміжних тактів приймається в межах 3...4 с; якщо дорога, що перетинається, має 2...3 смуги руху, тривалість проміжного такту в даній фазі слід прийняти 3 с, якщо більше – 4 с.

Виходячи з вимог забезпечення безпеки руху, тривалість циклу світлофорного регулювання повинна лежати в межах $T_{ц} = 25...120$ с.

Тривалість основного такту в кожній фазі регулювання розраховується за формулою [4]

$$t_{oi} = \frac{(T_{ц} - T_{п}) \cdot y_i}{Y}. \quad (4.10)$$

Виходячи з умов забезпечення безпеки руху, час основного такту повинний бути не менше 7с. Якщо час, розрахований за формулою (4.10) вийшов менший, його слід збільшити до цього значення.

Розрахункову тривалість основного такту необхідно перевірити за умовою пропуску пішоходів, що переходять дорогу в даній фазі регулювання. Час, необхідний для пропуску пішоходів розраховується за емпіричною формулою [4]

$$t_{пш} = 5 + \frac{B_{пш}}{V_{пш}}, \quad (4.11)$$

де $B_{пч}$ – максимальна ширина проїжджої частини, яку в даній фазі переходять пішоходи, м;

$V_{пш}$ – швидкість руху пішоходів, м/с; рекомендується приймати $V_{пш} = 1,3$ м/с.

Остаточню приймають тривалість основного такту, який дорівнює більшому з набутих значень.

У випадку якщо прийнята трифазна схема регулювання з пішохідною фазою, тривалість циклу регулювання визначається за формулою [4]

$$T_{\text{ц}} = \frac{B}{2A} + \frac{\sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \quad (4.12)$$

де

$$A = 1 - Y_p; \quad (4.13)$$

$$B = 2,5 \cdot T_{\text{п}} - T_{\text{п}} \cdot Y_p + t_{\text{пш}} + 5; \quad (4.14)$$

$$C = (T_{\text{п}} + t_{\text{пш}}) \cdot (1,5T_{\text{п}} + 5). \quad (4.15)$$

Y_p – сума розрахункових фазових коефіцієнтів для фаз, впродовж яких відбувається рух транспорту.

Тривалість основного такту пішохідної фази розраховується за формулою (4.11).

Тривалість основного такту транспортних фаз розраховується за формулою [4]

$$t_{oi} = \frac{(T_{\text{ц}} - T_{\text{п}}) \cdot T_{\text{ц}} \cdot y_i}{T_{\text{ц}} - 1,5 \cdot T_{\text{п}} - 5}. \quad (4.16)$$

Після розрахунку і уточнення тривалості тактів, остаточний час циклу пофазного регулювання:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^k t_{oi} + T_{\text{п}}. \quad (4.17)$$

Режим роботи світлофорного устаткування необхідно представити у вигляді циклограми, приклад якої представлений на рисунку В.6 додатку В.

5 ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЇ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Організація світлофорного регулювання оцінюється якістю схеми організації руху, затримками транспортних засобів, рівнем небезпеки перетину та витратами на впровадження відповідних заходів.

5.1 Оцінка якості схеми організації руху

Оцінку прийнятої схеми організації руху на перехресті виконують по величині насиченості смуг руху за формулою [4]

$$X_j = \frac{N_j \cdot T_{\text{ц}}}{M_{H_j} \cdot t_{oi}}, \quad (5.1)$$

де X_j – ступінь насичення j -го напрямку руху.

Ступінь насичення розраховується для кожного підходу на перехресті. Якщо на підході для якого-небудь напрямку виділяється окрема смуга руху, для нього X_j розраховується окремо. Набуті значення зводяться в таблицю, форма якої представлена у додатку В.

Раціональні схеми організації руху на регульованому перетині повинні забезпечувати ступінь насичення $X_j = 0,85 \dots 0,9$. Разом з тим, якщо тривалість основних тактів при проектуванні була збільшена в порівнянні з розрахованими для пропуску транспортних засобів (наприклад, прийнята з умови забезпечення пропуску пішоходів), або схема припускає окрему пішохідну фазу, значення ступеню насичення можуть бути менше. При $X_j \geq 1$ виникне заторовий стан транспортного потоку і вибрана схема пофазного роз'їзду вимагає перегляду.

5.2 Затримки транспортних засобів на регульованому перетині

Затримки транспортних засобів на регульованому перехресті визначається по спрощеній формулі Вебстера [4]

$$t_{зj} = 0,9 \frac{M_{Hj} (T_{\text{ц}} - t_{oj})^2}{2T_{\text{ц}} (M_{Hj} - N_j)}. \quad (5.2)$$

Середня затримка автомобіля на регульованому перетинанні визначається як середньозважене значення затримок за всіма напрямками

$$\bar{t}_{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{\Delta i} \cdot N_i)}{\sum_{i=1}^n N_i}. \quad (5.3)$$

Річні витрати транспортного часу на регульованому перетині розраховуються так само, як і на нерегульованому, за формулою (2.3).

5.3 Оцінка небезпеки регульованого перетинання

Як і у разі нерегульованого перетину, небезпека регульованого перетину оцінюється ступенем складності і коефіцієнтом відносної аварійності.

Ступінь складності перехрестя визначається за допомогою показника складності за формулою (2.4).

З метою визначення рівня відносної небезпеки регульованого перетинання зображають схему приведених конфліктних точок в кожній фазі регулювання (приклад представлений на рисунку В.7 в додатку В) і розраховують ступінь небезпеки кожної конфліктної точки за формулою

$$g_i = K_i \cdot N_j \cdot N_i \cdot 10^{-2}, \quad (5.4)$$

де N_i і N_j – інтенсивність конфліктуючих потоків в даній точці, авт./год;

K_i – відносна аварійність конфліктної точки ДТП/10⁷авт.

Величини відносної аварійності для різних випадків взаємодії потоків приймають відповідно до значень, приведених в таблиці 5.1.

Можливе число наїздів на автомобілі при підході до стоп-лінії визначається за залежністю

$$g_i = K_i \cdot N_{\Sigma} \cdot 0,01, \quad (5.5)$$

де N_{Σ} – сумарна інтенсивність транспортних потоків на перехресті;

K_H – небезпека наїздів у стоп-лінії, $K_H = 0,012425$ ДТП/10⁷авт.

Таблиця 5.1 – Відносна аварійність конфліктних точок регульованого перетину

Взаємодія потоків	Схеми руху	Відносна аварійність, ДТП/10 млн. автомобілів
Розділення: - повороти без перешкод зі смуги прямого або поворотного напрямку		0,000100
- лівий поворот за наявності перешкод з інших смуг		0,000102
Перетинання лівоповоротного потоку з прямим		0,000048
Злиття транспортних потоків на одній смузі		0,000968

Можлива кількість ДТП на перехресті за рік без урахування ДТП з пішоходами визначається по залежності:

$$G_p = -0,468 + g_n + \sum_{i=1}^n g_i \quad (5.6)$$

Можлива кількість ДТП з пішоходами визначається за залежністю

$$G_n = 0,0025 + 0,00092 \cdot \sum_{i=1}^k (N_{pi}^{1/4} \cdot N_{Ti}), \quad (5.7)$$

де N_{pi} – годинна інтенсивність руху пішоходів по переходу, піш./год;

N_{Ti} – годинна інтенсивність транспортних потоків через перехід, авт./год;

k – число пішохідних переходів на перехресті.

Загальна можлива кількість ДТП на перехресті за рік:

$$G = G_p + G_n \quad (5.8)$$

Ступінь небезпеки перехрестя розраховується за формулою (2.6). По величині G оцінюють небезпеку перетину.

5.4 Витрати на впровадження світлофорного регулювання

Всі заходи щодо організації дорожнього руху, в тому числі і введення світлофорного регулювання, вимагають певних, часто значних, грошових коштів [6].

Приклад схеми перехрестя з розташуванням технічних засобів регулювання та дорожньою розміткою представлений на рисунку В.8.

Зібрана інформація щодо статей витрат по перетинанню зводиться у таблиці В.10 та В.11 додатку В.

Насамперед визначаємо капітальні витрати на перехресті при введенні світлофорного регулювання.

Витрати на нанесення дорожньої розмітки, $V_{др}$, грн.

$$V_{др} = \sum_{i=1}^k C_{н др} \cdot l_{п}, \quad (5.9)$$

де $C_{н др}$ – вартість нанесення дорожньої розмітки, грн./м;

$l_{п}$ – довжина дорожнього полотна, м.

Вартості нанесення 1 м відповідної дорожньої розмітки фарбою, що відповідає її площі, розрахованій згідно ДСТУ 2587:2010 [7], наведена в додаткових матеріалах, які надає викладач. Результати розрахунку вартості нанесення дорожньої розмітки на всьому перехресті зводяться в таблицю В.10 додатку В. Слід зазначити, що розрахунки слід проводити на відстані 50 м в бік кожного підходу від центру перехрестя.

Вартість дорожніх знаків та інших технічних засобів регулювання наведена в додаткових матеріалах, які надає викладач. При цьому при розрахунках слід враховувати, що в капітальні витрати входять також витрати на встановлення технічних засобів регулювання (монтаж), які становлять 30% від їх вартості [6].

Встановлення дорожніх знаків, згідно ДСТУ 4100:2014 [8] припускається із застосуванням окремих стояк, існуючих опор контактної мережі міського електротранспорту, опор зовнішнього освітлення, тросових розтяжках.

Витрати на облаштування об'єкту проектування дорожніми знаками $V_{дз}$, грн., слід визначати за формулою

$$B_{\text{ДЗ}} = 1,3 \cdot \left(\sum_{i=1}^Q n_{zi} \cdot C_i + \sum_{j=1}^G m_j \cdot C_j \right), \quad (5.10)$$

де n_{zi} – кількість дорожніх знаків i -ї групи, од.;

C_3 – вартість дорожнього знаку i -ої групи, грн.;

m_j – кількість стояків дорожніх знаків j -ої групи, од.;

C_j – вартість стояків дорожніх знаків j -ої групи, грн.;

Q – кількість груп дорожніх знаків, од.;

G – кількість типів стояків дорожніх знаків, од.

Витрати на встановлення контролеру або транспортних (пішохідних) світлофорів на перехресті $B_{\text{к(тс, пс)}}$, грн., які включають в себе вартість контролеру або світлофору та їх монтаж, який, як і у випадку з дорожніми знаками, також складає 30% від вартості

$$B_{\text{к(тс, пс)}} = 1,3 \cdot C_{\text{к(1тс, 1пс)}} \cdot n, \quad (5.11)$$

де $C_{\text{к(1тс, 1пс)}}$ – вартість контролеру або транспортного (пішохідного) світлофору;

n – кількість встановлених контролерів або транспортних (пішохідних) світлофорів, од.

Результати витрат по всьому перехрестю зводимо в таблицю В.10 додатку В.

Витрати на експлуатацію світлофорного об'єкта складаються з витрат на технічне обслуговування і ремонт світлофорного обладнання. Експлуатаційні витрати на утримання об'єктів дорожнього руху $B_{\text{уп}}$ розраховується як

$$B_{\text{уп}} = K_{\text{вп}} \cdot k_y, \quad (5.12)$$

де $K_{\text{вп}}$ – капітальні витрати на впровадження заходів на локальному об'єкті, грн.;

k_y – процент від капітальних витрат на утримання об'єкту дорожнього руху, %. Приймаємо $k_y = 5\%$.

Слід зауважити, що витрати на утримання дорожньої розмітки не розраховуються.

Результати розрахунку капітальних та експлуатаційних витрат зводяться у таблицю В.11 додатку В. На основі значень таблиці робимо висновки про розмір витрат на реалізацію заходів з

удосконалення ОДР.

ВИСНОВКИ

У висновках необхідно привести короткий порівняльний аналіз показників, що характеризують рівень транспортного обслуговування на нерегульованому і регульованому перетинанні і зробити висновок щодо доцільності введення світлофорного регулювання.

ДОДАТОК А

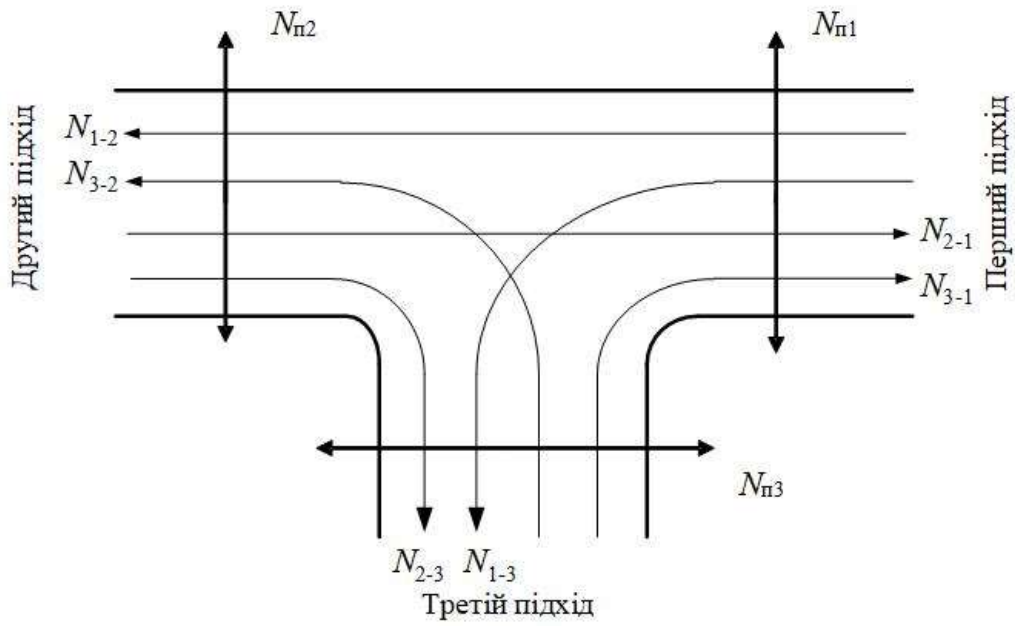


Рисунок А.1 – Варіант 1 схеми перехрестя

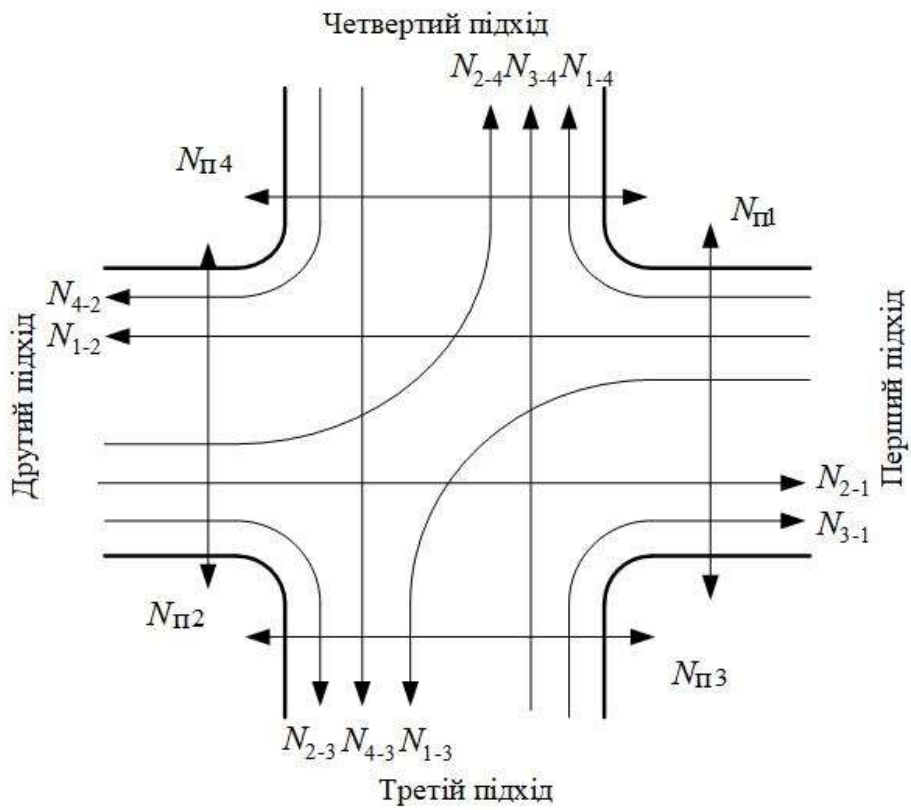


Рисунок А.2 – Варіант 2 схеми перехрестя

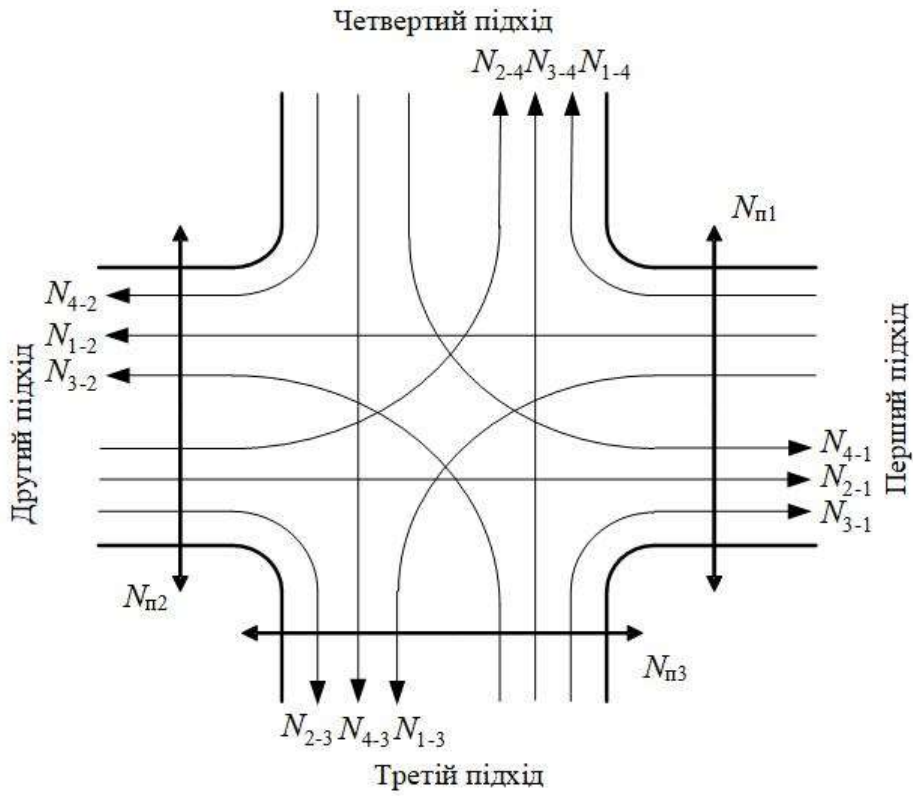


Рисунок А.3 – Варіант 3 схеми перехрестя

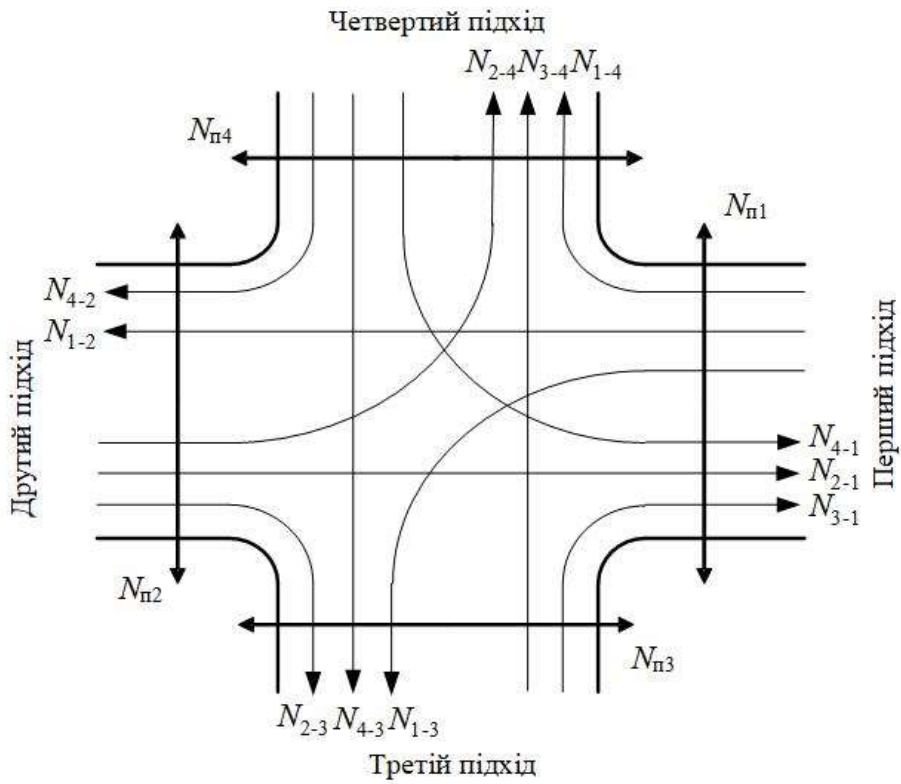


Рисунок А.4 – Варіант 4 схеми перехрестя

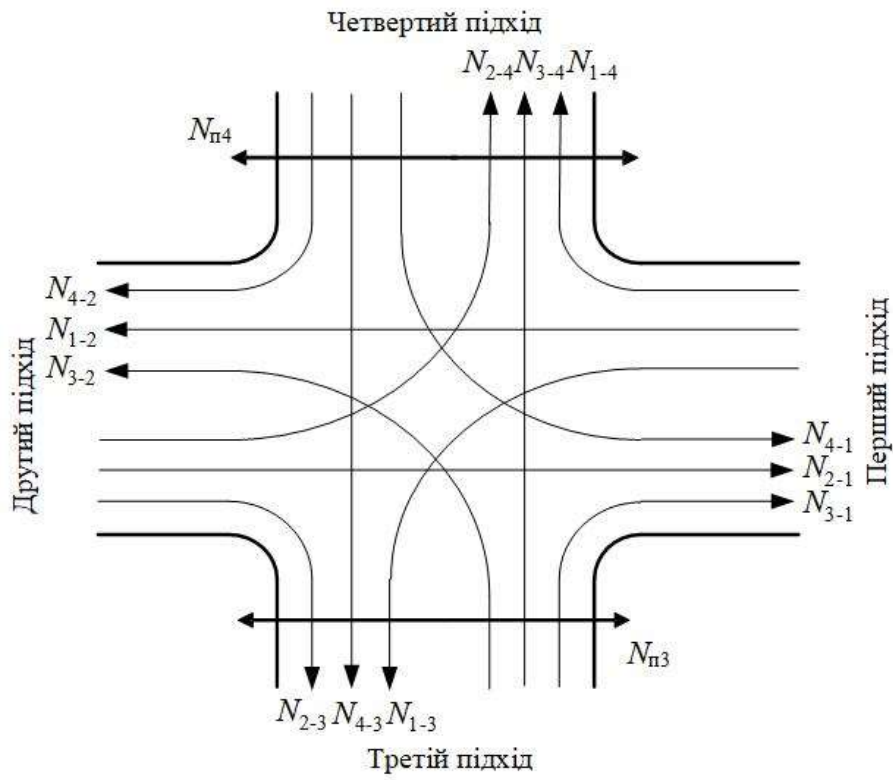


Рисунок А.5 – Варіант 5 схеми перехрестя

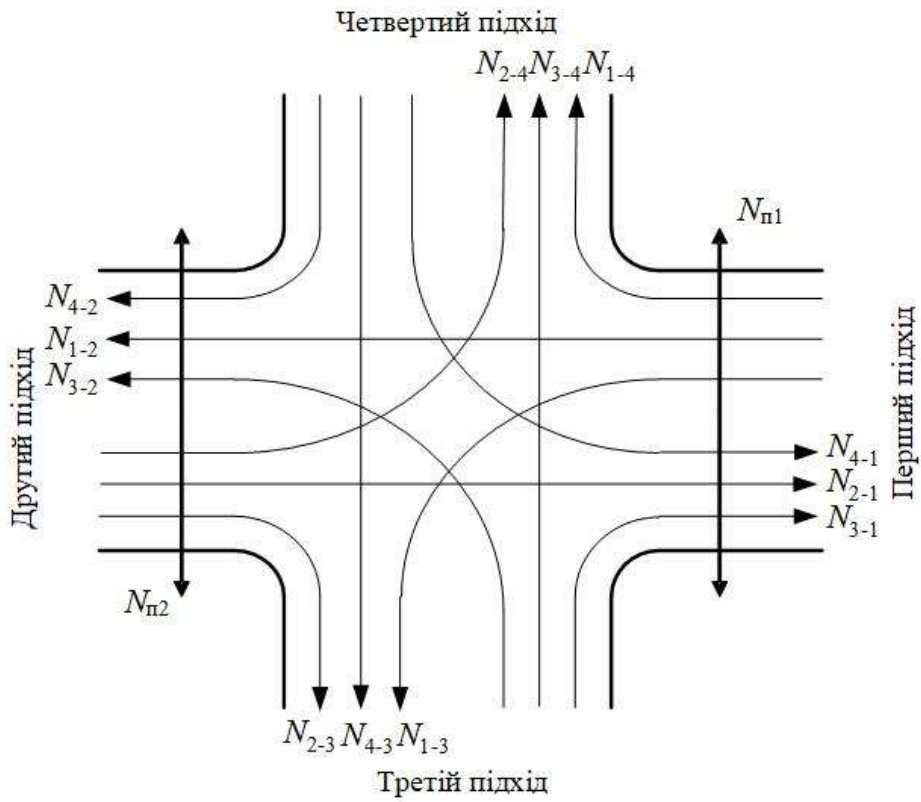


Рисунок А.6 – Варіант 6 схеми перехрестя

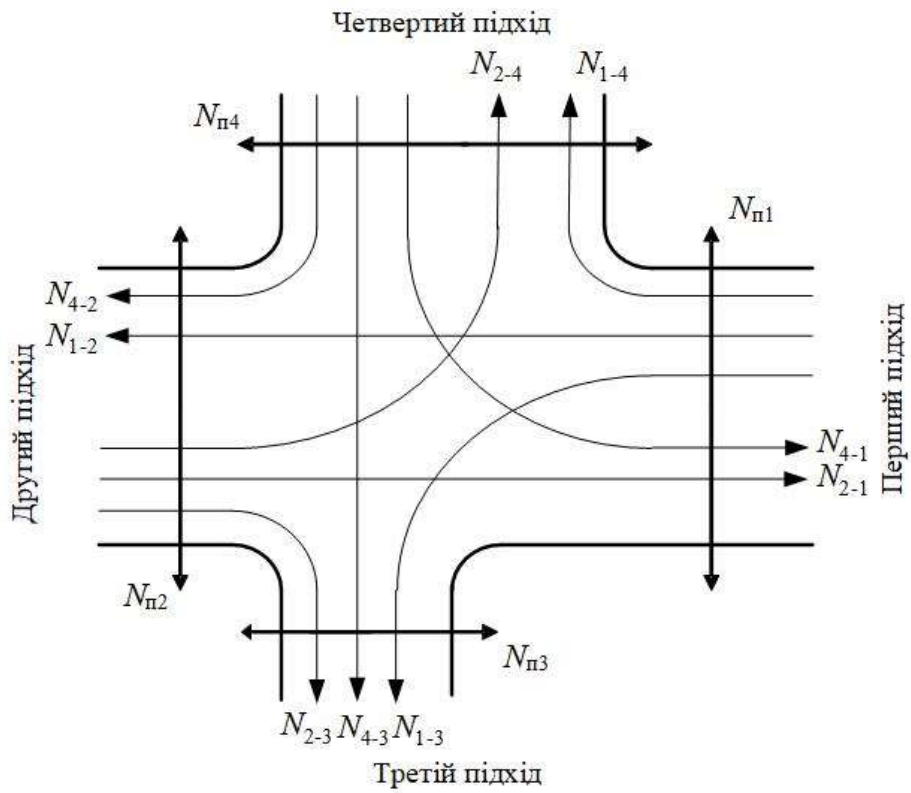


Рисунок А.7 – Варіант 7 схеми перехрестя

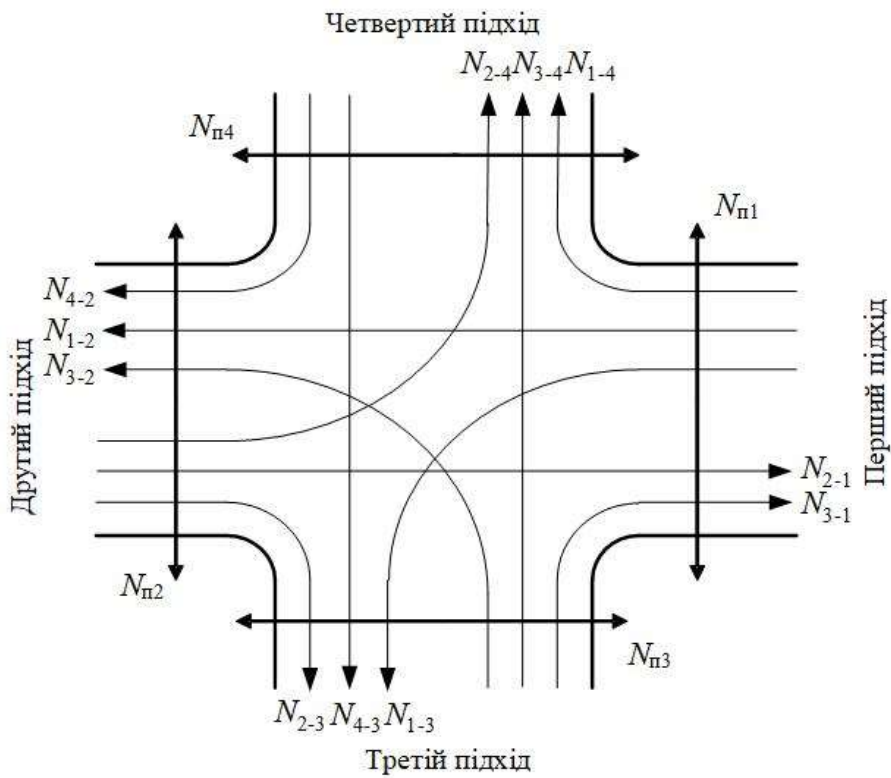


Рисунок А.8 – Варіант 8 схеми перехрестя

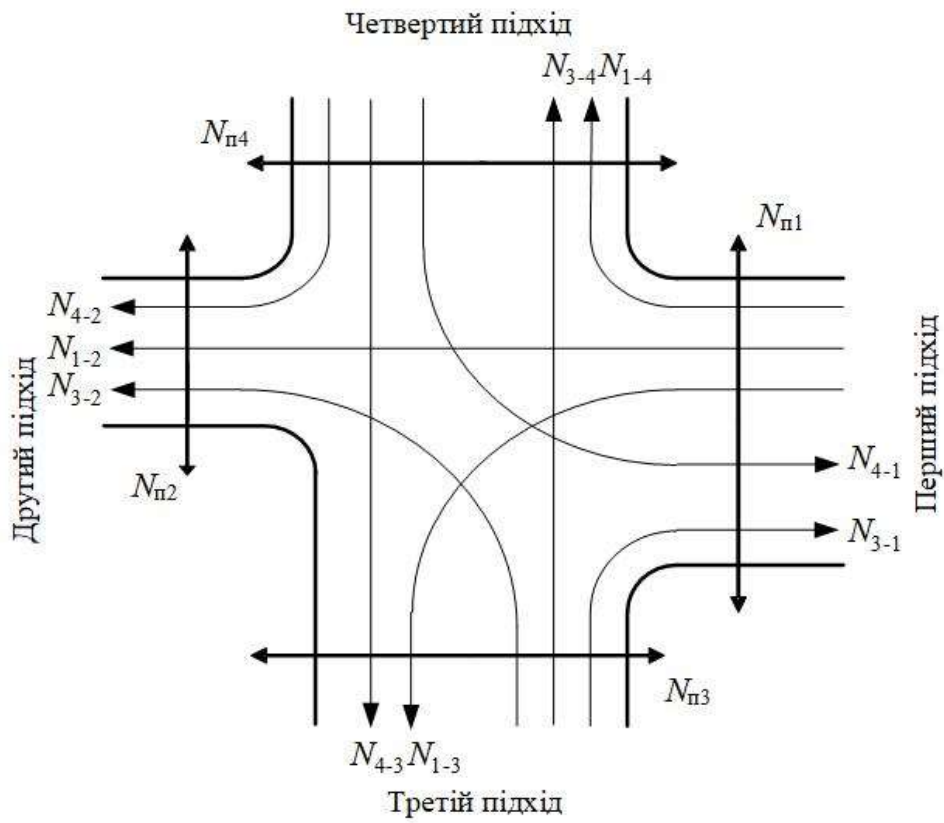


Рисунок А.9 – Варіант 9 схеми перехрестя

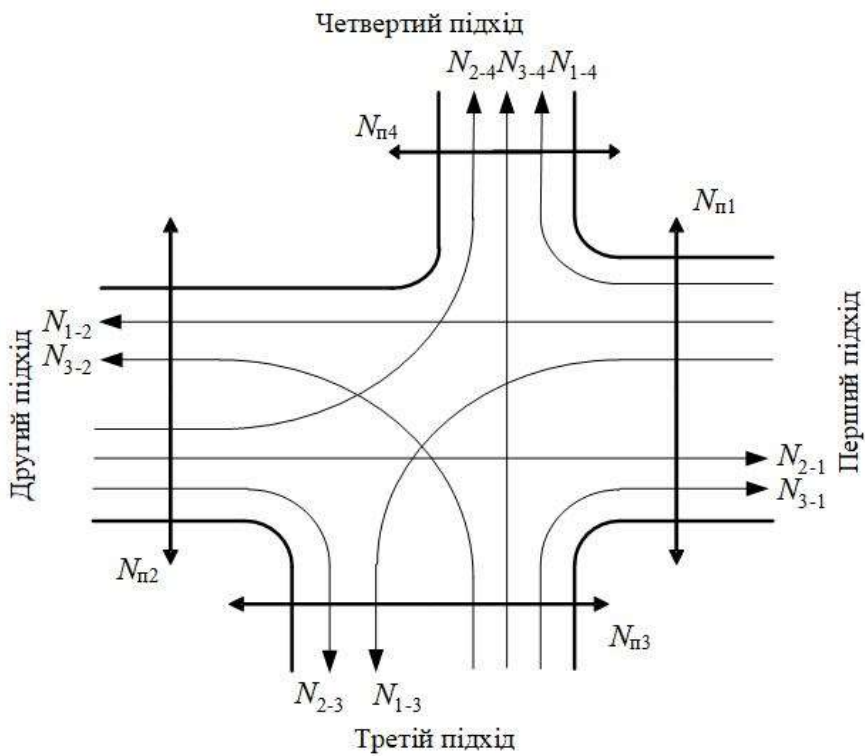


Рисунок А.10 – Варіант 0 схеми перехрестя

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 - Інтенсивність транспортних потоків на перехресті, авт./год.

Транспортний потік	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_{1-2}	720	600	650	700	800	510	480	750	550	620
N_{1-3}	80	140	70	100	70	150	50	130	90	70
N_{1-4}	50	70	90	60	100	110	100	90	60	60
N_{2-1}	770	640	580	670	600	590	480	720	800	680
N_{2-3}	70	90	60	90	100	80	80	70	90	90
N_{2-4}	60	80	40	160	40	90	100	80	70	150
N_{3-1}	90	100	100	80	70	90	90	90	100	80
N_{3-2}	150	100	130	40	140	60	130	90	110	60
N_{3-4}	550	440	750	800	640	730	750	500	600	650
N_{4-1}	70	80	100	70	90	80	90	60	140	80
N_{4-2}	80	110	110	100	80	60	100	100	80	110
N_{4-3}	830	800	780	900	710	850	840	640	560	530

Примітка: варіант обирається по передостанній цифрі номера залікової книжки

Таблиця Б.2 – Інтенсивність пішохідних потоків на перехресті, піш./год.

Пішохідний потік	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_{П1}$	720	1070	630	700	630	1100	700	780	750	650
$N_{П2}$	850	700	920	1270	1200	650	680	650	650	600
$N_{П3}$	650	830	1150	600	840	820	250	530	650	650
$N_{П4}$	770	600	700	900	600	690	750	900	540	1240

Примітка: варіант обирається по останній цифрі номера залікової книжки

Таблиця Б.3 – Характеристика обсягів вантажного руху

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Питома вага вантажних автомобілів у потоці, %	15	10	35	25	30	20	35	15	35	20

Примітка: варіант обирається по передостанній цифрі номера залікової книжки

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Результати розрахунків кількості смуг і ширини проїжджої частини

Показник	Підхід							
	1		2		3		4	
	Прямий	Звор.	Прямий	Звор.	Прямий	Звор.	Прямий	Звор.
Потік руху	$N_{1-2} + N_{1-3} + N_{1-4}$	$N_{2-1} + N_{4-1} + N_{3-1}$	$N_{2-1} + N_{2-4} + N_{2-3}$	$N_{1-2} + N_{3-2} + N_{4-2}$	$N_{3-4} + N_{3-2} + N_{3-1}$	$N_{4-3} + N_{1-3} + N_{2-3}$	$N_{4-3} + N_{4-1} + N_{4-2}$	$N_{3-4} + N_{2-4} + N_{1-4}$
Фактична інтенсивність, авт./год.								
Прогнозна інтенсивність, авт./год.								
Кількість смуг								
Ширина проїжджої частини, м								

Таблиця В.2 – Пропускна здатність дороги

Кількість смуг руху	1	2	3	4
Коефіцієнт багатосмуговості, K_{Π}	1,0	1,8	2,4	2,9
Пропускна здатність дороги, авт./год.				

Таблиця В.3 – Затримки транспортних засобів на нерегульованому перехресті (другорядною є дорога в напрямку 3-4, 4-3)

Напрямок руху	$N_{Г}$, авт./с	$N_{д}$, авт./с	$t_{ГР}$, с	t_{Δ} , с	Σt_{Δ} , с
N_{3-1}					
N_{3-2}					
N_{3-4}					
N_{4-1}					
N_{4-2}					
N_{4-3}					
$\Sigma t_{д}$					

Таблиця В.4 – Ступінь небезпеки конфліктних точок

№	Конфліктуючі потоки	Вид конфлікту	Відносна аварійність КТ, ДТП/авт·10 ⁷	Ступінь небезпеки, <i>g</i>
1	2	3	4	5
1	N_{1-2}, N_{1-4}	розділення (праве)	0,02	
2	N_{1-2}, N_{1-3}	розділення (ліве)	0,004	
...				
...				
<i>n</i>				
Σg				

Таблиця В.5 – Потоки насичення і фазові коефіцієнти

Потоки руху	Перша фаза		Друга фаза		Третя фаза	
	$525B_{пч}$					
<i>R, м</i>						
<i>a, %</i>						
<i>b, %</i>						
<i>c, %</i>						
K_R						
K_c						
$M_H, \text{авт./год.}$						
<i>y</i>						
y_p						

Таблиця В.6 – Оцінка якості схеми організації руху

Підхід/смуга	Інтенсивність, авт./год.	Потік насичення, авт./год.	Час основного такту, с	Ступінь насичення

Таблиця В.7 – Розрахунок часу затримок

Підхід/смуга	Інтенсивність, авт./год.	Потік насичення, авт./год.	Час основного такту, с	Час затримки одного автомобіля, с	Загальний час затримки, с

Таблиця В.8 – Параметри світлофорного регулювання

Фаза		Перша фаза	Друга фаза		Третя фаза	
Потоки руху						
$525V_{пч}$						
Радіус руху						
Напрямок руху, %	прямо					
	наліво					
	направо					
K_R						
K_c						
Потік насичення						
Фазовий коефіцієнт						
Розрахунковий фазовий коефіцієнт						
Тривалість основного такту, с						
Час циклу, с						
Час затримки, с						
Середній час затримки, с.						
Сумарні затримки за рік, год.						
Ступінь насичення						

Таблиця В.9 – Характеристика небезпеки регульованого перетинання

№ конфліктної точки	Конфліктуючі потоки	Характер конфлікту	Коефіцієнт відносної аварійності ДТП/10 ⁷ авт.	Ступінь небезпеки
1				
...				
<i>n</i>				
Сумарна ступінь небезпеки конфліктних точок				
Число наїздів на підході до стоп-лінії				
Кількість ДТП з пішоходами				
Загальна кількість ДТП за рік				
Ступінь небезпеки перехрестя				

Таблиця В.10 – Капітальні витрати на організацію дорожнього руху на перехресті

Стаття витрат		Вартість, грн.	Кількість, од.	Витрати (з витратами на встановлення, окрім розмітки), грн.
Нанесення дорожньої розмітки:	1.1			
	1.3			
	1.5			
	1.6			
	1.12			
	1.14.2			
Дорожній контролер				
Світлофор транспортний				
Світлофор пішохідний				
Опора світлофорна транспортна				
Опора світлофорна консольна				
Стояк для знаку				
Знаки дорожні 2-й типорозмір:	знаки пріоритету	2.1		
		2.3		
	інформаційно-вказівні знаки	5.35.1,		
		5.35.2		
наказові знаки	4.7			

Таблиця В.11 – Витрати на впровадження заходів щодо ОДР

Заходи	Капітальні витрати, грн.	Експлуатаційні витрати, грн.		
		до впровадження	після впровадження	відхилення
Витрати на ОДР на перехресті				

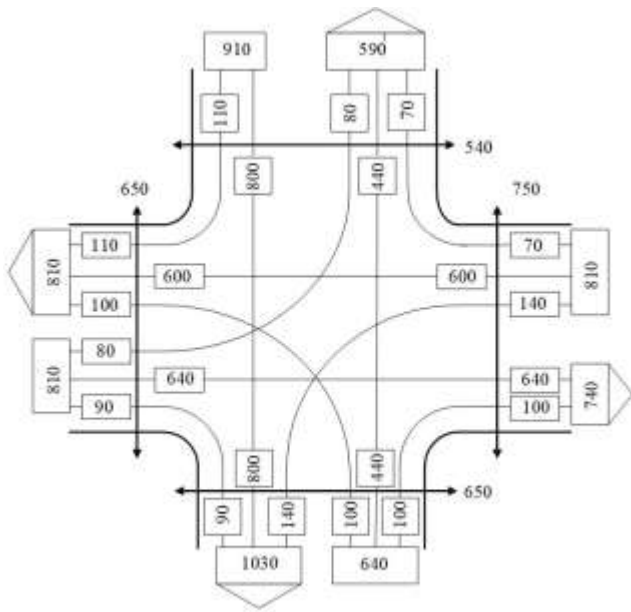


Рисунок В.1 – Транспортні і пішохідні потоки

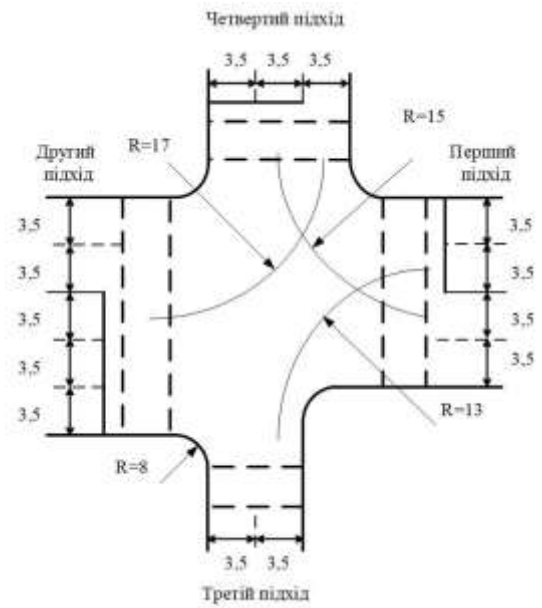
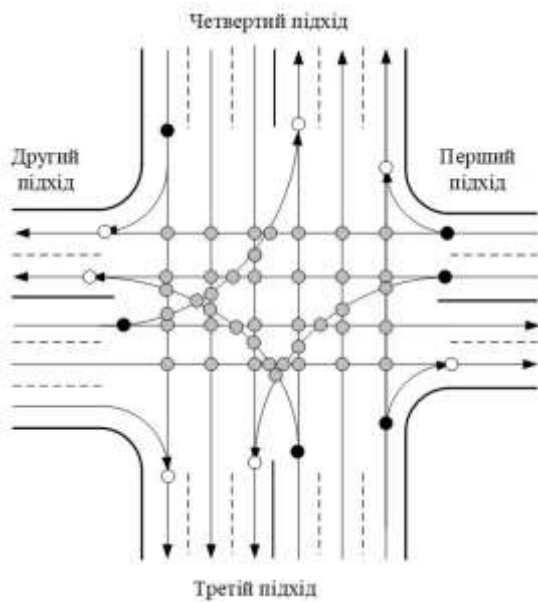


Рисунок В.2 – Схема перехрестя



Умовні позначення:

- - конфліктні точки розділення транспортних потоків;
- - конфліктні точки злиття транспортних потоків;
- ◐ - конфліктні точки перетину транспортних потоків.

Рисунок В.3 – Схема конфліктних точок для оцінки складності перехрестя

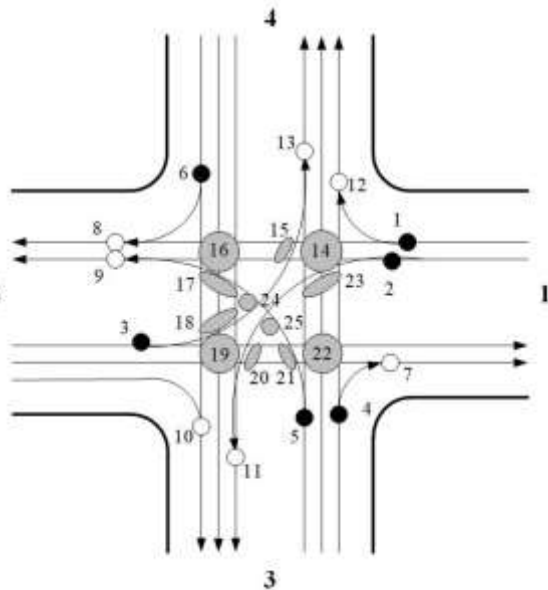


Рисунок В.4 – Схема конфліктних точок для оцінки рівня відносної небезпеки перехрестя

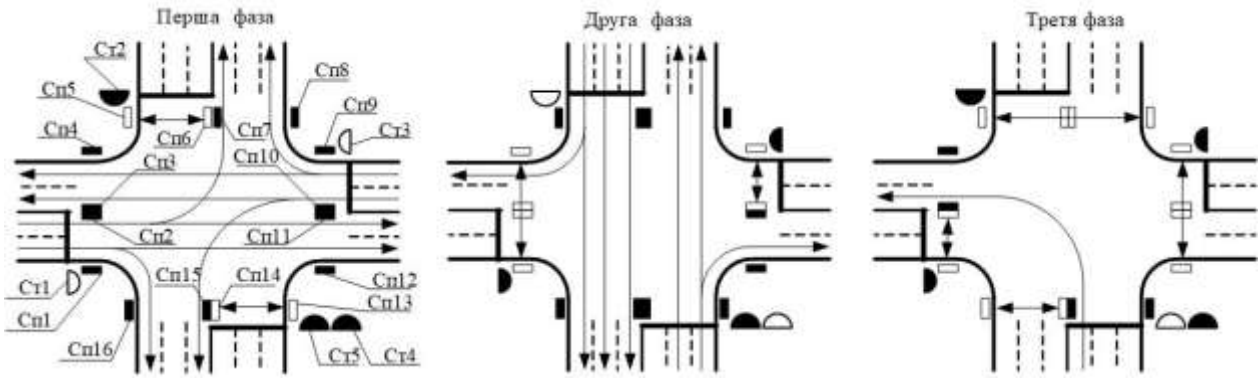


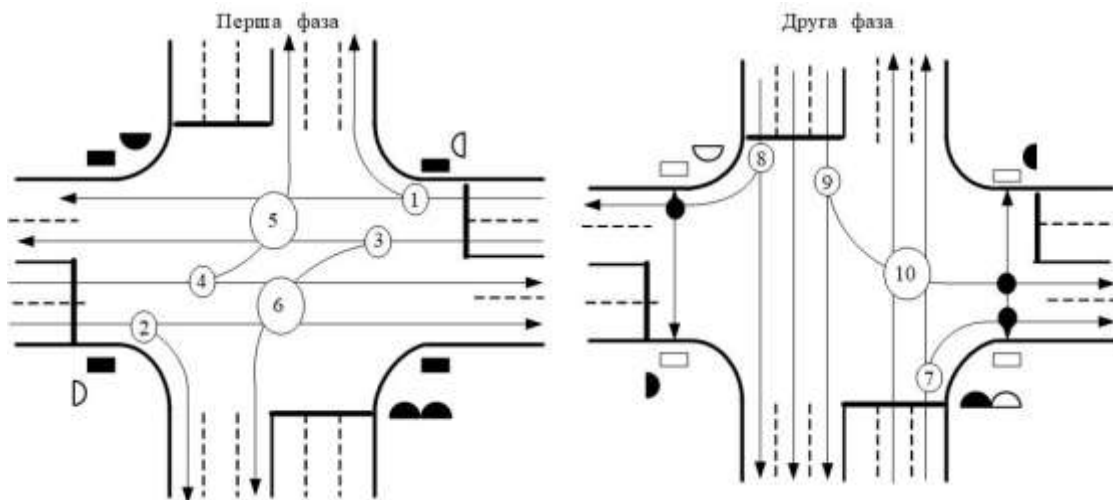
Рисунок В.5 – Схема пофазного роз'їзду

№	Номер і тип світлофору	Перша фаза		Друга фаза		Третя фаза	
		17	4	14	4	11	4
1	Ст1, Ст4	■	■	■	■	■	■
2	Ст3	■	■	■	■	■	■
3	Ст2	■	■	■	■	■	■
4	Сп5, Сп6, Сп13, Сп14	■	■	■	■	■	■
5	Сп1, Сп2, Сп7, Сп8	■	■	■	■	■	■
6	Сп9, Сп10	■	■	■	■	■	■
7	Сп3, Сп4, Сп11, Сп12	■	■	■	■	■	■

Умовні позначення:

- - зелений сигнал; ■ - червоний сигнал; ■ - жовтий сигнал;
- - зелений миготливий; ■ - червоний з жовтим.

Рисунок В.6 – Графік роботи світлофорного обладнання



Умовні позначення:

- ⑧ - конфліктні точки транспортних засобів;
- - конфліктні точки с пішоходами.

Рисунок В.7 – Схема конфліктних точок регульованого перетинання

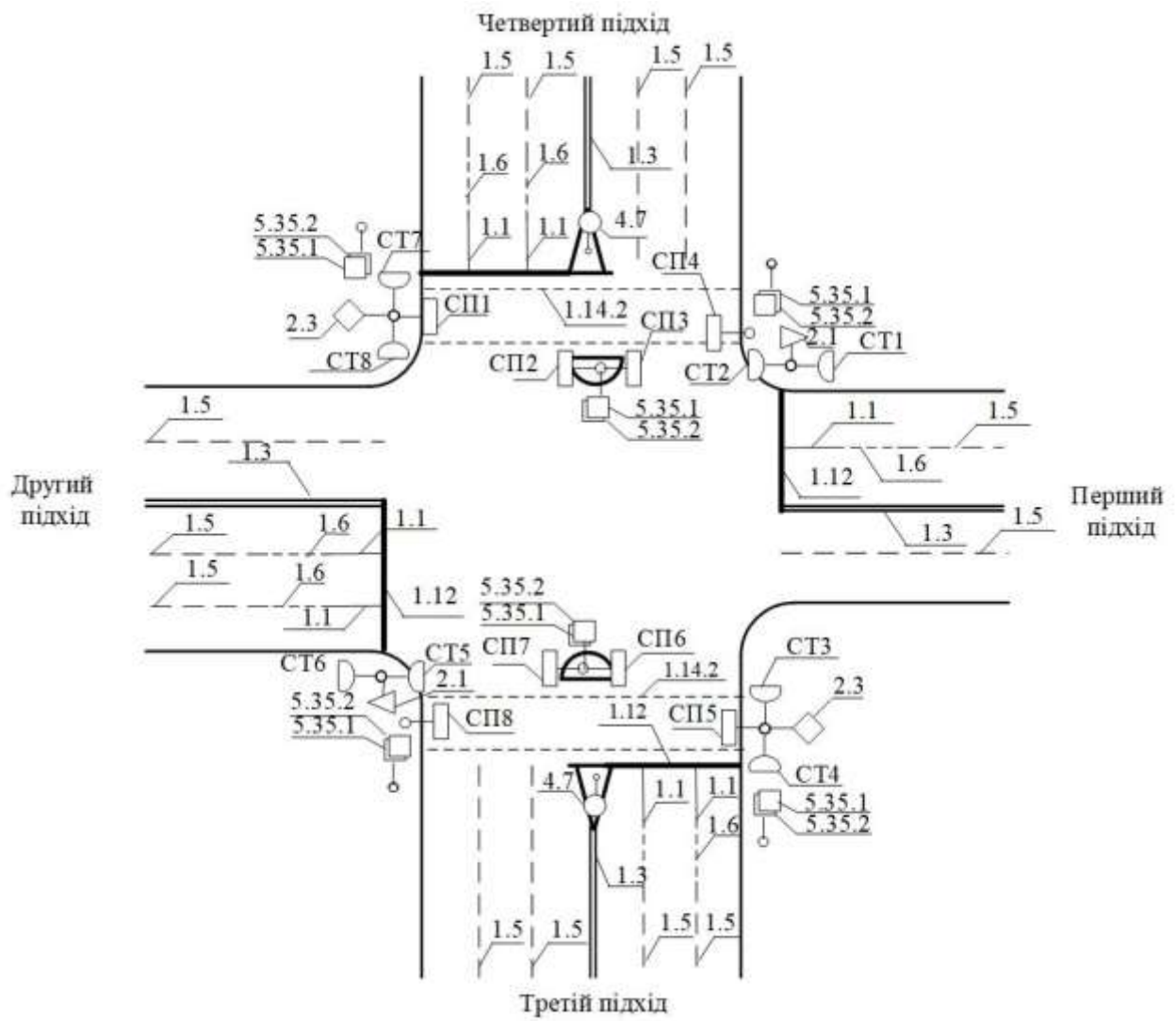


Рисунок В.8 – Приклад схеми перехрестя з розташуванням технічних засобів регулювання та дорожньою розміткою

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
2. Коноплянко В.И. Организация и безопасность движения. – М.: Высш. школа, 2007. – 383 с.
3. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3-5:2018. – [Чинні від 2018-09-01]. – К.:Мінрегіон України, 2018. – 55 с.
4. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М. Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.: ил.
5. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
6. Аксенов В.А., Попова Е.П., Дивочкин О.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения М.: Транспорт, 1987. – 117 с/
7. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови: ДСТУ 2587:2021. – [Чинні від 2021-08-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ» 2021. – 142 с.
8. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування: ДСТУ 4100:2014. – [Чинні від 2014-12-29]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2015. – 109 с.