

За даними табл. 3.2 і 3.3 треба визначити найнебезпечніше перехрестя і ділянку транспортної мережі.

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. У чому полягає сутність кількісного аналізу ДТП?
2. З яких показників складається кількісний аналіз ДТП?
3. Що розуміють під інтенсивністю руху транспортного потоку?
4. За якими критеріями визначають найнебезпечніше перехрестя й найнебезпечнішу ділянку транспортної мережі?
5. Що відносять до прямих і непрямих витрат при скоєнні ДТП?

3.4. Аналіз конфліктності транспортних потоків на перехрестях

Мета: набути практичні навички з визначення ступеня небезпеки перехрестя на основі аналізу конфліктних точок.

Теоретична частина

Розподіл транспортних потоків за різними напрямками руху спонукає зниження середньої швидкості і виникнення конфліктних ситуацій в конфліктних точках (див. табл. 3.4, рис. 3.10). Місця виникнення конфліктних ситуацій де перетинаються, зливаються або розділяються траєкторії руху потоків називають конфліктними точками. Зони конфліктних ситуацій характеризуються збільшенням часу затримок транспортних засобів і великою вірогідністю виникнення ДТП. Для порівняльної оцінки складності і потенційної небезпеки перетинів застосовують різні підходи [11, 14, 25].

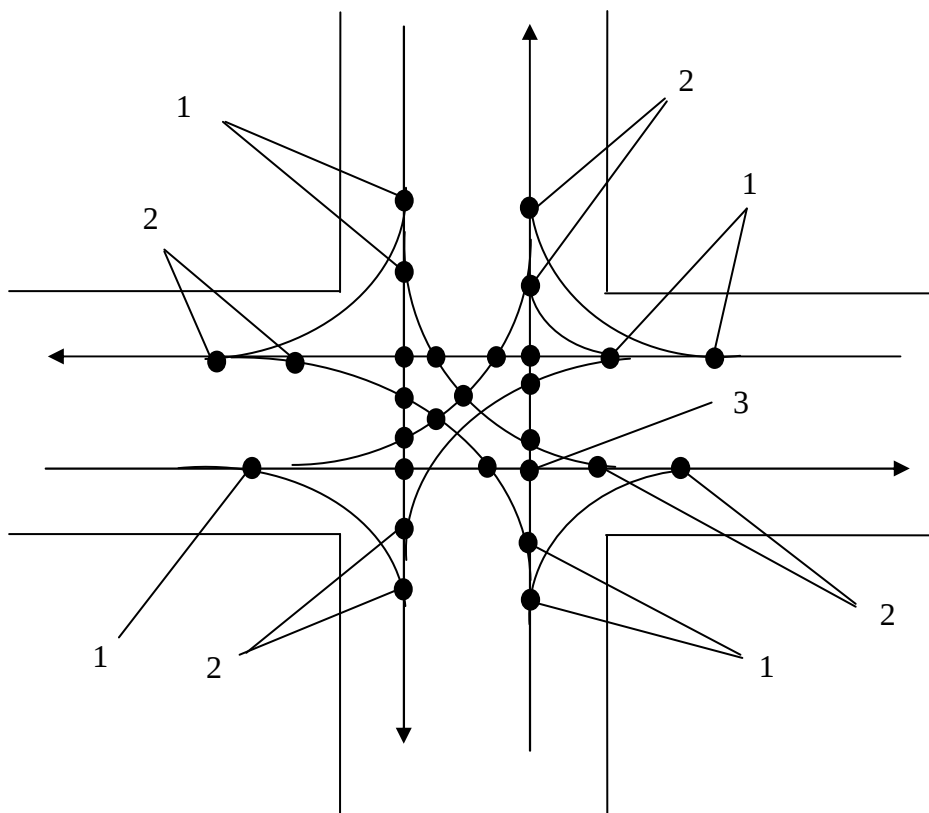
Види конфліктних точок [11, 14, 25]

Вид маневру	Схема взаємодії потоків			
Відхилення				
Злиття				
Перетинання				

Так оцінка складності перехрестя за п'ятибальною системою заснована на обчисленні показника складності [11]

$$m = \sum n_{\epsilon} + 3 \sum n_{\text{з}} + 5 \sum n_{\text{п}}, \quad (3.23)$$

де n_{ϵ} , $n_{\text{з}}$, $n_{\text{п}}$ – відповідно кількість конфліктних точок відхилення, злиття, перетинання. При цьому відхилення оцінюють 1 балом, злиття – 3 і перетинання – 5.



де – 1, 2, 3 конфліктні точки: 1 – відхилення; 2 – злиття; 3 – перетинання

Рис. 3.10 – Конфліктні точки на нерегульованому перехресті

Якщо $m < 40$, то вузол простий; якщо $40 < m < 80$ – вузол середньої складності; якщо $80 < m < 150$ – вузол складний, а при $m > 150$ – дуже складний [11].

Взаємодія транспортних засобів на дорогах є складним явищем. Спрощені оцінки конфліктних ситуацій не дозволяють визначати небезпеки перетину з урахуванням інтенсивностей руху. Більш точною для оцінки складності перехрестя є формула (3.24). Ця формула дає можливість оцінити складність перехрестя з урахуванням інтенсивності руху. При цьому вірогідність зіткнень транспортних засобів при маневрах пропорційна інтенсивності руху взаємодіючих транспортних потоків [25].

$$m = \sum n_{\sigma} \sigma_{N_{\sigma}} + 3 \sum n_z \sigma_{N_z} + 5 \sum n_n \sigma_{N_n}, \quad (3.24)$$

де $\sigma_{N_{\sigma}}$, σ_{N_z} , σ_{N_n} – коефіцієнти, що враховують вплив інтенсивності транспортних потоків в конфліктних ситуаціях: відхилення, злиття, перетинання [25].

$$\sigma_N = K \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} M_i M_j, \quad (3.25)$$

де K – коефіцієнт пропорційності;

M_i – інтенсивність i -го конфліктуючого напрямку;

M_j – інтенсивність j -го конфліктуючого напрямку.

Якщо перехрестя складне чи дуже складне і небезпечне чи дуже небезпечне, необхідно передбачити заходи щодо підвищення безпеки руху. Можна запропонувати наступні заходи: встановити дорожні знаки і світлофори, нанести додаткову дорожню розмітку, передбачити одnobічний рух чи перетинання в різних рівнях (якщо це можливо) [14].

Безпека руху на транспортних розв'язках залежить від схеми руху транспортних потоків. Небезпеку для руху представляють зони де можливі кон-

флікти між транспортними потоками. На транспортних розв'язках є два типи таких зон – розділення потоків і злиття. Найнебезпечнішими є конфліктні точки розділення потоків. Різниця в швидкостях руху прямого і повертаючого потоків досить значна, тому що повертаючі автомобілі починають зниження швидкостей руху ще в основному потоці. Якщо це зниження перевищує 20% від швидкості руху основного потоку то рух стає небезпечним. Практика показує, що перехідно-швидкісні смуги знижують небезпеку конфліктних точок розділення потоків в 1,5–2,0 рази [1, 14].

Ступінь небезпеки перетинання оцінюють показником безпеки руху k_a . Він характеризує очікувану кількість ДТП на 10 млн. автомобілів, які пройшли через перетин дороги [14]

$$k_a = \frac{M \cdot 10^7 \cdot k_p}{(N_1 + N_2) \cdot 25}, \quad (3.26)$$

де $M = \sum_{i=1}^n T_i$ – ймовірна кількість ДТП на перетинанні за один рік (де n – число конфліктних точок на перетинанні, T_i – ступінь небезпеки кожної конфліктної точки);

N_1 – сумарна інтенсивність на головній дорозі, авт./доб.;

N_2 – сумарна інтенсивність на другорядній дорозі, авт./доб.;

k_p – коефіцієнт річної нерівномірності руху.

Безпечним перехрестя вважається, якщо $T_i < 3$; мало безпечним, якщо $T_i = 3,1 \dots 8,0$; небезпечним, якщо $T_i = 8,1 \dots 12$; дуже небезпечним, якщо $T_i > 12$.

Ступінь небезпеки кожної конфліктної точки залежить від інтенсивності руху транспортних потоків [14]:

$$T_i = k_i (N'_s + N''_s) \cdot k_p \cdot 10^{-7}, \quad (3.27)$$

де $N'_s + N''_s$ – інтенсивність руху пересічних транспортних потоків, авт./доб. у конфліктній точці;

k_i – відносна аварійність конфліктних точок на перехрестях.

Небезпека точок злиття викликана різницею швидкостей прямого і повертаючого потоків. Проте питання пріоритетності руху в цих конфліктних точках вирішене чітко і однозначно – перевагу проїзду мають транспортні засоби, що рухаються в прямому напрямі. Тому виїзд повертаючого автомобіля практично не буває несподіваним: водій основного напрямку майже завжди має можливість уникнути наїзд на автомобіль, що вливається. Винятки становлять випадки підвищеної ковзкості проїзної частини в певні періоди року, грубих порушень правил дорожнього руху водіями повертаючих автомобілів і неувважності водіїв основного напрямку.

Безпека руху в прямому напрямі на транспортних розв'язках залежить від швидкості руху. Якщо зниження швидкості викликане плануванням розв'язки і не перевищує 20% то умови руху в прямому напрямі в зоні транспортної розв'язки безпечні. Це положення розповсюджується на смуги руху, не пов'язані з входом і виходом повертаючих потоків. За показником T (3.27) оцінюється складність перехрестя. Однак така оцінка не враховує інтенсивності транспортних потоків, що досить важливо. Тому вводять показник – індекс інтенсивності [18], що розраховується за формулою

$$\delta = 0,01 \cdot (N_1 + N_2), \quad (3.28)$$

де N_1 і N_2 – інтенсивності потоків, що конфліктують.

Але навіть при такому підході, якщо одна з інтенсивностей дорівнює нулю то запропонована методика залишає ступінь конфлікту, хоча в реальності конфліктної ситуації не існує.

Один з методів удосконалення методики конфліктних точок запропонований проф. Клинковштейном Г.І. [11]. Цей метод базується на використанні

модифікованого показника конфліктного завантаження, який обчислюється за формулою

$$M = \sum_{i=1}^n N_i^{\partial p} P_i, \quad (3.29)$$

де $N_i^{\partial p}$ – інтенсивність транспортних засобів на i –му другорядному напрямку, авт./год.;

P_i – імовірність наявності перешкод у будь-який момент часу для руху транспортних засобів в i – му другорядному напрямі;

n – загальна кількість другорядних напрямів на перехресті.

В загальному випадку транспортні засоби, які проходять перехрестя в i – му другорядному напрямі мають декілька конфліктних точок, де потік, який конфліктує є пріоритетом. Тому ймовірність P_i доцільно обчислювати за формулою [18]

$$p_i = 1 - \prod_{j=1}^{m_i} q_j(N_j^{\text{zol}}, t_j^{\partial p}), \quad (3.30)$$

де m_i – кількість зазначених конфліктних точок;

$q_j(N_j^{\text{zol}}, t_j^{\partial p})$ – ймовірність того, що будь-який інтервал між транспортними засобами в потоці з інтенсивністю N_j^{zol} на головному напрямі не менше граничного значення інтервалу, який придатний для здійснення відповідного маневру транспортного засобу з другорядного напрямку $t_j^{\partial p}$.

Таким чином розраховується сумарний показник конфліктного завантаження, що дозволяє зробити певний висновок про потенційну конфліктність перехрестя. Автори констатують, що рішення про заборону окремих напрямів повинно прийматись, виходячи з вимоги зниження показника M до придатного рівня. Однак, яким чином знижувати показник M , і який рівень вважається

придатним не зазначається [18]. Така оцінка складності перехрестя, яка враховує тільки характеристики транспортного потоку не дає повної картини для вибору керуючих впливів, тому що перехрестя – складна система, що характеризується не тільки процесом руху, а також багатьма іншими факторами: дорожні умови, існуюча забудова, видимість, схема ОДР і ін.

В роботі [25] автор запропонував врахувати пішохідні потоки за допомогою введення кількох показників відносної небезпеки:

$$K_1 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i k_i}{A \sum_{j=0}^m N_j l_j}; \quad (3.31)$$

$$K_2 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i k_i}{N_j l_j}; \quad (3.32)$$

$$K_3 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i k_i}{U l_j}, \quad (3.33)$$

де K_i – показники відносної небезпеки;

R_i – кількість ДТП по окремим групам в рік;

k_i – важкість ДТП окремих груп;

N_i – обсяги руху транспорту, авт./год.;

l_i – довжина вулиць, які проходять по району;

A – кількість мешканців району, тис.;

M – множник для приведення відносного показника до зручного виду;

U – кількість порушників на 100 м. вулиці, люд./год.

Тобто вище приведені показники дозволяють оцінити ступінь потенційної небезпеки в районі міста з урахуванням пішохідного руху. Цей

метод вимагає проведення значного обсягу статистичних досліджень, і крім того величини, які є вихідними даними, мають тенденцію дуже швидко змінюватися (наприклад, кількість мешканців району), що призводить до частого повторення процесу обчислення показника K . Слід також зазначити, що частіше виникає завдання визначення потенційної небезпеки конкретного перехрестя, що робить не досить зручним використання цього методу.

Більш повний метод дослідження запропонований проф. Лобановим Є.М. [14]. Оцінка БР на перехрестях за допомогою цього методу, базується на використанні результатів аналізу статистичних даних про ДТП. Цей метод побудований на тому, що кожна з конфліктних точок на перехресті представляє тим більшу небезпеку, чим більше інтенсивність транспортних потоків, які перетинаються у цій точці. Для міських транспортних розв'язок, крім небезпеки конфліктних точок, також необхідно оцінювати безпеку пішохідного руху.

Вихідні дані

Вихідні дані подані у дод. Г.

Завдання

1. Розрахувати ступінь небезпеки кожної i -ї конфліктної точки регульованого перехрестя.
2. Розрахувати ступінь небезпечності перехрестя.
3. Розрахувати можливу кількість ДТП.
4. Зробити висновок про небезпечність перехрестя.

1. Аналіз конфліктних точок виконують з метою оцінки і прогнозування аварійності на перехрестях. На регульованих перехрестях переважають два види ДТП: наїзд на автомобіль, що різко зупинився, і зіткнення з автомобілем, що рухався на забороняючий сигнал світлофору. Для визначення ступеня небезпеки перехрестя зі світлофорним регулюванням спочатку необхідно виявити кількість конфліктних точок різноманітних типів у кожній фазі регулювання. З цією метою слід зобразити схему перехрестя, вказавши на ній траєкторію дозволених маневрів і ряди руху. Встановивши характер взаємодії потоків, можна розрахувати ступінь небезпеки кожної i -ї конфліктної точки регульованого перехрестя [14]:

$$g_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-2}, \quad (3.34)$$

де K_i – відносна аварійність (небезпека) конфліктної точки, ДТП / 10^6 авт. Значення K_i приймаються за допомогою табл. Г.4. [14].;

M_i, N_i – інтенсивності пересічних потоків у даній точці, авт./год.

2. Можливе число наїздів на автомобілі при підході до стоп-лінії визначають за формулою [14]

$$g_H = K_H \cdot (M_{\text{тсум}} + N_{\text{тсум}}) \cdot 10^{-2}, \quad (3.35)$$

де $K_H = 0,012425$ – небезпека наїздів біля стоп-лінії, ДТП / 10^6 авт. [14];

$M_{\text{тсум}}, N_{\text{тсум}}$ – сумарні годинні інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./год.

Можливу кількість ДТП на перехресті за рік без урахування ДТП із пішоходами розраховують за залежністю [14]

$$G_p = -0,468 + g_H + \sum_{i=1}^n g_i, \quad (3.36)$$

де n – кількість точок, де конфліктують транспортні потоки.

Можлива кількість ДТП із пішоходами на перехресті за рік [14]

$$G_{II} = 0,0025 + 0,00092 \sum_{i=1}^n \left(N_{Ti} \cdot \sqrt[4]{N_{IIi}} \right), \quad (3.37)$$

де N_{Ti} – годинна інтенсивність руху транспортних потоків у конфліктній точці пішохідного переходу, авт./год.;

N_{IIi} – годинна інтенсивність руху пішоходів у конфліктній точці пішохідного переходу, піш./год.;

k – кількість точок, де конфлікують транспортні та пішохідні потоки.

Загальна кількість ДТП на перехресті за рік [14]

$$G = G_p + G_{II}. \quad (3.38)$$

3. Ступінь небезпечності перехрестя (K_a), яким оцінюють рівень забезпечення безпеки руху на перехресті розраховують за формулою [14]

$$K_a = \frac{G \cdot K_p \cdot 10^7}{25 \cdot (M_{\text{сум}} + N_{\text{сум}})}, \quad (3.39)$$

де $M_{\text{сум}}, N_{\text{сум}}$ – добові інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./доб.

Визначити $M_{\text{сум}}, N_{\text{сум}}$ можливо за допомогою коефіцієнта нерівномірності руху протягом доби – k_n (рекомендується прийняти $k_n = 0,1$), [14].

$$M_{\text{сум}} = \frac{M_{\text{тсум}}}{k_H}; \quad (3.40)$$

$$N_{\text{сум}} = \frac{N_{\text{тсум}}}{k_H}. \quad (3.41)$$

4. Висновки про небезпеку перехрестя роблять за значенням K_a . Якщо $K \leq 3$, то перехрестя не небезпечне; якщо $3 < K \leq 8$ – перехрестя мало небезпечне; якщо $8 < K \leq 12$ – перехрестя небезпечне; якщо $K > 12$ – перехрестя дуже небезпечне [14].

Наприклад для перехрестя (рис. 3.11–3.12) ступінь небезпеки кожної конфліктної точки, можливе число наїздів на автомобілі при підході до стоп-лінії, можлива кількість ДТП на перехресті за рік без урахування ДТП із пішоходами, загальна кількість ДТП та ступінь небезпечності перехрестя становлять:

$$g_1 = 0,0001 \cdot 60 \cdot 850 \cdot 10^{-2} = 0,51;$$

$$g_2 = 0,000048 \cdot 60 \cdot 850 \cdot 10^{-2} = 0,2448;$$

$$g_3 = 0,0001 \cdot 60 \cdot 730 \cdot 10^{-2} = 0,438;$$

$$g_4 = 0,000048 \cdot 80 \cdot 730 \cdot 10^{-2} = 0,28032;$$

$$g_5 = 0,000968 \cdot 80 \cdot 90 \cdot 10^{-2} = 0,69696;$$

$$g_6 = 0,000048 \cdot 510 \cdot 90 \cdot 10^{-2} = 0,22032;$$

$$g_7 = 0,0001 \cdot 510 \cdot 150 \cdot 10^{-2} = 0,765;$$

$$g_8 = 0,000048 \cdot 590 \cdot 150 \cdot 10^{-2} = 0,4248;$$

$$g_9 = 0,0001 \cdot 590 \cdot 90 \cdot 10^{-2} = 0,531.$$

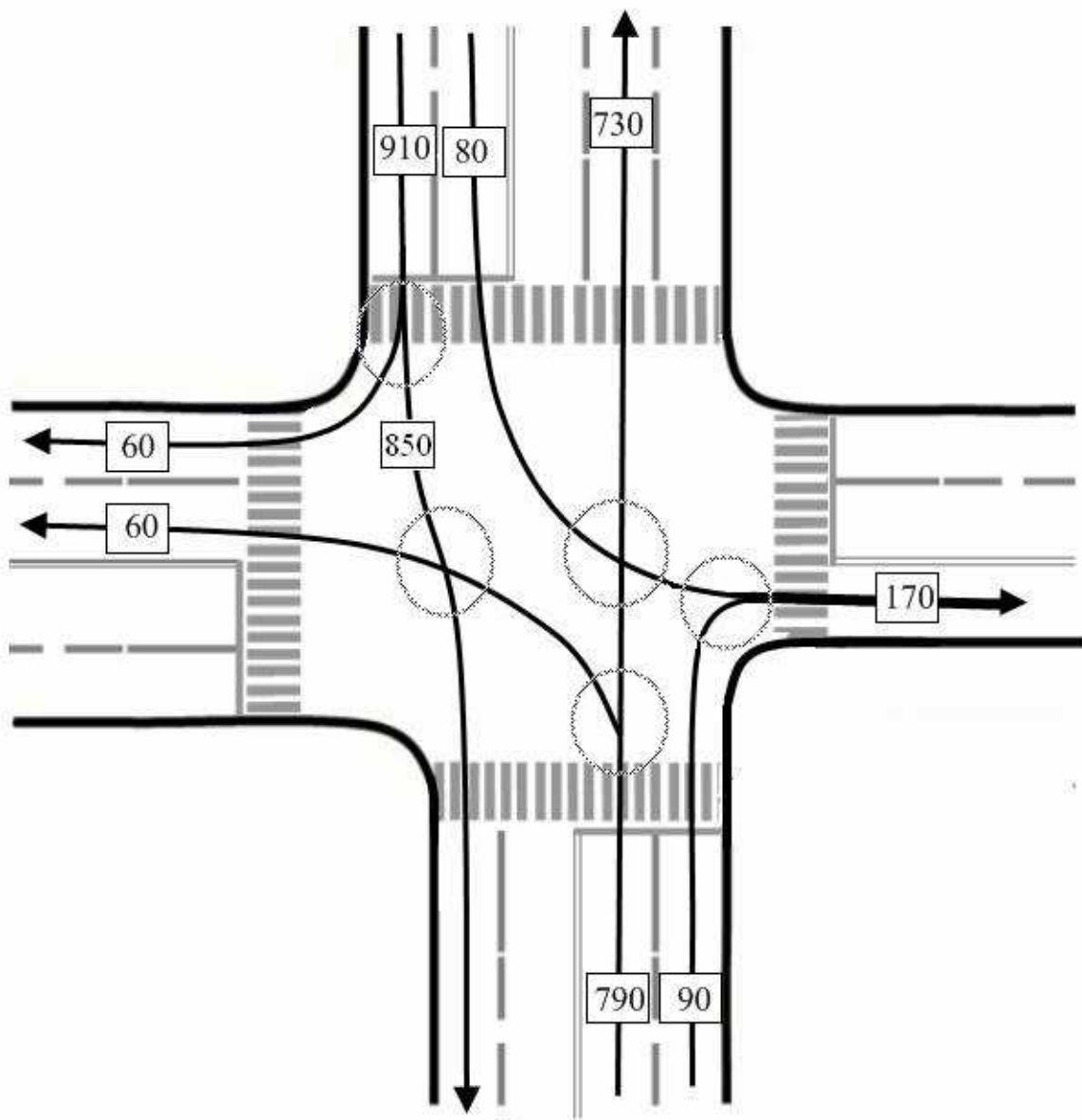
$$g_n = 0,012425 \cdot (1870 + 1530) \cdot 10^{-2} = 4,2245 \approx 4.$$

$$G_p = -0,468 + 4,2245 + 4,1112 = 7,8677;$$

$$G_{II} = 0,0025 + 0,00092 \cdot (200 \cdot \sqrt[4]{690} + 230 \cdot \sqrt[4]{820}) = 2,0771;$$

$$G = 7,891 + 2,0771 = 9,9448 \approx 10.$$

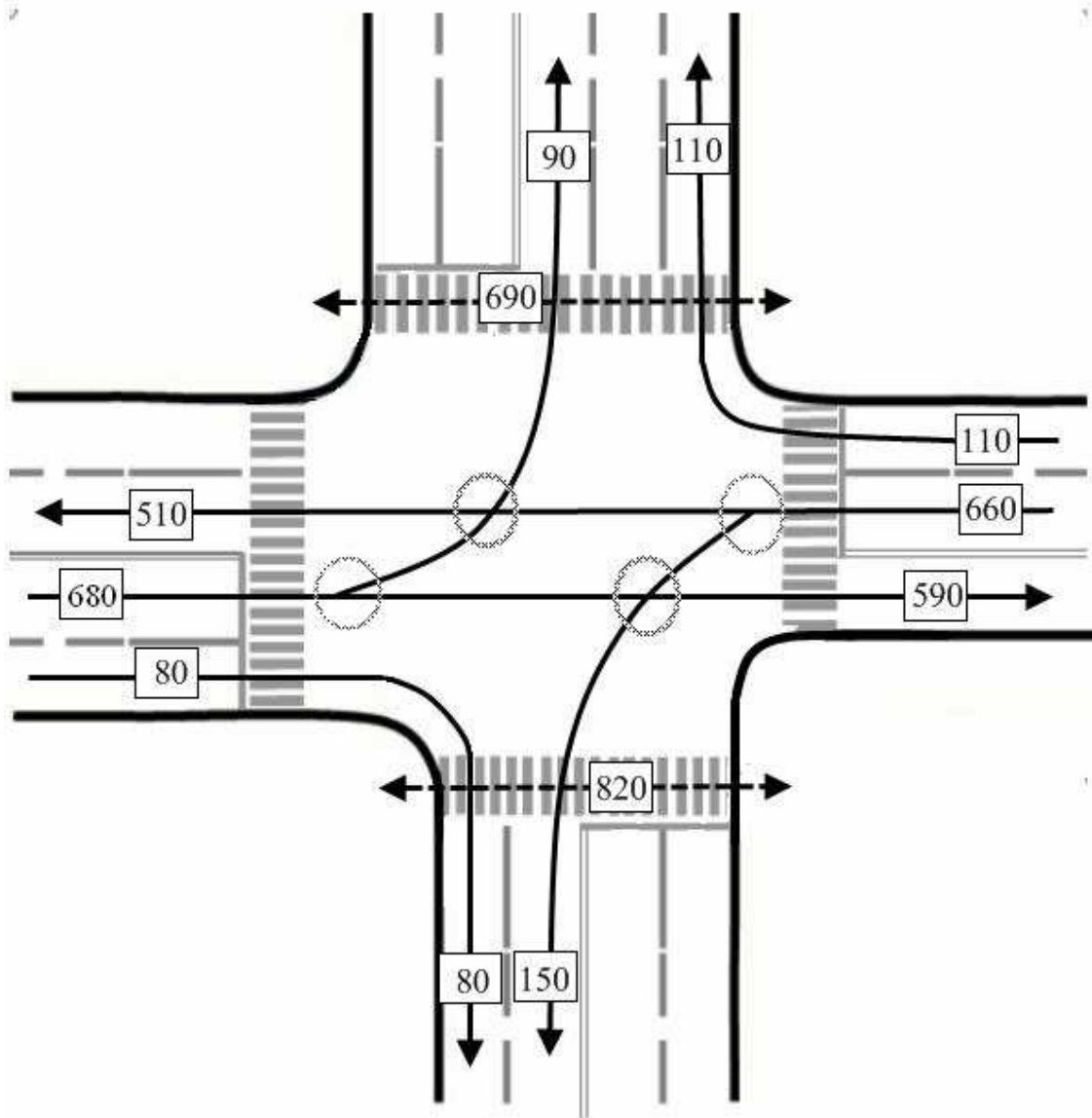
$$M_{cum} = \frac{1870}{0,1} = 18700.$$



Умовні позначення:

- - дозволені напрямки руху транспортних потоків;
- - конфліктні точки;
- 790 - інтенсивність руху транспортних (пішохідних) потоків, авт/год (піш/год).

Рис. 3.11 – Схема руху транспортних і пішохідних потоків у першій фазі регулювання



Умовні позначення:

- ▶ - дозволені напрямки руху транспортних потоків;
- -▶ - дозволені напрямки руху пішохідних потоків;
- - конфліктні точки;
- 790 - інтенсивність руху транспортних (пішохідних) потоків, авт/год (піш/год).

Рис. 3.12 – Схема руху транспортних і пішохідних потоків у другій фазі регулювання

$$N_{\text{сум}} = \frac{1530}{0,1} = 15300;$$

$$K_a = \frac{9,9448 \cdot 0,1 \cdot 10^7}{25 \cdot (18700 + 15300)} = 11,6998.$$

Отже $K_a = 11,6998$, це значення потрапляє в діапазон $8 < 11,6998 \leq 12$, тобто перехрестя відноситься до ряду небезпечних.

Питання для самоперевірки й контролю знань

1. Для чого потрібно прогнозувати ступінь небезпеки перехрестя?
2. Чим керуються при визначенні можливої кількості виникнення ДТП на перехресті?
3. За яким значенням роблять висновок про небезпеку перехрестя?
4. Які існують види конфліктних точок на перехресті?
5. Як визначити складність перехрестя?

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

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 визначається по останній цифрі номеру залікової книжки.

Таблиця Г.2

Інтенсивність транспортних потоків на перехресті, авт./год.

Транспортний потік	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₁	720	600	650	700	800	510	480	750	550	620
N ₂	770	640	580	670	600	590	480	720	800	680
N ₃	550	440	750	800	640	730	750	500	600	650
N ₄	830	800	780	900	710	850	840	640	560	530
N ₅	80	140	70	100	70	150	50	130	90	70
N ₆	60	80	40	160	40	90	100	80	70	150
N ₇	150	100	130	40	140	60	130	90	110	60
N ₈	70	80	100	70	90	80	90	60	140	80
N ₉	50	70	90	60	100	110	100	90	60	60
N ₁₀	70	90	60	90	100	80	80	70	90	90
N ₁₁	90	100	100	80	70	90	90	90	100	80
N ₁₂	80	110	110	100	80	60	100	100	80	110

Примітка: варіант визначається по передостанній цифрі номеру залікової книжки

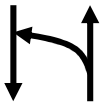
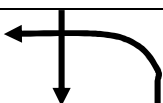
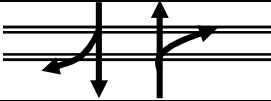
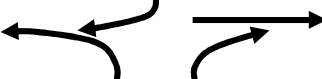
Таблиця Г.3

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 визначається по передостанній цифрі номеру залікової книжки

Відносна аварійність конфліктних точок на регульованих перехрестях [14]

Взаємодія потоків:	Схема руху	Значення K_i , ДТП/10 ⁶ авт.
1. Розділення потоків без перешкод із інших смуг руху		0,000100
2. Розділення лівого поворотного потоку при наявності перешкод із інших смуг руху		0,000102
3. Перетинання лівого поворотного потоку з потоком прямого напрямку		0,000048
4. Перетинання автомобільних потоків із трамвайним рухом		0,000207
5. Злиття на одній смузі транспортних потоків		0,000968

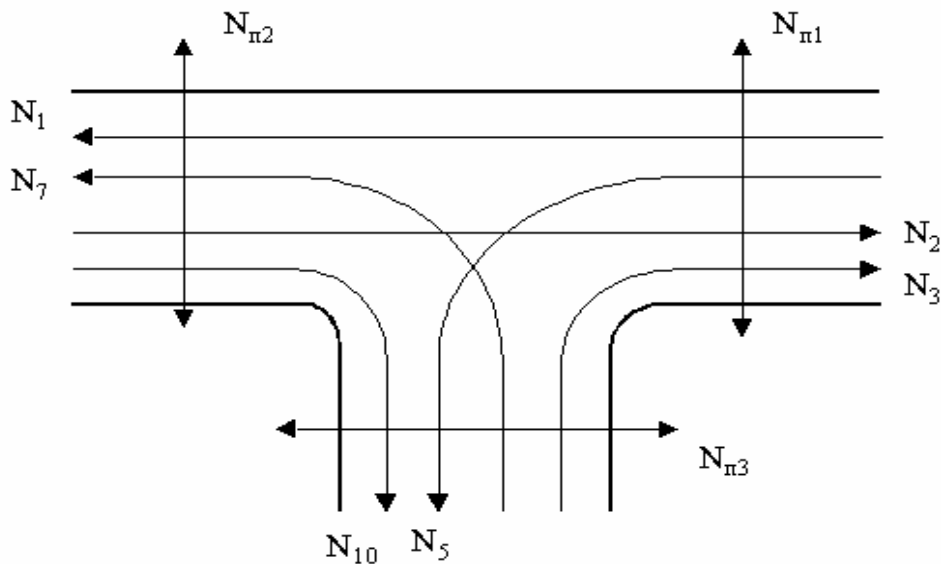


Рис. Г.1 – Варіант 1 схеми перехрестя

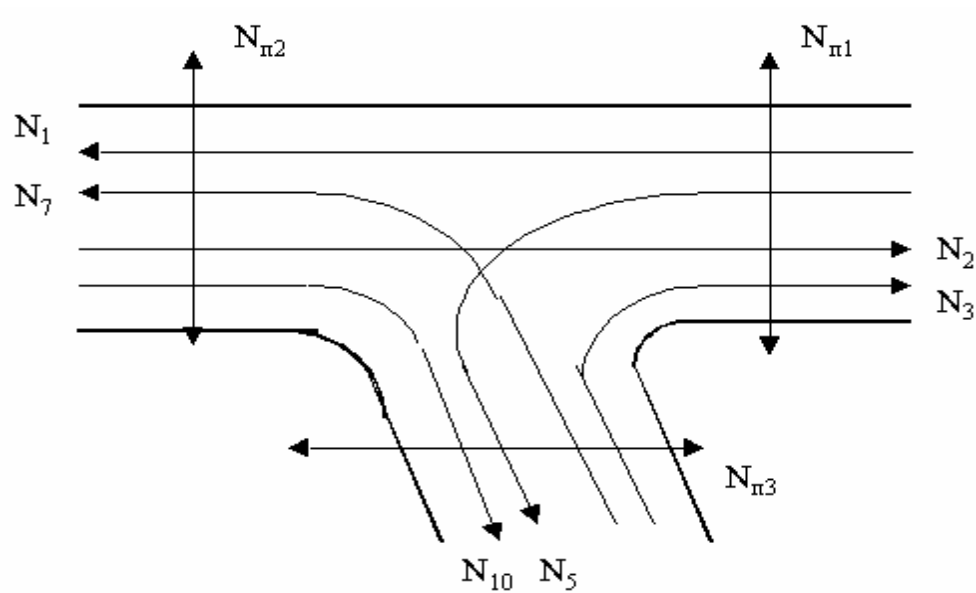


Рис. Г.2 – Варіант 2 схеми перехрестя

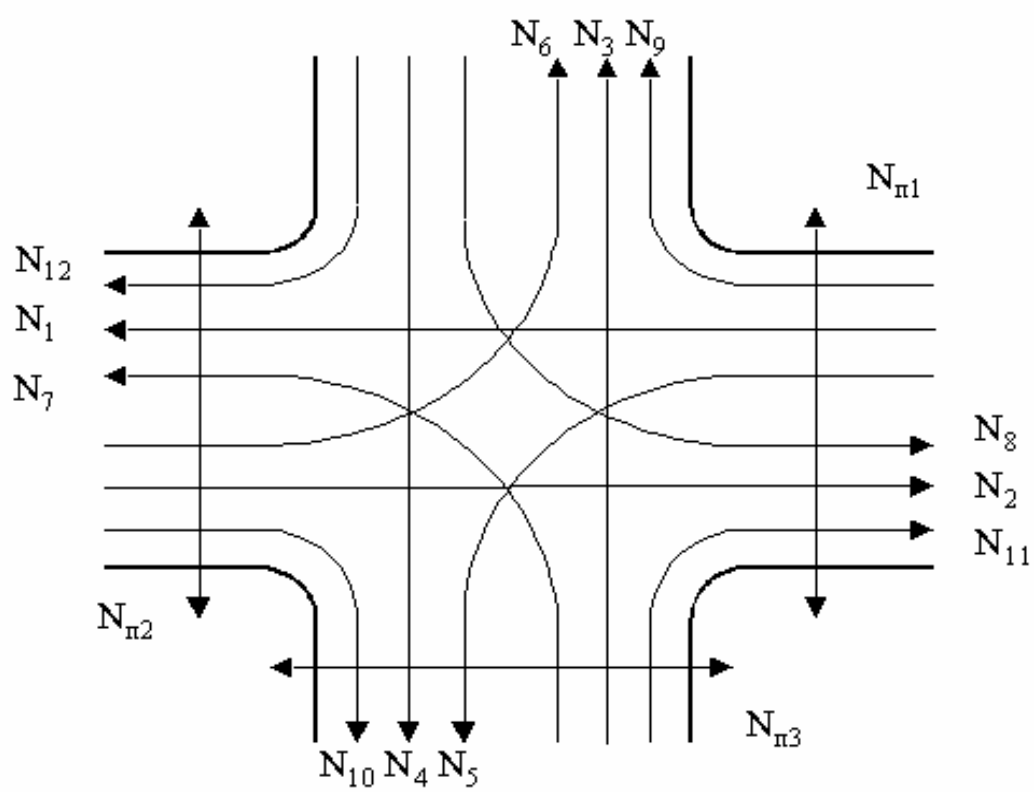


Рис. Г.3 – Варіант 3 схеми перехрестя

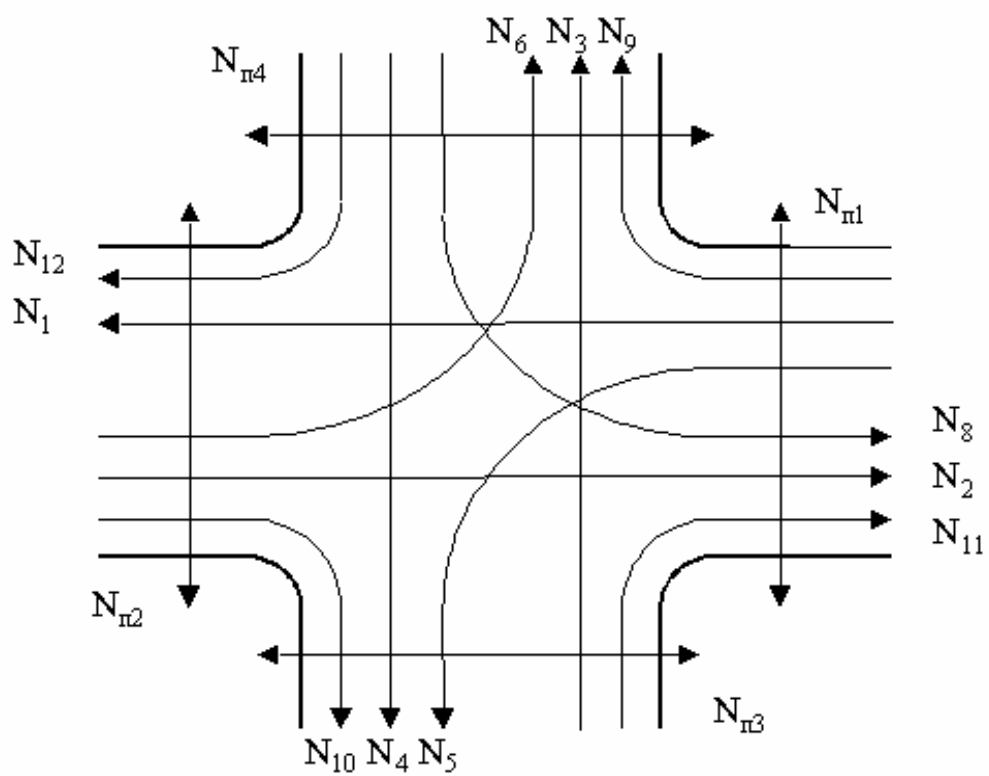


Рис. Г.4 – Варіант 4 схеми перехрестя

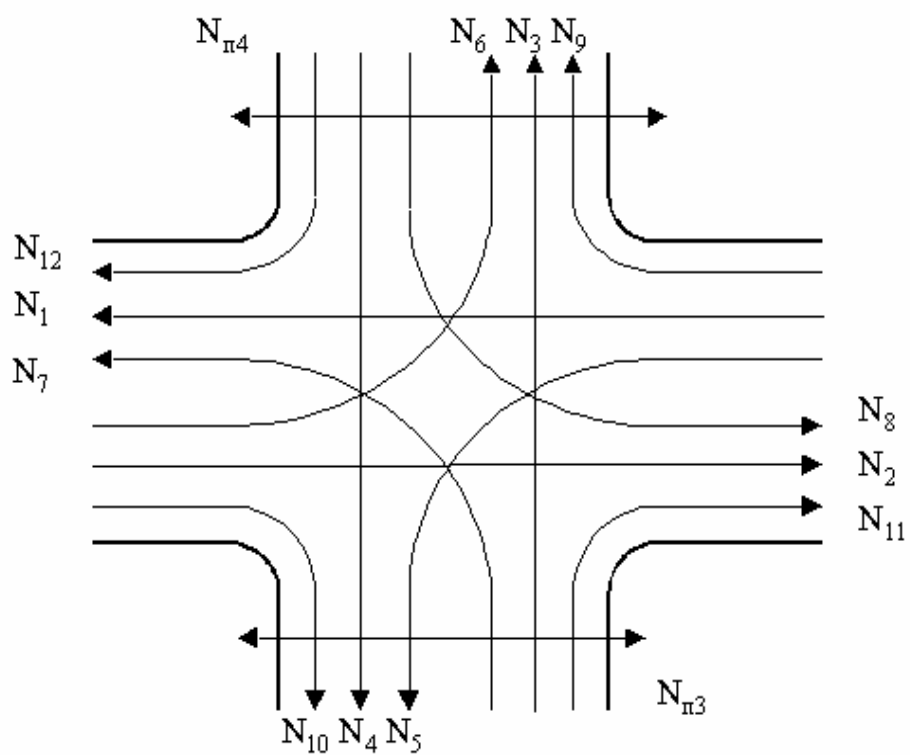


Рис. Г.5 – Варіант 5 схеми перехрестя

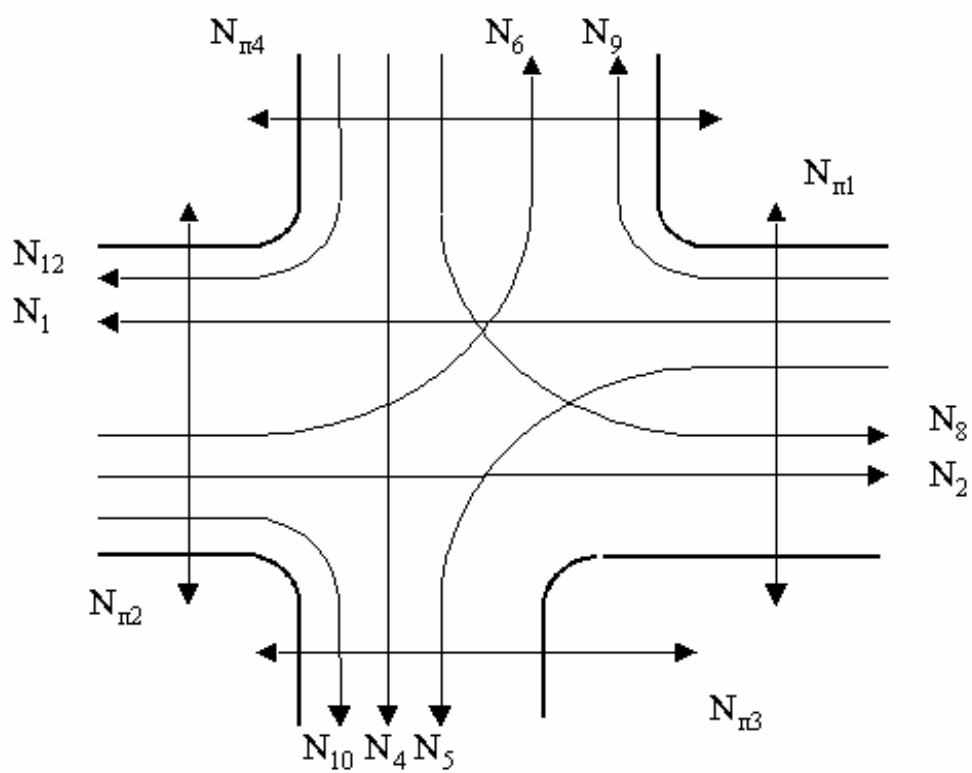


Рис. Г.6 – Варіант 6 схеми перехрестя

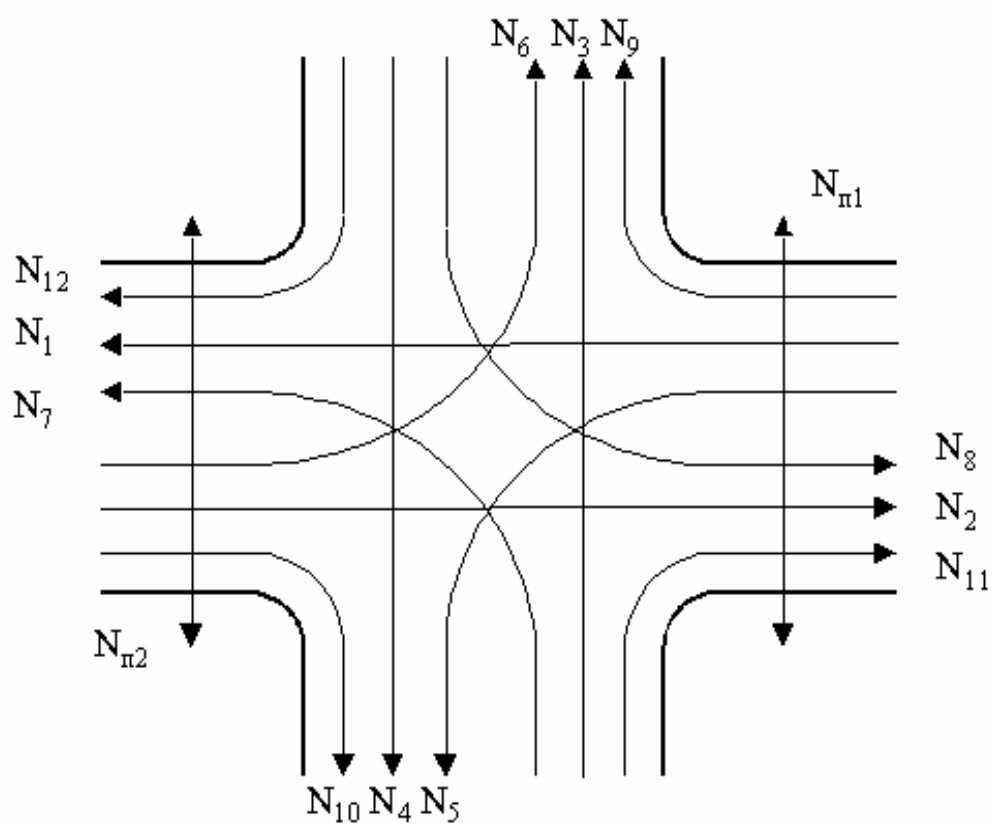


Рис. Г.7 – Варіант 7 схеми перехрестя

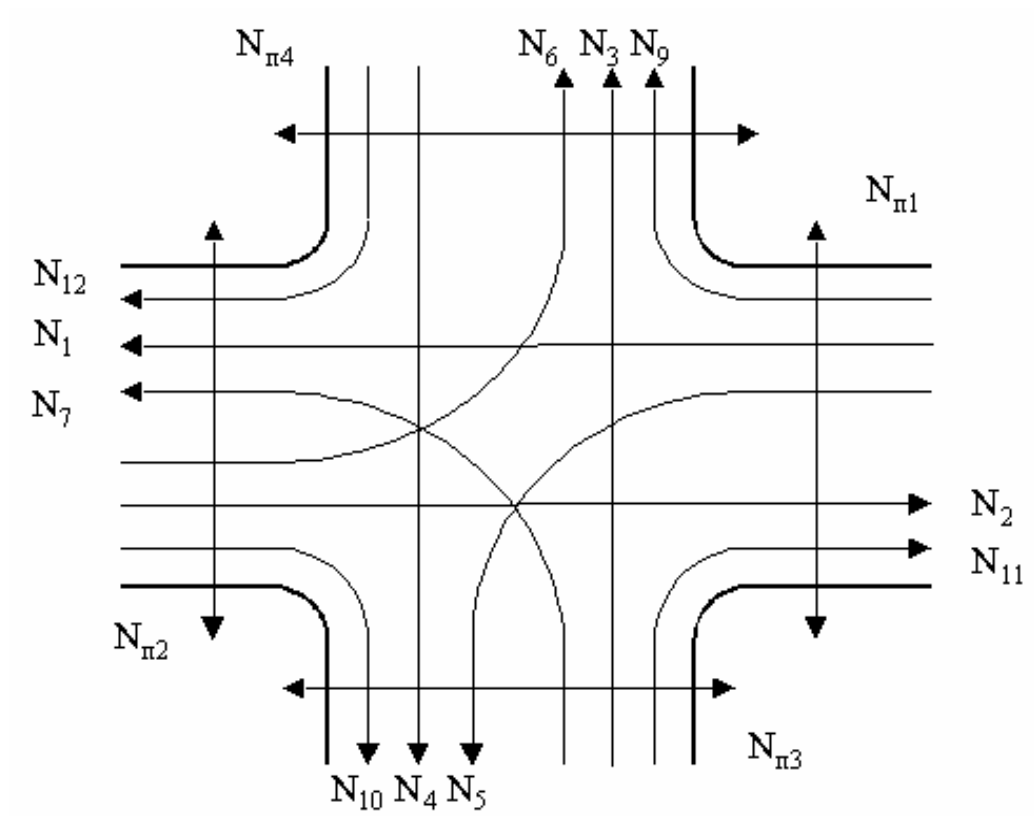


Рис. Г.8 – Варіант 8 схеми перехрестя

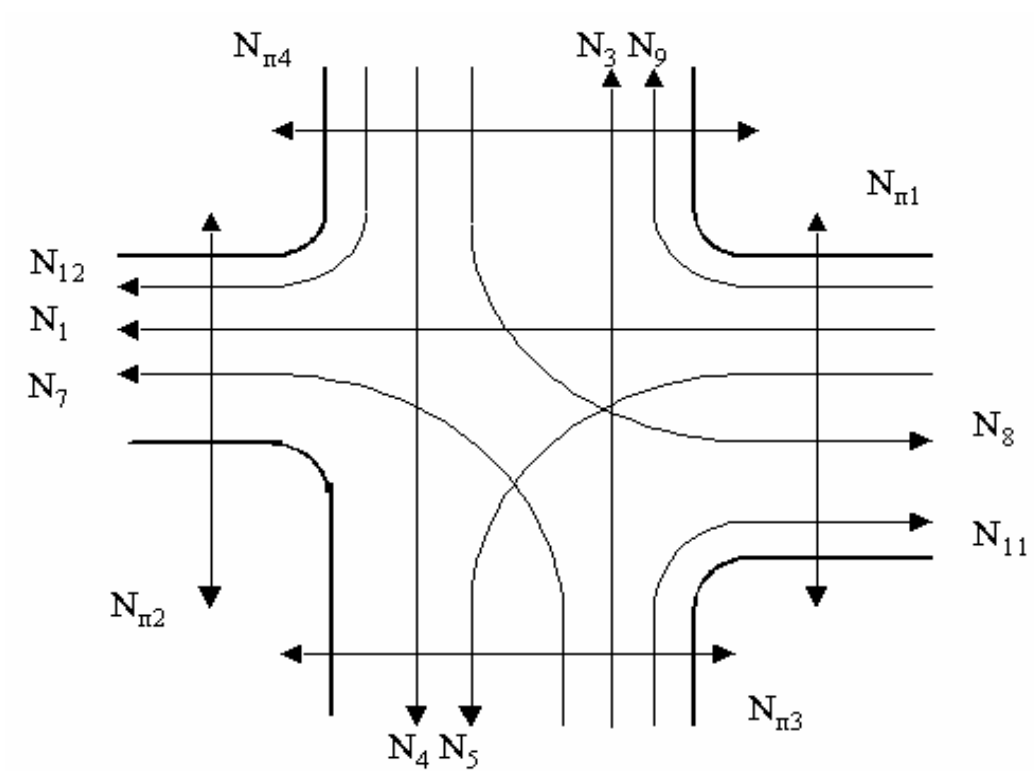


Рис. Г.9 – Варіант 9 схеми перехрестя

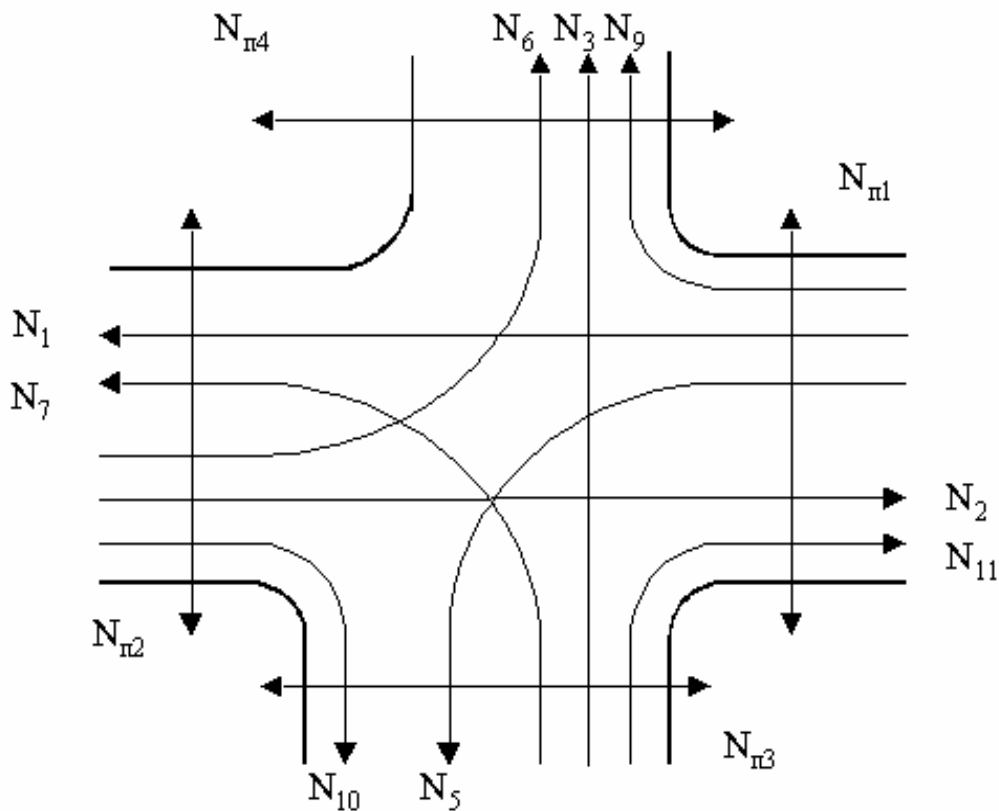


Рис. Г.10 – Варіант 0 схеми перехрестя

КАРТКА

для визначення потоків насичення

Місце розташування перехрестя _____

(назва вулиці, дороги)

Година проведення обліку з ____ до ____

День тижня _____ Дата «__» _____ 20__ р.

Прізвище І.Б. обліковця _____

Напрямок руху							
№1		№2		№3		№4	
m_z , од.	t_z , с.	m_z , од.	t_z , с.	m_z , од.	t_z , с.	m_z , од.	t_z , с.

Рис. Г.11 – Картка обстеження параметрів руху на перехресті