

РОЗДІЛ 4

ЖОРСТКЕ СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НА ІЗОЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ

4.1 Методика проектування жорсткого режиму світлофорного регулювання на ізольованому перехресті

За методикою, що наведена на рис. 4.1, проектується жорсткий режим роботи світлофорного регулювання на ізольованому перехресті. Результатом такого проектування повинні бути:

- 1) схема пофазного роз'їзду на перехресті;
- 2) циклограма роботи світлофорної сигналізації на перехресті;
- 3) схема організації дорожнього руху на перехресті.



Рисунок 4.1 – Основні етапи методики проектування режиму світлофорного регулювання на ізольованому перехресті

Вихідними даними при проектуванні режиму світлофорного регулювання на перехресті (етап 1) є планувальні й транспортні характеристики перехрестя:

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

- ширина проїзних частин, кількість й ширина смуг у кожному напрямку руху, ширина розділювальних смуг, радіуси закруглень на перехресті, ширина й розташування тротуарів, позовжній ухил на підходах до перехрестя;

- величина інтенсивності руху транспортних потоків за напрямками на перехресті й зміна її в часі, склад транспортних потоків, середня швидкість руху транспортних потоків на підходах і в зоні перехрестя, величина інтенсивності руху пішохідних потоків через перехрестя.

Методи вирішення задач на наступних етапах методики проектування режиму світлофорного регулювання на ізольованому перехресті розглянуті далі.

4.2 Обґрунтування доцільності введення світлофорного регулювання на перехресті

Аналіз нормативних документів і практики організації дорожнього руху на перехрестях у різних країнах світу дозволив виділити чотири групи умов, при яких доцільно вводити на перехресті світлофорне регулювання:

- 1) мінімальна інтенсивність руху транспортних потоків;
- 2) мінімальна інтенсивність руху пішоходів;
- 3) мінімальна кількість ДТП за певний проміжок часу;
- 4) комбінація умов, наведених у пунктах 1 – 3.

В діючому в Україні нормативі ДСТУ 4092-2002 [8] викладені офіційні нормативні положення про умови введення світлофорного регулювання. Надамо пояснення щодо застосування цих умов при обґрунтуванні доцільності введення світлофорного регулювання на перехрестях.

Умова 1. Встановлює значення середньогодинної приведенної інтенсивності руху (за 8 годин робочого дня) по головному і другорядному напрямках руху на перехресті, при одночасному перевищенні яких необхідно вводити світлофорне регулювання (рис. 4.2).

Умова 2. Встановлює значення середньогодинної приведенної інтенсивності руху транспорту (за 8 годин робочого дня) по головному (або по другорядному) напрямку руху на перехресті і значення розрахункової інтенсивності руху пішоходів, що перетинають головний (або другорядний) транспортний потік, при одночасному перевищенні яких необхідно застосовувати пішохідні світлофори для регулювання руху пішоходів по пішохідному переходу (рис. 4.3).

Умова 3. Якщо існує проміжок часу в 1-ну годину, протягом якого виконується умова 2, то на пішохідному переході необхідно застосовувати пішохідні світлофори.

Умова 4. Комбінація умов 1 і 2: якщо умови 1 і 2 одночасно виконуються за кожним із цих нормативів окремо не менш ніж на 80 %, то на перехресті доцільно вводити світлофорне регулювання.

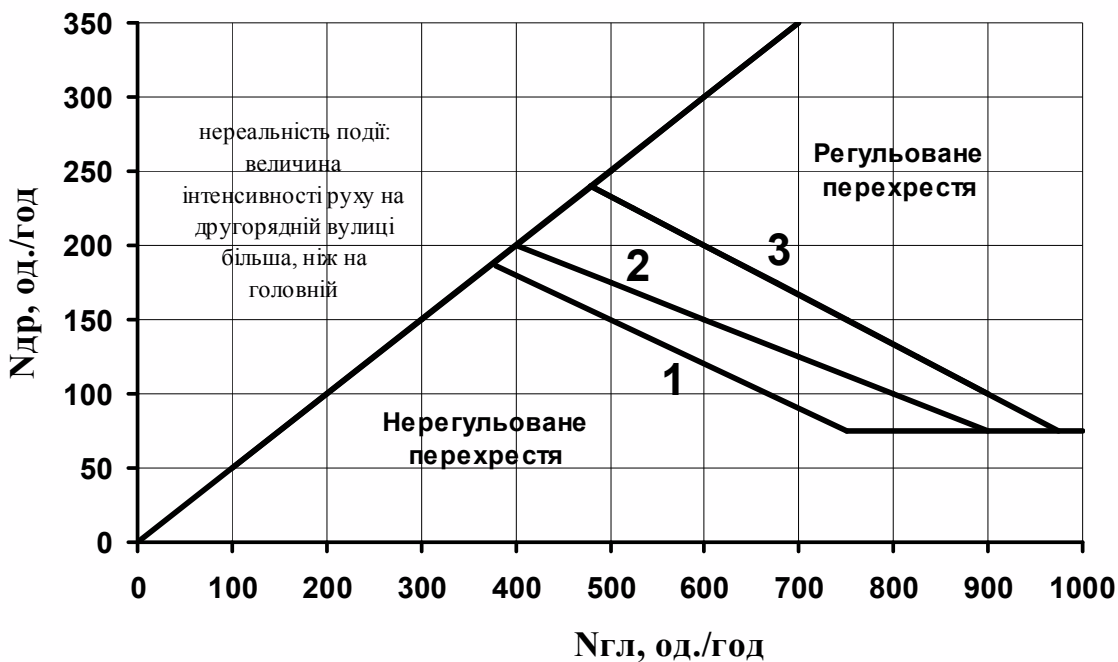


Рисунок 4.2 – Умова застосування світлофорного регулювання на перехрестях

$N_{гл}$ – середньогодинна приведена інтенсивність руху головною дорогою в обох напрямках, од./год; $N_{др}$ – середньогодинна приведена інтенсивність руху другорядною дорогою в одному, найбільш завантаженому напрямку, од./год; 1 – при одній смузі руху в одному напрямку по головній дорозі і одній смузі руху в одному напрямку по другорядній дорозі; 2 - при двох або більше смугах руху в одному напрямку по головній дорозі і одній смузі руху в одному напрямку по другорядній дорозі; 3 - при двох або більше смугах руху в одному напрямку по головній дорозі і двох або більше смугах руху в одному напрямку по другорядній дорозі.

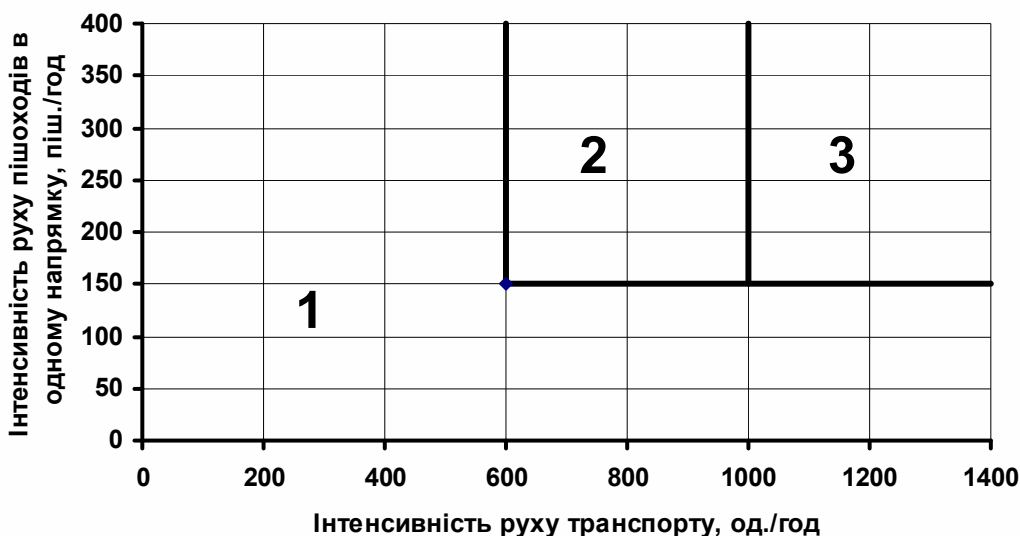


Рисунок 4.3 – Умова застосування пішохідних світлофорів для регулювання руху по пішохідному переходу на перехресті

1 – нерегульований пішохідний перехід; 2 – регульований пішохідний перехід через вулицю без розділювальної смуги; 3 - регульований пішохідний перехід через вулицю з розділювальною смугою

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

Умова 5. Встановлює мінімальну кількість ДТП, що скоєні протягом року, при якій доцільно вводити світлофорне регулювання на перехресті. А саме: за останні 12 місяців на перехресті було скоєно не менше трьох ДТП, яких можна було б запобігти за наявності на перехресті світлофорної сигналізації. До того ж умови 1 або 2 повинні виконуватись не менш ніж на 80 %.

Якщо б хоча б одна із цих п'яти умов виконується, то на перехресті доцільно вводити світлофорне регулювання. Але ці умови потрібно розглядати як орієнтовні. Остаточне рішення про організацію світлофорного регулювання на перехресті необхідно ухвалювати в результаті відповідного техніко-економічного обґрунтування.

4.3 Формування схеми пофазного роз'їзду на перехресті

4.3.1 Визначення кількості фаз світлофорного регулювання на перехресті

4.3.1.1 Загальні принципи визначення кількості фаз циклу світлофорного регулювання на перехресті

Однією з характеристик фази регулювання є проміжок часу, протягом якого на перехресті здійснюється рух певної групи транспортних і (або) пішохідних потоків. Отже, визначити кількість фаз регулювання – значить розбити всю сукупність існуючих (або прогнозованих) потоків на перехресті на певні групи. Кількість таких груп буде визначати кількість фаз регулювання.

На перехрестях всі транспортні й пішохідні потоки можна розділити на конфліктні й безконфліктні потоки.

Під конфліктними потоками розуміються такі, які при одночасному русі будуть взаємодіяти між собою в конфліктних точках. На перехрестях конфліктні точки класифікуються як точки перетинання, злиття й розгалуження транспортних потоків і точки перетинання транспортних і пішохідних потоків.

Безконфліктні потоки – такі потоки, які при одночасному їх русі не взаємодіють між собою у конфліктних точках (рис. 4.4).

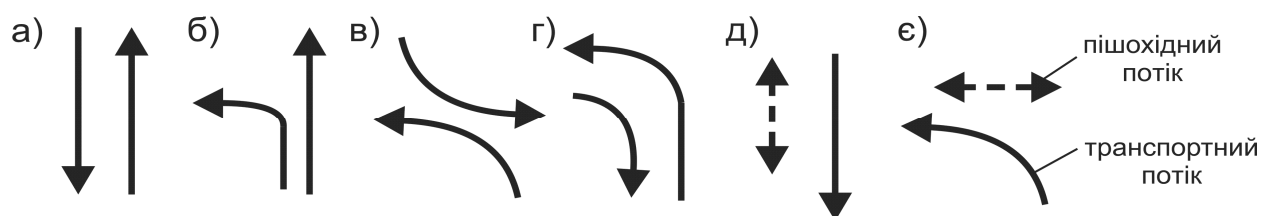


Рисунок 4.4 – Приклади безконфліктних потоків на перехресті

В ідеальному випадку, необхідно було б розбити всі потоки на перехресті на таку кількість груп, щоб у кожній із груп не було конфліктних потоків. Така постановка завдання правомірна з позицій безпеки руху – при введенні

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

світлофорного регулювання на перехресті не повинно бути ні однієї конфліктної точки. Разом з тим повне розділення потоків приводить до збільшення кількості фаз. При цьому збільшується тривалість циклу світлофорного регулювання, зростає непродуктивна складова циклу світлофорного регулювання – сумарна тривалість проміжних тактів, і, як наслідок, збільшується середній час затримки транспортних засобів і знижується можливість пропуску транспортних потоків по головних напрямках руху на перехресті. Тому вибір оптимальної кількості фаз регулювання є завжди компромісним завданням – кількість фаз повинна бути такою, щоб було забезпечене оптимальне співвідношення показників безпеки руху й затримок транспортних засобів на перехресті.

Мінімальна кількість фаз дорівнює двом. Цикли, що складаються із чотирьох або п'яти фаз, є небажаними, що пов'язано зі зниженням пропускну здатності перехрестя. Їх можна застосовувати лише у виняткових випадках і тільки при наявності резерву пропускну здатності магістралей, що перехрещуються. Звичайно, щоб уникнути чотирьох фаз і більше, виключають пішохідний рух на перехресті шляхом будівництва позавуличних пішохідних переходів, забороняють окремі маневри на перехресті, організують лівоповоротний рух або методом «віднесеного лівого повороту», або методом «віднесеного пішохідного переходу», або методом «об'їзду кварталу».

Виходячи із прагнення до мінімізації кількості фаз у циклі регулювання, всі конфліктні потоки на регульованому перехресті можна розділити на: неприпустимі, припустимі й припустимі за певних умов.

До неприпустимих конфліктних потоків відносять: прямі потоки, які взаємодіють у конфліктних точках перетинання (рис. 4.5 а й 4.5 б); одночасний рух лівоповоротних транспортних потоків (рис. 4.5 в); одночасний рух лівоповоротного транспортного потоку із прямим зустрічним транспортним потоком по вулиці, на яку виконується лівий поворот (рис. 4.5 г); одночасний рух право- або лівоповоротного транспортного потоку з пішохідним потоком через проїзну частину, з якої виконується поворот (рис. 4.5 д і 4.5 е); одночасний рух двох або більше потоків в одному напрямку з їх злиттям на одній смузі на виїзді з перехрестя (рис. 4.5 ж). Неприпустимі конфліктні потоки повинні бути розведені в різні фази регулювання.

До припустимих конфліктних потоків відносять транспортні потоки, які взаємодіють у конфліктних точках розгалуження (рис. 4.6). Припустимі конфліктні потоки можуть перебувати в одній фазі регулювання.

Можливі схеми припустимих за певних умов конфліктів на регульованих перехрестях представлені на рис. 4.7.

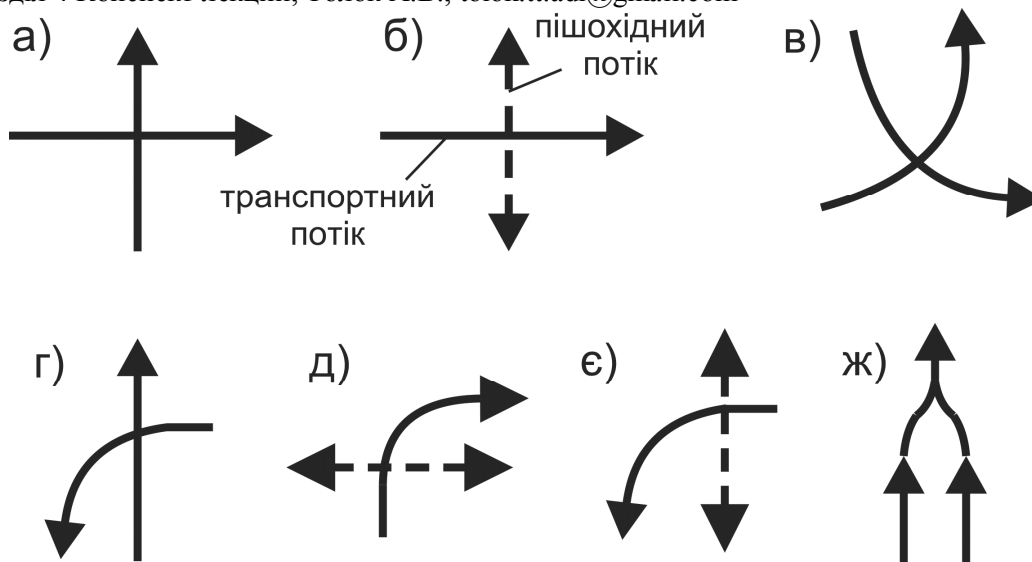


Рисунок 4.5 – Неприпустимі схеми конфліктів на регульованому перехресті

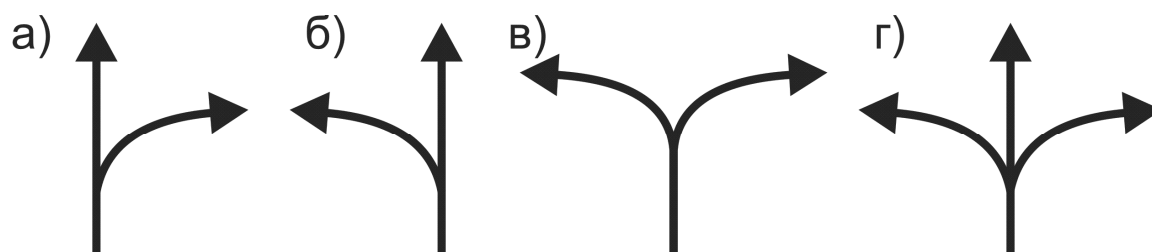


Рисунок 4.6 – Припустимі схеми конфліктів на регульованому перехресті

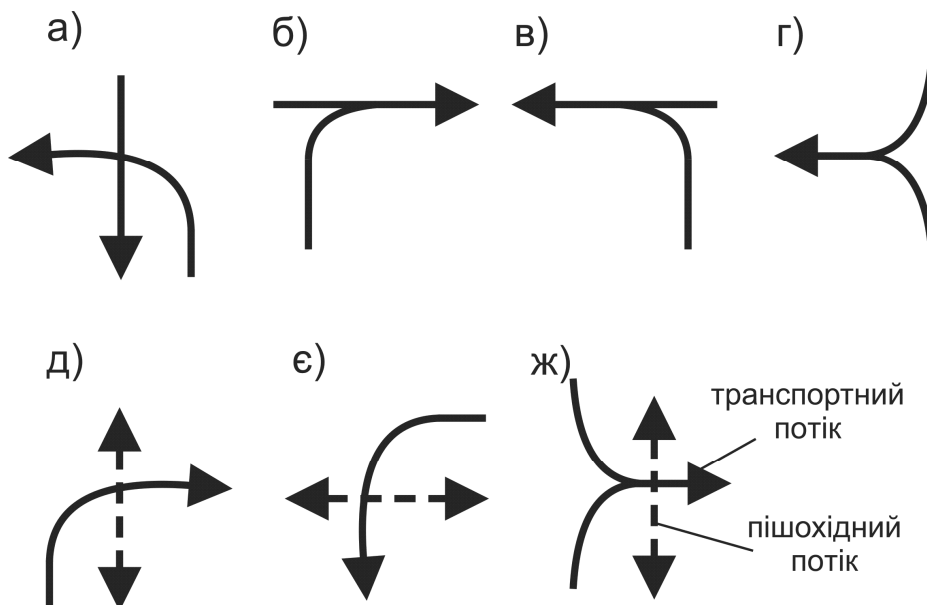


Рисунок 4.7 – Припустимі за певних умов схеми конфліктів на регульованому перехресті

4.3.1.2 Умови допустимості одночасного руху конфліктуючих потоків в одній фазі світлофорного регулювання

Умова допустимості конфлікту при одночасному русі прямого і зустрічного лівоповоротного транспортних потоків (рис. 4.7 а) наступна [10]:

$$N_{л} = \frac{120\kappa_1 N_{1max}}{N_2}, \quad (4.1)$$

де $N_{л}$ – максимально допустима інтенсивність лівоповоротного потоку у приведених одиницях, *од./год.*; далі за текстом, якщо одиницею виміру інтенсивності руху транспортного потоку є *од./год.*, то це приведена інтенсивність руху транспортного потоку;

κ_1 – коефіцієнт багатосмуговості; для однорядного лівоповоротного потоку $\kappa_1 = 1$, для дворядного – $\kappa_1 = 1,8$, для трирядного – $\kappa_1 = 2,46$;

N_{1max} – приведена інтенсивність транспортного потоку, узятая за основу розрахунку тривалості фази світлофорного регулювання, для якої перевіряється допустимість конфлікту (як правило, це максимальна з приведених інтенсивностей транспортного потоку по смугах, рух якими передбачений у даній фазі), *од./год.*;

N_2 – приведена інтенсивність транспортного потоку у зустрічному прямому напрямку, що конфліктує з лівоповоротним транспортним потоком, *од./год.*

Якщо фактична приведена інтенсивність транспортного потоку на лівому повороті не перевищує величину, яку розраховано за формулою (4.1), то в одній фазі допускається конфлікт за схемою на рис. 4.7 а. У протилежному випадку, лівоповоротний транспортний потік і зустрічний прямий транспортний потік повинні бути рознесені в різні фази.

Приклад 4.1. Розглядається допустимість конфлікту лівоповоротного й зустрічного прямого транспортних потоків в одній фазі (рис. 4.8 а). При $N_{1max} = 400$ *од./год.*, $N_2 = 300$ *од./год.* максимально допустима інтенсивність лівоповоротного потоку за формулою (2.1) буде:

$$N_{л} = \frac{120\kappa_1 N_{1max}}{N_2} = \frac{120 \cdot 1 \cdot 400}{300} = 160 \text{ од./год.}$$

Фактична приведена інтенсивність руху на лівому повороті (150 *од./год.*) менша максимально допустимої (160 *од./год.*). Отже, для ситуації на рис. 4.8 а в одній фазі допускається одночасний рух лівоповоротного й зустрічного прямого транспортних потоків.

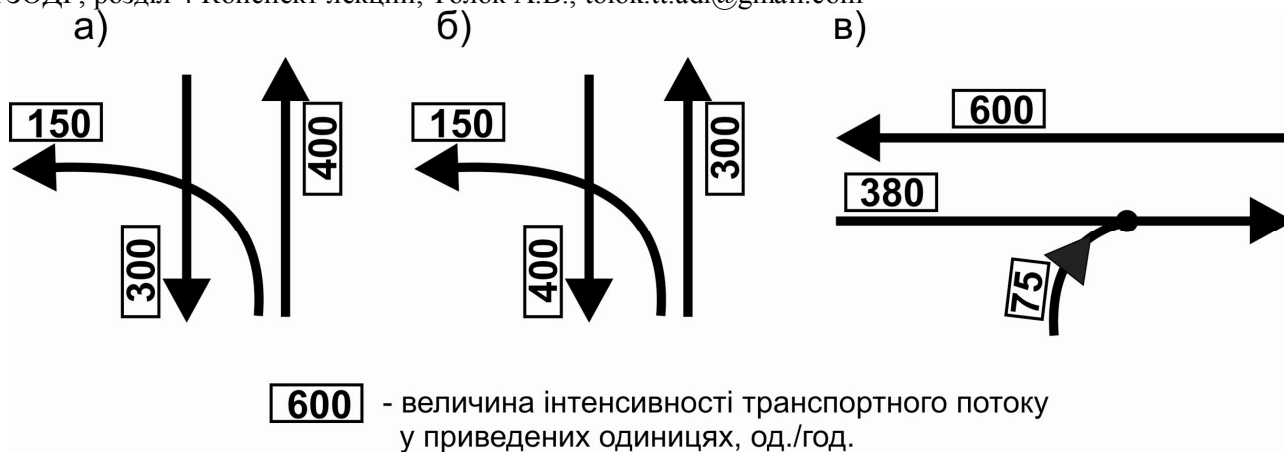


Рисунок 4.8 – Схеми до прикладів визначення допустимості конфліктів у фазі регулювання

Приклад 4.2. Максимально допустима приведена інтенсивність лівоповоротного потоку на рис. 4.8 б):

$$N_{л} = \frac{120k_1 N_{1max}}{N_2} = \frac{120 \cdot 1 \cdot 400}{400} = 120 \text{ од./год.}$$

Фактична приведена інтенсивність руху на лівому повороті (150 од./год.) більша максимально припустимої (120 од./год.). Отже, для ситуації на рис. 4.8 б рух лівоповоротного й зустрічного прямого транспортних потоків повинен здійснюватися в різних фазах.

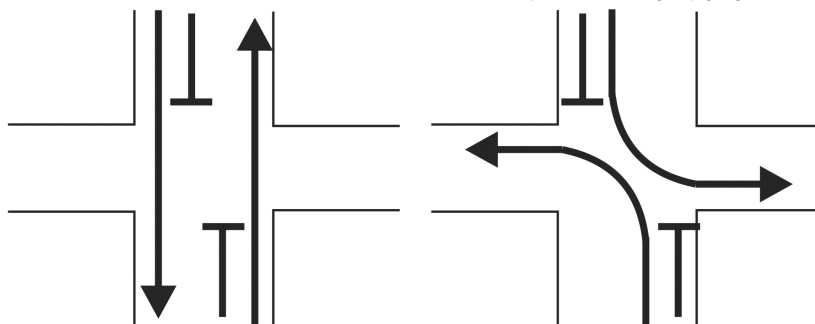
При виборі варіанта організації лівоповоротного руху необхідно враховувати кількість смуг руху перед «стоп-лінією» і дотримуватися наступних принципів:

1. Не випускати з однієї смуги транспортні потоки, рух яких передбачено в різних фазах, тобто смуги руху закріплюють за певними фазами (як це, наприклад, показано на рис. 4.9 а).

2. Прагнути до рівномірного завантаження смуг. Приведена інтенсивність руху, що у середньому доводиться на одну смугу, не повинна перевищувати 700 од./год [3].

Якщо (наприклад, як у випадку на рис. 4.8 б) зроблено висновок про те, що рух лівоповоротного й зустрічного прямого транспортних потоків повинен здійснюватися в різних фазах, але геометричні характеристики перехрестя не дозволяють виділити окрему смугу руху для лівоповоротного потоку, то необхідно розглянути варіант об'єднання в одній фазі лівоповоротного потоку з потоком у прямому попутному напрямку. При цьому прямі зустрічні потоки повинні бути рознесені в різні фази (рис. 4.9 б).

а) рух лівоповоротних потоків організовано в окремій фазі з виділенням для цих потоків окремих смуг руху



б) об'єднання в одній фазі лівоповоротного потоку з потоком у прямому попутному напрямку

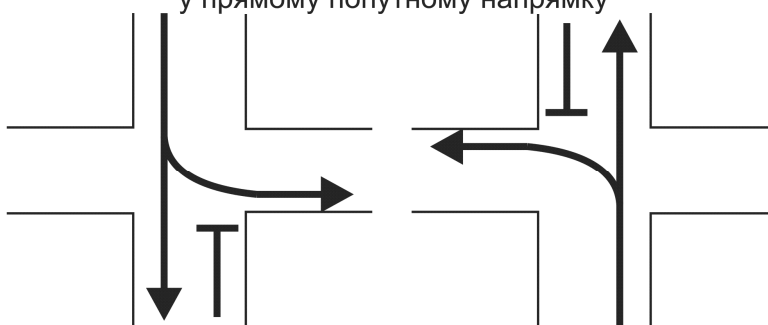


Рисунок 4.9 – Варіанти організації лівоповоротного руху на регульованому перехресті

Умова допустимості конфлікту, показано на рис. 4.7 б, наступна [10]:

$$N_{\text{дон}} = \frac{N_n N_{1\text{max}}}{1500}, \quad (4.2)$$

де $N_{\text{дон}}$ – максимально допустиме значення приведеної інтенсивності руху для кожного з конфлікуючих транспортних потоків, *од./год.*; на рис. 4.7 б конфлікуючими є прямий і правоповоротний транспортні потоки;

N_n – нормативне значення інтенсивності транспортного потоку, що досліджується, *од./год.*; приймається відповідно до першої умови введення світлофорного регулювання [12, табл. 9] за фактичним значенням приведеної інтенсивності транспортного потоку, що конфліктує з досліджуваним потоком. Напрямок головної дороги необхідно приймати відповідно до права переваги у русі того або іншого конфлікуючого транспортного потоку;

$N_{1\text{max}}$ – приведена інтенсивність транспортного потоку, узятя за основу розрахунку тривалості фази світлофорного регулювання, для якої перевіряється допустимість конфлікту (як правило, це максимальна з приведених інтенсивностей транспортного потоку по смугах, рух якими передбачений у даній фазі), *од./год.*;

Для конфлікту, що показаний на рис. 4.7 б, за формулою (4.2) розраховується максимально допустиме значення приведеної інтенсивності руху для кожного з

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

конфліктуючих транспортних потоків. Якщо фактична приведена інтенсивність хоча б одного із цих транспортних потоків перевищує відповідну величину, яку розраховано за формулою 4.2, то в одній фазі не допускається сполучати рух транспорту за цими напрямками.

Приклад 4.3. Розглядається допустимість конфлікту прямого і правоповоротного транспортних потоків в одній фазі (рис. 4.8 в). Інтенсивність транспортного потоку, узята за основу розрахунку тривалості фази світлофорного регулювання – $N_{1max} = 600 \text{ од./год.}$. Розрахуємо максимально допустиме значення інтенсивності транспортного потоку на правому повороті. При інтенсивності прямого потоку 380 од./год. згідно з [12, табл. 9] визначаємо, що $N_n = 190 \text{ од./год.}$ За формулою (4.2):

$$N_{дон} = \frac{N_n N_{1max}}{1500} = \frac{190 \cdot 600}{1500} = 76 \text{ од./год.}$$

Розрахуємо максимально допустиме значення інтенсивності прямого транспортного потоку. При величині інтенсивності правоповоротного потоку 75 од./год. згідно з [12, табл. 9] визначаємо, що $N_n = 750 \text{ од./год.}$ За формулою (2.2):

$$N_{дон} = \frac{N_n N_{1max}}{1500} = \frac{750 \cdot 600}{1500} = 300 \text{ од./год.}$$

Фактична приведена інтенсивність прямого транспортного потоку (380 од./год.) перевищує максимально припустиме значення (300 од./год.). Отже, в одній фазі не можна допускати одночасний рух прямого й правоповоротного транспортних потоків.

Аналогічно з використанням формули (4.2) робиться висновок про допустимість конфліктів, схеми яких представлені на рисунках 4.7 в і 4.7 г.

Пішохідний і конфліктуючі з ним лівоповоротні чи правоповоротні транспортні потоки (рис. 2.4 д, е, ж) допускається сполучати, якщо одночасно виконуються такі умови: інтенсивність пішохідного потоку не перевищує 900 піш./год. ; інтенсивність транспортних потоків, що повертають, не перевищує 120 од./год [4].

4.3.1.3 Визначення кількості фаз світлофорного регулювання на перехресті із застосуванням методів теорії графів

В існуючих нормативних документах [4, 8] і навчальній літературі [1 – 3] немає формалізованої методики або яких-небудь рекомендацій щодо вирішення задачі розбиття множини існуючих напрямків руху на перехресті на певну кількість груп (відповідно і фаз регулювання). На практиці, як правило, формування груп потоків на перехресті починають із найбільш завантаженого напрямку. Звичайно, таким напрямком на перехресті є прямий рух по головній дорозі. Потоки, що не конфліктують із цим потоком, і припустимі для нього конфліктні потоки поєднують в першій фазі регулювання. Неприпустимі конфліктні потоки переносять у наступну фазу. З не включених у першу фазу потоків вибирають потік з найбільшою інтенсивністю руху й у другій фазі

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

поєднують рух цього потоку з не конфліктуючими з ним і припустимими для нього конфліктними потоками. Процедуру повторюють доти, поки всі потоки не будуть розподілені по фазах. Однак такий підхід не гарантує знаходження мінімально можливої кількості фаз.

Перспективним для вирішення завдання визначення мінімальної кількості фаз регулювання представляється використання методів теорії графів, а саме – «жадібного» алгоритму розфарбування графа [20].

Розглянемо перехрестя, що зображено на рис. 4.10. Приймемо, що вулиця $A - B$ є вулицею з одностороннім рухом, як це показано на рис. 4.10, а вулиця $B - \Gamma$ – з двостороннім рухом. На даному перехресті дозволені такі напрямки руху: пішохідний рух у напрямку $v-v$, рух транспорту у напрямках AB , BA , $A\Gamma$, $B\Gamma$, ΓB , ΓA .

Нехай у результаті аналізу конфліктних точок на перехресті визначені напрямки руху, конфлікт між якими при організації світлофорного регулювання є неприпустимим. В табл. 4.1 на перетинанні i -го рядка і j -го стовпця проставляємо «1» тоді, коли конфлікт між потоками є неприпустимим, і «0» – якщо конфлікт відсутній чи є припустимим. В останньому стовпчику табл. 4.1 показана сумарна кількість конфліктів i -того напрямку з рештою напрямків.

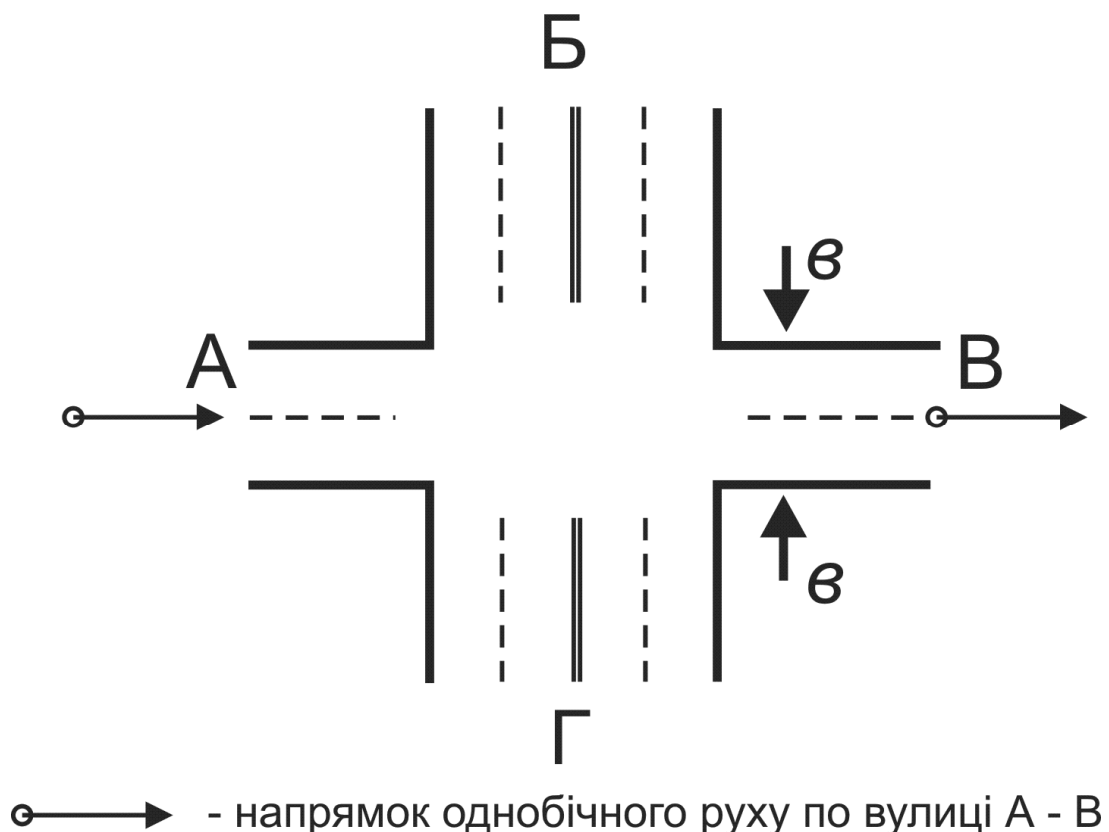


Рисунок 4.10 – Схема перехрестя до прикладу визначення мінімальної кількості фаз регулювання

Таблиця 4.1 – Результати аналізу допустимості конфліктів між потоками для перехрестя, що зображено на рис. 4.10

Напрямок руху	АБ	АВ	АГ	БВ	БГ	ГБ	ГВ	<i>в-в</i>	Σ
АБ		0	0	1	1	1	0	0	3
АВ	0		0	1	1	1	1	1	5
АГ	0	0		0	1	0	0	0	1
БВ	1	1	0		0	1	0	1	4
БГ	1	1	1	0		0	0	0	3
ГБ	1	1	0	1	0		0	0	3
ГВ	0	1	0	0	0	0		1	2
<i>в-в</i>	0	1	0	1	0	0	1		3

Для вирішення задачі об'єднання напрямків руху у групи побудуємо граф, у якого вершини будуть представляти усі можливі напрямки руху на перехресті, а ребра з'єднують ту частину вершин графу, для яких в таблиці 4.1 проставлено «1» (рис. 4.11).

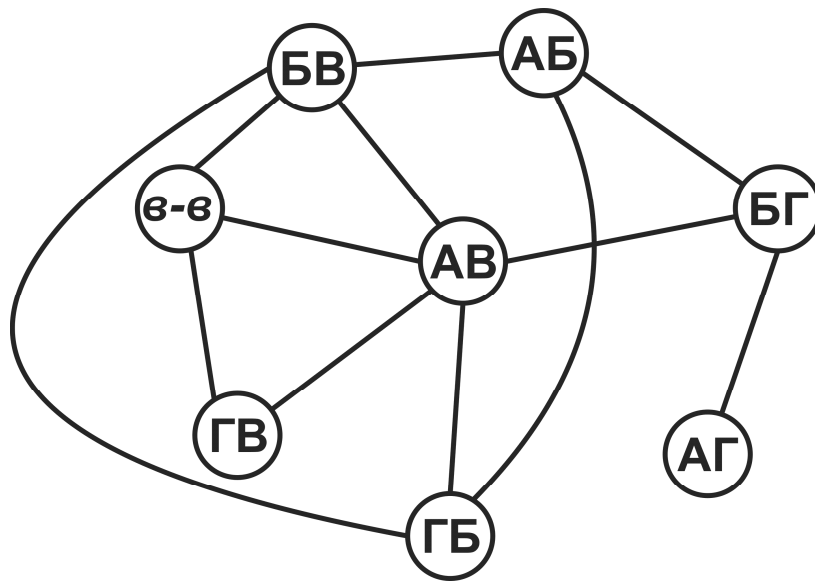


Рисунок 4.11 – Граф взаємозв'язків напрямків руху на перехресті

Застосуємо «жадібний» алгоритм розфарбування графа. Задача полягає в тому, щоб розфарбувати граф на рис. 4.11 мінімальною кількістю кольорів, а саме: кожній вершині графа треба так задати колір, щоб ніякі дві з'єднані ребром вершини не мали однаковий колір і при цьому була використана мінімально можлива кількість кольорів. Очевидно, що при такому розфарбуванні графа не припустимі конфліктні потоки будуть розфарбовані в різні кольори.

Методика розфарбування графа наступна:

1. Вибираємо на графі вершину з максимальною кількістю зв'язків і офарблюємо її в колір №1. (Для прикладу на рис. 4.11 це вершина АВ. На рис. 4.12 а вершину АВ офарблюємо в червоний колір).

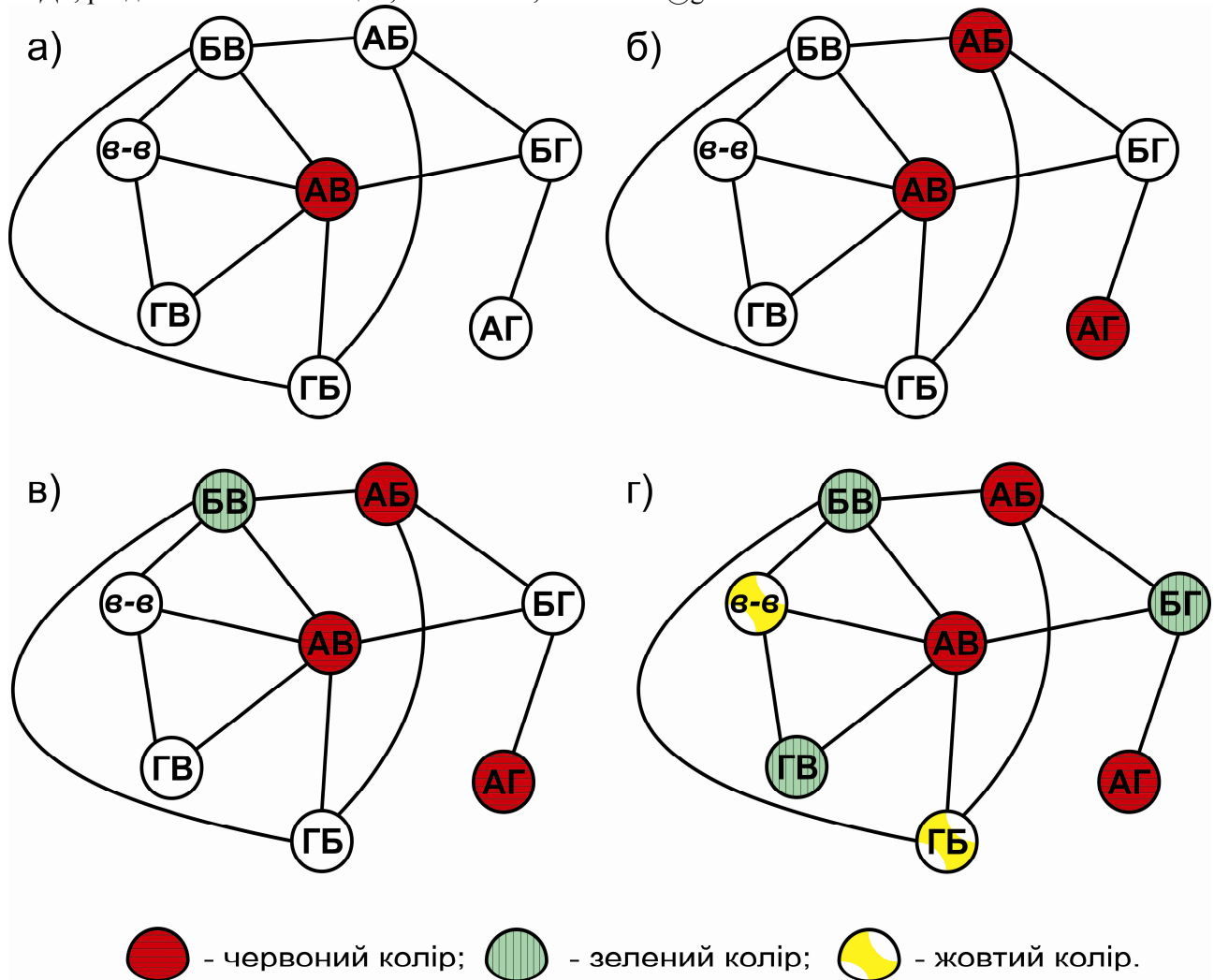


Рисунок 4.12 – Приклад розфарбування графа з використанням «жадібного» алгоритму

2. Переглядаємо решту не зафарбованих вершин і для кожної з них визначаємо, чи з'єднана вона ребром з зафарбованою в колір №1 вершиною. Якщо не з'єднана, то цю вершину розфарбовуємо в той самий колір №1, якщо з'єднана – вона залишається не зафарбованою. При продовженні перегляду вершин і їх розфарбуванні слід враховувати наявність зв'язків не тільки з першою зафарбованою в колір №1 вершиною, але і з іншими вершинами, вже зафарбованими у цей колір. (На рис. 4.12 б в червоний колір зафарбовано вершини АВ, АБ і АГ).

3. Після перегляду всіх вершин графу з множини вершин, що залишилися не зафарбованими, знову вибираємо вершину з максимальною кількістю зв'язків та розфарбовуємо її в колір №2. (На рис. 4.12 в це вершина БВ, яку зафарбовано в зелений колір).

4. Повторюємо пп. 2 і 3 для решти не зафарбованих вершин, поки усі вершини графа не будуть зафарбовані. (На рис. 4.12 г в зелений колір зафарбовуємо вершини БВ, БГ і ГВ; в жовтий колір зафарбовуємо вершини ГБ і в-в).

В результаті такого розфарбування усі вершини графа будуть зафарбовані в певну кількість кольорів, яка, власне, і визначить мінімальну кількість фаз регулювання на перехресті. Стосовно нашого прикладу, у результаті застосування «жадібного» алгоритму розфарбування графа визначені три групи напрямків руху на перехресті, які утворюють схеми руху у відповідних фазах регулювання на перехресті (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Компонування напрямків руху на перехресті по групах

Фаза	Колір	Основний варіант компонування напрямків руху на перехресті у групи	Альтернативні варіанти
1	Червоний	<i>AB, AB, AG</i>	
2	Зелений	<i>BB, BG, GB</i>	
3	Жовтий	<i>GB, в-в</i>	1 варіант: <i>AG</i> 2 варіант: <i>BG</i>

У таблиці 4.2 показано також додаткові напрямки руху (у стовпчику «Альтернативні варіанти») з числа зафарбованих в інший колір напрямків, але які не мають не припустимих конфліктів з напрямками руху основного варіанту групування в даних строках. Рух у додаткових напрямках може здійснюватися в декількох фазах регулювання, що дозволяє підвищити пропускну здатність перехрестя.

При виборі альтернативних напрямків руху в фазі регулювання необхідно враховувати можливість виділення окремих смуг руху для цих напрямків у відповідності з принципом: не випускати з однієї й тієї ж смуги транспортні потоки, рух яких передбачено в різних фазах. Так, якщо в нашому прикладі прийняти перший альтернативний варіант і в третій фазі дозволити разом з напрямками *GB, в-в* і рух в напрямку *AG*, то для напрямку *AG* необхідно виділити окрему смугу руху, рух якою буде дозволений у першій і третій фазах (рис. 4.13 а). При цьому рух в напрямку *AB* буде здійснюватися по одній смузі, що потребує збільшення тривалості фази №1. Але при такому варіанті з'являється можливість у першій фазі разом з напрямками *AB, AB, AG* здійснювати рух у напрямку *GB*.

Якщо ж прийняти другий альтернативний варіант і в третій фазі дозволити разом з напрямками *GB, в-в* і рух в напрямку *BG*, то окрему смугу руху необхідно виділити для напрямку *BG*. Рух в напрямку *BG* при цьому буде дозволений у другій і третій фазах (рис. 4.13 б).

Розроблені варіанти схем пофазного роз'їзду після розрахунку режиму роботи світлофорної сигналізації по кожному з варіантів, зіставляють між собою за їх техніко-економічними показниками. За основні показники приймають наступні [10]:

- 1) сумарні затримки транспортних засобів на перехресті;
- 2) конфліктне завантаження світлофорного об'єкта;
- 3) сумарне значення пробігу транспорту по території світлофорного об'єкта.

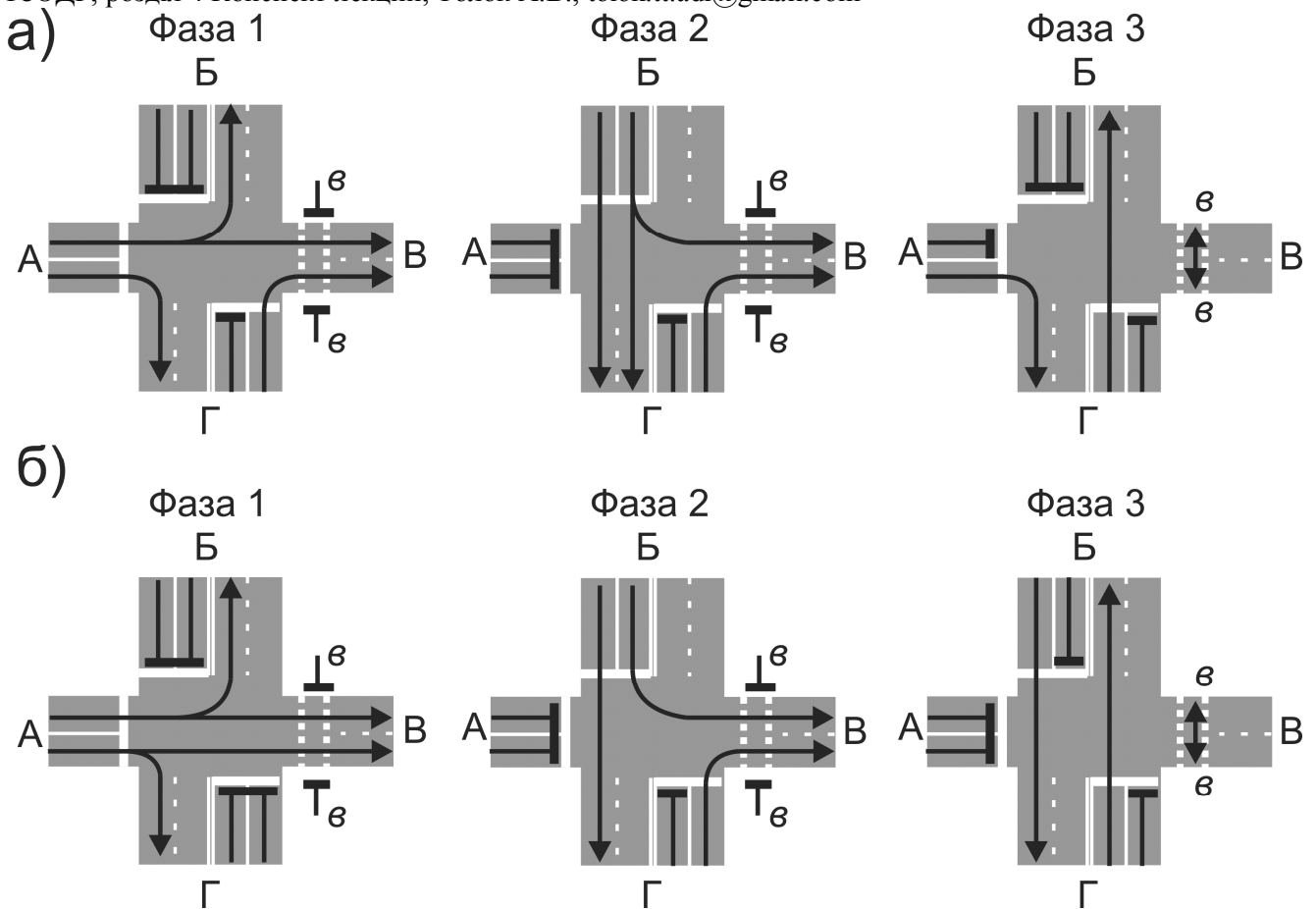


Рисунок 4.13 – Варіанти схеми пофазного роз'їзду

4.3.2 Розробка схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті

На регульованих перехрестях організація дорожнього руху реалізується за допомогою світлофорів, дорожніх знаків і дорожньої розмітки.

Застосування і розміщення дорожніх знаків регламентується ДСТУ 4100 [6]. Правила застосування дорожньої розмітки наведені в ДСТУ 2587 [7]. Правила застосування і розміщення світлофорів наведені в ДСТУ 4092 [8]. Умовні позначення ТЗОДР на схемі організації дорожнього руху повинні бути у відповідності до вимог ДСТУ 4159 [12], СОУ 45.2–00018112–048 [13] і наведені в додатку А.

Запроектована схема дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті повинна бути накреслена на окремому аркуші формату А3 з використанням масштабу 1:500. Приклади схем дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на різних ділянках вулично-дорожньої мережі наведені в додатку Б.

4.3.3 Визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання

4.3.3.1 Загальна ідея визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання

При формуванні схеми пофазного роз'їзду важливим етапом є визначення порядку чергування фаз у циклі регулювання. Наприклад, для випадку організації руху на перехресті в три фази (рис. 4.13 а) можливі дві різних послідовності чергування фаз: 1-2-3-1 і 1-3-2-1.

Оптимальною послідовністю фаз регулювання вважається послідовність із мінімальною сумою значень перехідних інтервалів у циклі регулювання [8, 14]. При цьому кількість можливих варіантів чергування фаз (z) у циклі регулювання визначається за формулою:

$$z = (n - 1)!, \quad (4.1)$$

де n – кількість фаз регулювання в циклі.

Як видно з (4.1), завдання визначення оптимальної послідовності чергування фаз у циклі регулювання має сенс при кількості фаз регулювання в циклі три й більше.

4.3.3.2 Методика визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання на перехресті

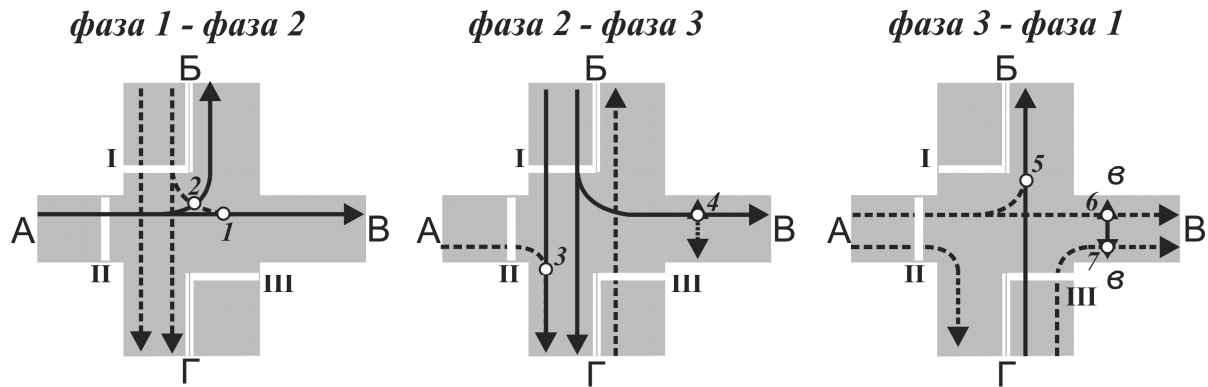
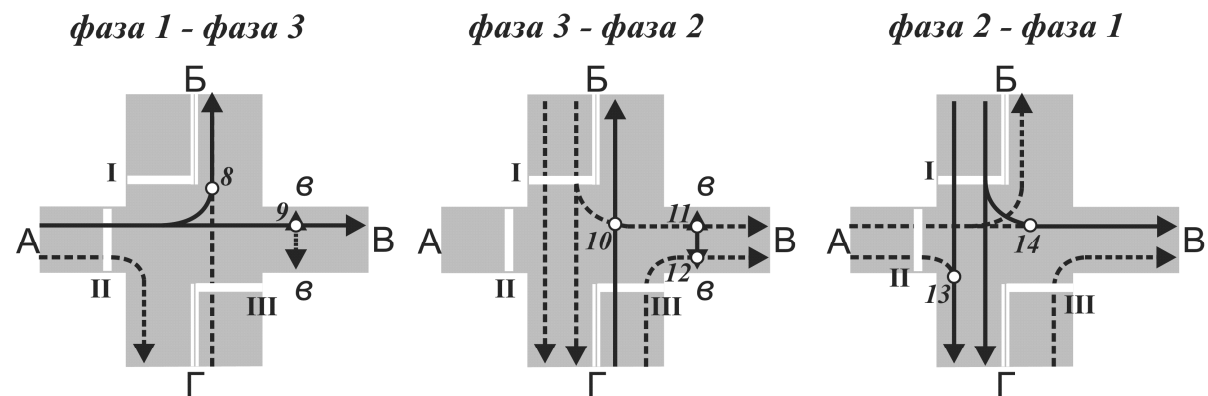
Методика визначення послідовності чергування фаз у циклі регулювання наступна:

1. Формують повний перелік можливих варіантів послідовності чергування фаз у циклі регулювання. Для трифазного регулювання можливі 2 варіанти послідовності чергування фаз, для чотирьох фаз – 6 варіантів, для п'ятифазного регулювання – 24 варіанта (див. формулу (4.1)).

2. Для кожного з варіантів послідовності чергування фаз у циклі регулювання визначають сумарну тривалість перехідних інтервалів у циклі.

3. Варіант послідовності чергування фаз у циклі регулювання з мінімальною сумарною тривалістю перехідних інтервалів за цикл є оптимальним і приймається для подальших розрахунків тривалості циклу й основних тактів.

Приклад 4.4. Наприклад, при організації руху на перехресті в три фази, як наведено на рис. 4.13 а, можливі дві послідовності чергування фаз: 1-2-3-1 і 1-3-2-1. Вихідними даними для реалізації другого етапу методики, що наведена вище, є розташування стоп-ліній на перехресті і дальніх конфліктних точок при зміні фаз регулювання. На рис. 4.14 а наведено розташування ДКТ для послідовності чергування фаз 1-2-3-1, а на рис. 4.14 б – розташування ДКТ для послідовності чергування фаз 1-3-2-1.

а) *Послідовність чергування фаз в циклі регулювання 1-2-3-1*б) *Послідовність чергування фаз в циклі регулювання 1-3-2-1*

Умовні позначення:

А, Б, В, Г - напрямки руху транспорту на перехресті;

в - в - напрямок руху пішоходів на перехресті;

○ - позначення ДКТ при зміні фаз регулювання;

1, 2 ... 14 - номери ДКТ;

I, II, III - номери стоп-ліній;

— - позначення потоків, що закінчують рух у фазі;

- - - - - позначення потоків, що починають рух у наступній фазі.

Рисунок 4.14 – Приклад розташування ДКТ при різних варіантах послідовності чергування фаз у циклі регулювання

Для визначення значень перехідних інтервалів (за формулою 4.11) на масштабному плані регульованого перехрестя необхідно визначити відстані від стоп-ліній до ДКТ ($l_{ДКТ}$). Так, наприклад, на рис. 4.14 а):

– перехідний інтервал для передачі права руху з першої фази на другу визначається по відстанях від стоп-лінії II до дальніх конфліктних точок 1 і 2 ($l_{ДКТII-1}$ і $l_{ДКТII-2}$);

– перехідний інтервал для передачі права руху із другої фази на третю визначається по відстанях від стоп-лінії I до дальніх конфліктних точок 3 і 4 ($l_{ДКТI-3}$ і $l_{ДКТI-4}$);

– перехідний інтервал для передачі права руху із третьої фази на першу визначається по відстані від стоп-лінії III до дальньої конфліктної точки 5 ($l_{ДКТIII-5}$); перехідний інтервал для руху пішоходів у третій фазі (напрямок в-в, ДКТ 6 і 7) визначається за формулою (4.12).

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

Зручно результати розрахунків зводити в матрицю значень перехідних інтервалів (табл. 4.1). Відзначимо, що правоповоротні транспортні потоки, що закінчують рух в фазі при перехідному інтервалі, при визначенні тривалості перехідного інтервалу в розрахунках не враховуються.

Таблиця 4.1 – Приклад матриці значень перехідних інтервалів в секундах (до рис. 4.2)

		Потоки, що починають рух в наступній фазі регулювання										
		Фаза 1				Фаза 2			Фаза 3			
		А-Б	А-В	А-Г	Г-В	Б-Г	Б-В	Г-В	А-Г	Г-Б	в-в	
Потоки, що закінчують рух в фазі	Фаза 1	А-Б					-	5	-	-	5	-
		А-В					-	6	-	-	-	7
	Фаза 2	Б-Г	-	-	4	-				4	-	-
		Б-В	-	4	-	-				-	-	6
	Фаза 3	Г-Б	5	-	-	-	-	3	-			
		в-в	-	3	-	3	-	3	3			

Для прикладу в табл. 4.1 сумарна тривалість перехідних інтервалів за цикл буде:

- для послідовності чергування фаз 1-2-3-1 : $6 + 6 + 5 = 17$ с;
- для послідовності чергування фаз 1-3-2-1 : $7 + 3 + 4 = 14$ с.

Таким чином, оптимальною є послідовність чергування фаз у циклі регулювання 1-3-2-1.

4.4 Розрахунок тривалості циклу і основних тактів світлофорного регулювання на перехресті без врахування пішохідного руху і руху трамваїв

Діючими в Україні нормативними документами [11, 16] для розрахунку тривалості циклу регулювання й його елементів рекомендовано методику, яку ще в 50-ті роки минулого сторіччя запропонував англійський дослідник F. Webster. Відповідно до цієї методики при розрахунку тривалості циклу й його тактів необхідно визначити потоки насичення й фазові коефіцієнти.

Фазові коефіцієнти визначають для всіх j -тих смуг, якими здійснюється рух під час i -тої фази, за формулою:

$$y_{ji} = \frac{N_{ji}}{M_{Hji}}, \quad (4.2)$$

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

де N_{ji} – величина інтенсивності руху в i -тій фазі по j -тій смузі, од./год;

M_{Hji} – величина потоку насичення M_H в i -тій фазі по j -тій смузі, од./год.

За розрахунковий фазовий коефіцієнт в i -тій фазі приймається найбільший з y_{ji} :

$$y_i = \max y_{ji} , \quad (4.3)$$

Сумарним фазовим коефіцієнтом називається величина, що визначається за формулою:

$$Y = \sum_{i=1}^{n^*} y_i , \quad (4.4)$$

де n^* – кількість фаз в циклі регулювання на перехресті без врахування фаз, в яких на перехресті здійснюється тільки пішохідний рух.

Якщо пропуск якого-небудь транспортного потоку здійснюється протягом двох і більше фаз регулювання, то для нього окремо розраховують фазовий коефіцієнт, що не залежно від значення не приймають у якості розрахункового (тобто, виключають із подальших розрахунків). Однак цей фазовий коефіцієнт повинен бути не більше суми розрахункових фазових коефіцієнтів тих фаз, протягом яких цей потік пропускається.

Наприклад, на рис. 4.11 а транспортний потік по напрямку $ГВ$ пропускається протягом першої ($i = 1$) і другої ($i = 2$) фаз. Відповідно, навіть якщо значення фазового коефіцієнта для напрямку $ГВ$ ($y_{ГВ}$) в одній із цих фаз (або у двох фазах) буде максимальним, то він не може бути прийнятий у якості розрахункового ні для першої, ні для другої фази. Однак при цьому повинна дотримуватися умова: $y_{ГВ} \leq y_1 + y_2$. Якщо ця умова не дотримується, то один з розрахункових фазових коефіцієнтів y_1 чи y_2 повинен бути штучно збільшений настільки, щоб виконувалась умова: $y_{ГВ} = y_1 + y_2$.

Тривалість циклу світлофорного регулювання визначають за формулою:

$$T = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y} , c, \quad (4.5)$$

де L – загублений час у циклі регулювання, що визначається як сума значень всіх перехідних інтервалів у циклі регулювання, c ; кількість перехідних інтервалів у циклі регулювання дорівнює кількості фаз; формули для розрахунку значень перехідних інтервалів у фазі регулювання наведені в підрозділі 3.3 цього навчального посібника (див. формули 4.11 і 4.12); при розрахунку L значення перехідних інтервалів округляють до цілого числа в більшу сторону.

Тривалість основного такту (зеленого сигналу) $t_{зi}$ в i -тій фазі пропорційна розрахунковому фазовому коефіцієнту цієї фази. Тому, якщо сумарна тривалість основних тактів у циклі регулювання дорівнює $T - L$, то:

$$t_{3i} = \frac{y_i}{Y} (T - L) , c. \quad (4.6)$$

Значення тривалості основних тактів у фазі регулювання, що розраховані за формулою (4.6), округляють до цілого числа в більшу сторону. Процедура округлення значень тривалості зелених сигналів і проміжних інтервалів необхідна внаслідок того, що дискретність завдання часових установок у сучасних дорожніх контролерах дорівнює 1 с.

З обліком того, що значення тривалості зелених сигналів і проміжних інтервалів округлялися, тривалість циклу регулювання стане:

$$T_{\text{Ц}} = t_{31} + t_{\text{П1}} + t_{32} + t_{\text{П2}} + \dots + t_{3n} + t_{\text{Пn}} , c, \quad (4.7)$$

де n – кількість фаз у циклі регулювання;

$t_{31}, t_{32} \dots t_{3n}$ – відповідно тривалість зеленого сигналу у першій, другій ... і n – ій фазах регулювання, с;

$t_{\text{П1}}, t_{\text{П2}} \dots t_{\text{Пn}}$ – відповідно тривалість перехідного інтервалу у першій, другій ... і n – ій фазах регулювання.

Приклад 4.5. Для перехрестя вул. *Горизонтальна* і вул. *Вертикальна* (рис. 4.15 а) проектується двофазний світлофорний цикл (рис. 4.15 б). Визначити тривалість циклу і основних тактів. Тривалість перехідного інтервалу в першій фазі $t_{\text{П1}}=4$ с, тривалість перехідного інтервалу в другій фазі $t_{\text{П2}}=5$ с.

Порядок вирішення поставленого завдання наступний:

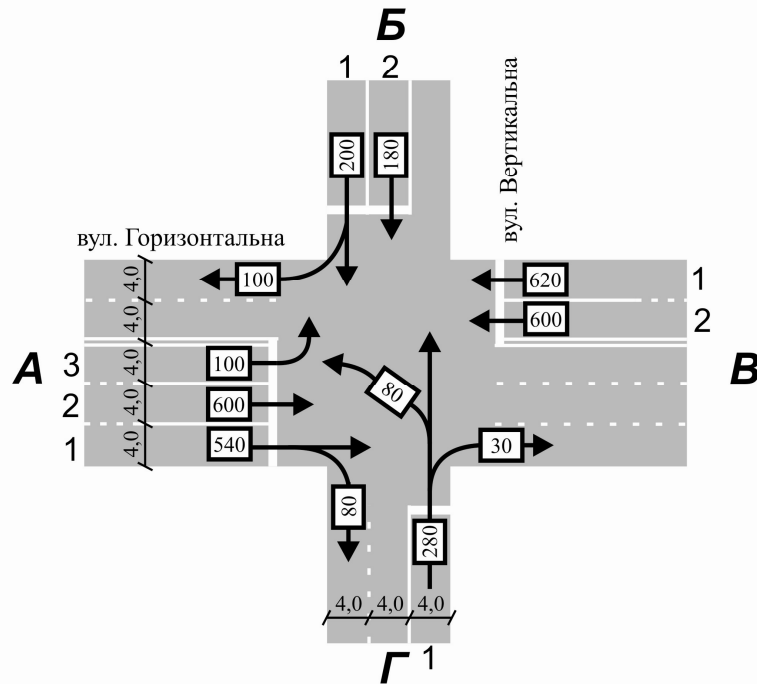
1. Для кожної смуги руху на в'їздах на перехрестя визначаємо величину приведеної інтенсивності руху транспорту. Результати заносимо у стовбець №4 табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку величини потоків насичення за смугами руху на перехресті і фазових коефіцієнтів

№ фази	Напрямок	№ смуги руху	N, од./год	M _н , од./год	У _{ij}	У _i
1	2	3	4	5	6	7
1	з А	1	540	1955	0,276	0,306
		2	600	2028	0,296	
		3	100	1623	0,062	
	з В	1	620	2028	0,306	
		2	600	2028	0,296	
2	з Б	1	200	1803	0,111	0,165
		2	180	2028	0,089	
	з Г	1	280	1700	0,165	

2. Для кожної зі смуг руху розраховуємо величину потоку насичення:
- для смуги 3 з напрямку А розрахунок проводимо за формулою (3.6):

а) цифрограма приведеної інтенсивності руху транспорту на перехресті



б) схема руху транспорту у фазах на перехресті

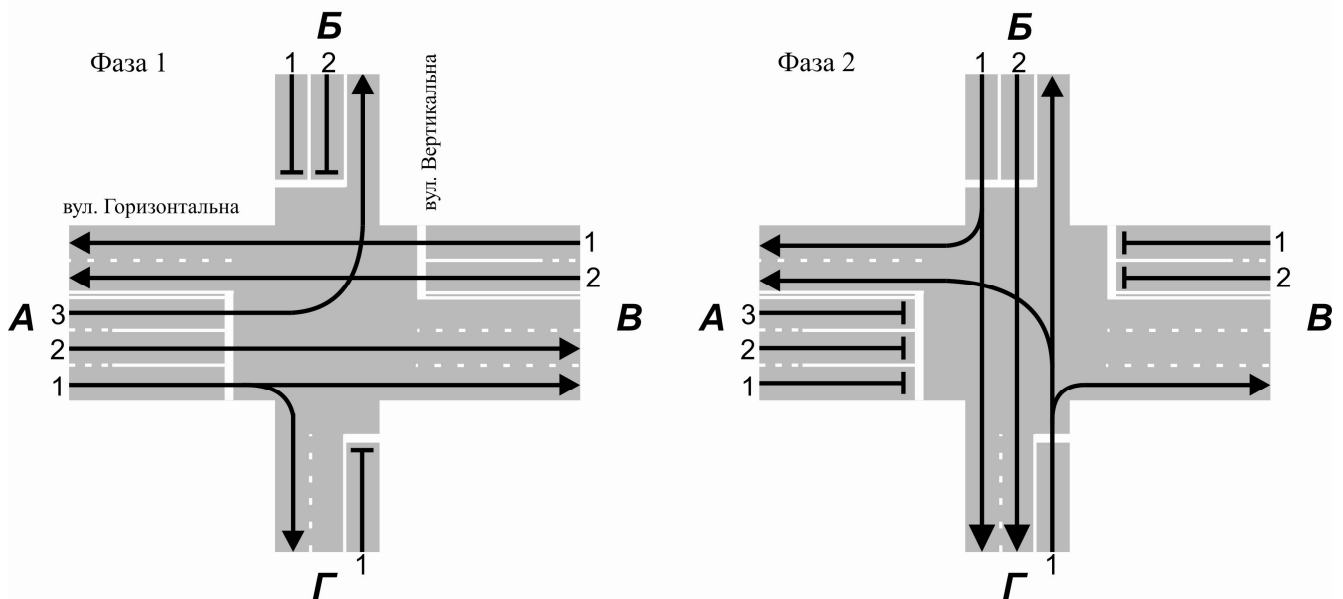


Рисунок 4.15 – Цифрограма приведеної інтенсивності руху транспорту (а) і схема пофазного роз'їзду на перехресті (б)

$$M_H = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{R}} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{14}} \approx 1623 \text{ од./год}$$

- для усіх інших смуг руху розрахунок проводимо за формулою (3.5).

Так, наприклад, для смуги 1 з напрямку А:

- визначаємо потік насичення при русі транспортного потоку по смузі тільки прямо при ширині смуги руху 4 м. Так як в таблиці (3.3) не вказано величину потоку насичення при ширині смуги руху 4 м, то цю величину визначаємо шляхом

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com
інтерполяції з використанням даних таблиці 3.3:

$$M_{\text{Прямо}4,м} = 1970 + (4 - 3,75) \cdot \frac{2075 - 1970}{4,2 - 3,75} = 2028 \text{ од./год};$$

- визначаємо розподіл транспортного потоку на смузі за напрямками руху: поворот праворуч – с = 14,8 %, рух прямо – а = 85,2 %;
- за формулою (3.5) коректуємо величину потоку насичення:

$$M_H = 2028 \cdot \frac{100}{85,2 + 1,25 \cdot 14,8} \approx 1955 \text{ , од./год.}$$

Результати розрахунку потоку насичення для кожної зі смуг руху вказуємо в стовпці 5 таблиці 4.2.

3. Для кожної смуги руху визначаємо фазовий коефіцієнт за формулою (4.2). Результати розрахунку фазових коефіцієнтів для кожної зі смуг руху вказуємо в стовпці 6 таблиці 4.2.

4. За розрахунковий фазовий коефіцієнт в i -тій фазі приймається найбільший з фазових коефіцієнтів за смугами, рух якими здійснюється в i -тій фазі (стовпчик 7 табл. 4.2).

5. Сумарний фазовий коефіцієнт визначаємо за формулою (4.4):

$$Y = 0,306 + 0,165 = 0,471.$$

6. За формулою (4.5) визначаємо тривалість циклу світлофорного регулювання:

$$T = \frac{1,5 \cdot (4 + 5) + 5}{1 - 0,471} = 34,97 \text{ с.}$$

7. За формулою (4.6) розраховуємо тривалість основних тактів:

- у першій фазі:

$$t_{3i} = \frac{0,306}{0,471} (34,97 - 9) = 16,8 \approx 17 \text{ , с};$$

- у першій фазі:

$$t_{3i} = \frac{0,165}{0,471} (34,97 - 9) = 9,1 \approx 10 \text{ , с};$$

8. Коректуємо тривалість світлофорного циклу за формулою (4.7):

$$T_{ц} = 17 + 4 + 10 + 5 = 36 \text{ с.}$$

4.5 Коректування тривалості циклу і основних тактів світлофорного регулювання з урахування пішохідного і трамвайного руху на перехресті

Якщо хоча б в одній з фаз допускається спільний рух на перехресті транспортних і пішохідних потоків (як, наприклад, на рис. 3.3), то тривалість основних тактів необхідно перевірити на забезпечення пропуску пішоходів у відповідних напрямках.

Тривалість сигналу, що дозволяє рух пішоходів, розраховують за формулою [4]:

$$t_{3niu} = 5 + \frac{B}{V_{niu}}, \text{ с}, \quad (4.8)$$

де B – ширина проїзної частини вулиці, що пересікається пішоходами в даній фазі регулювання, m ;

V_{niu} – швидкість руху пішохода по пішохідному переходу, m/c .

Якщо значення t_{3niu} виявилось більшим розрахованої раніше за формулою (4.6) тривалості основного такту в цій фазі, то остаточну тривалість основного такту в цій фазі приймають рівною t_{3niu} .

Для відновлення оптимального співвідношення тривалості фаз у циклі регулювання, тривалість циклу коректують із використанням формул [3, 4]:

$$T_{Ц}^* = \frac{A}{2 \cdot B} + \sqrt{\frac{A^2}{4 \cdot B^2} - \frac{C}{B}}, \text{ с}, \quad (4.9)$$

$$A = 2,5 \cdot L - L \cdot \sum y_i + \sum t_{3niu} + 5, \text{ с}, \quad (4.10)$$

$$B = 1 - \sum y_i, \quad (4.11)$$

$$C = (L + \sum t_{3niu}) \cdot (1,5 \cdot L + 5), \text{ с}^2, \quad (4.12)$$

де $T_{Ц}^*$ – скоректована тривалість циклу, c ;

$\sum y_i$ – сума фазових коефіцієнтів для i -тих фаз, тривалість яких не уточнювалася з урахуванням зеленого сигналу для руху пішоходів;

$\sum t_{3niu}$ – сумарна тривалість основних тактів, уточнених з урахуванням пішохідного руху, c .

Нову тривалість основних тактів і фаз, що не уточнювалися з урахуванням пішохідного руху, визначають за формулою (4.6) при $T = T_{Ц}^*$. Далі повторюють процедуру округлення й розрахунок остаточної тривалості циклу за формулою (4.7) з урахуванням пішохідного руху.

Приклад 4.6. Для перехрестя вулиць A і B з шириною проїзної частини відповідно 20 і 12 m проектується двофазний світлофорний цикл. У першій фазі дозволений рух транспорту по вулиці A у всіх напрямках і перехід пішоходами

ТЗОДР, розділ 4 Конспект лекцій, Толлок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

проїзної частини вулиці *Б*. У другій фазі дозволений рух транспорту по вулиці *Б* у всіх напрямках і перехід пішоходами проїзної частини вулиці *А*. Отримані наступні значення розрахункових фазових коефіцієнтів і перехідних інтервалів: $y_1 = 0,40$, $y_2 = 0,25$, $t_{III} = 3$ с, $t_{II2} = 4$ с, $L = 3 + 4 = 7$ с.

Визначити тривалість циклу T_{II} і при необхідності скоректовану тривалість циклу T_{II}^* .

За формулами (4.5), (4.6) і (4.7):

$$T = \frac{1,5 \cdot 7 + 5}{1 - (0,40 + 0,25)} = 44,29 \text{ с},$$

$$t_{31} = \frac{0,40}{0,65}(44,29 - 7) = 22,94 \approx 23 \text{ с},$$

$$t_{32} = \frac{0,25}{0,65}(44,29 - 7) = 14,34 \approx 15 \text{ с}.$$

$$T_{II} = 23 + 3 + 15 + 4 = 45 \text{ с}.$$

Необхідно перевірити, чи достатня тривалість зелених сигналів t_{31} і t_{32} для переходу пішоходами через проїзні частини вулиць *Б* і *А*.

Час, необхідний для переходу через проїзну частину вулиці *Б* за формулою (4.8) складе:

$$t_{3niu1} = 5 + \frac{12}{1,3} = 14,23 \approx 15 \text{ с} < t_{31} = 23 \text{ с}.$$

Те ж саме для переходу через проїзну частину вулиці *А*:

$$t_{3niu2} = 5 + \frac{20}{1,3} = 20,38 \approx 21 \text{ с} > t_{32} = 15 \text{ с}.$$

Отже, призначається уточнена тривалість зеленого сигналу в другій фазі: $t_{32}^* = 21$ с.

Далі визначають скоректовану тривалість циклу регулювання за формулами (4.10), (4.11), (4.12) і (4.9):

$$A = 2,5 \cdot 7 - 7 \cdot 0,4 + 21 + 5 = 40,7 \text{ с},$$

$$B = 1 - 0,40 = 0,60 ,$$

$$C = (7 + 21) \cdot (1,5 \cdot 7 + 5) = 434 \text{ с}^2,$$

$$T_{Ц}^* = \frac{40,7}{2 \cdot 0,6} + \sqrt{\frac{40,7^2}{4 \cdot 0,6^2} - \frac{434}{0,6}} = 54,58 \text{ с.}$$

За формулами (4.6) і (4.7) уточнена тривалість зеленого сигналу в першій фазі й остаточно тривалість циклу регулювання складе:

$$t_{31}^* = \frac{0,40}{0,65}(54,58 - 7) = 29,28 \approx 30 \text{ с,}$$

$$T_{Ц} = 30 + 3 + 21 + 4 = 58 \text{ с.}$$

Якщо для руху пішоходів на перехресті виділена окрема пішохідна фаза, то для розрахунку тривалості світлофорного циклу застосовують формули (4.9) – (4.12). При цьому в розрахунках значення Σy_i визначається як сумарний фазовий коефіцієнт за формулою (4.4), а значення Σt_{3niu} – це тривалість основного такту для руху пішоходів в окремій пішохідній фазі.

Для визначення тривалості основного такту для руху пішоходів в окремій пішохідній фазі розраховують за формулою (4.8) тривалість зелених сигналів для всіх напрямків руху пішоходів на перехресті й вибирають максимальну з них.

Коректування тривалості циклу і основних тактів на перехресті з урахуванням руху трамваїв так само, як і з урахуванням пішохідного руху.

При русі трамвая тривалість зеленого сигналу розраховується за формулами:

- для пропуску одного трамваю за один цикл регулювання:

$$t_{TP} = \frac{3,6(l_i + l_{TP})}{V_{TP}}, \text{ с,} \quad (4.13)$$

- для пропуску двох трамваїв за один цикл регулювання:

$$t_{TP} = \frac{3,6(l_i + 2l_{TP} + \Delta l)}{V_{TP}}, \text{ с,} \quad (4.14)$$

де l_i – відстань від стоп-лінії до самої далекої конфліктної точки;

l_{TP} – довжина трамваю, м;

Δl – дистанція між трамваями (не менш 60 м при швидкості 20 км/год);

V_{TP} – швидкість руху трамвая в межах перехрестя.

Тривалість основного такту не повинна бути меншою 7 с. Тривалість циклу світлофорного регулювання не повинна бути менше 25 с і більше 120 с. Якщо з розрахунку $T_{Ц} < 25$ с, то необхідно збільшити тривалість циклу до 25 с. Якщо з розрахунку $T_{Ц} > 120$ с, необхідно домогтися зниження тривалості циклу шляхом:

- збільшення кількості смуг на підходах до перехрестя;
- заборони окремих маневрів на перехресті;
- організації пропуску інтенсивних транспортних потоків протягом двох і

більше фаз регулювання;

- пристрою островців безпеки для пішоходів посередині широкої проїзної частини й т.д.

Після введення нового режиму (режимів) світлофорного регулювання на перехресті необхідно шляхом натурних обстежень остаточно визначити всі потоки насичення й внести в цикл корективи. Варто також регулярно контролювати процес руху на перехресті й при виникненні яких-небудь відхилень від «нормальної» роботи світлофорного об'єкту (черги на окремих напрямках, небезпечні ситуації й т.д.) уточнити тривалість відповідних тактів і фаз регулювання.

Запитання для самоконтролю

1. Наведіть основні етапи методики проектування режиму світлофорного регулювання на ізольованому перехресті.
2. Які умови введення світлофорного регулювання згідно з ДСТУ 4092-2002?
3. Наведіть загальні принципи визначення кількості фаз циклу світлофорного регулювання.
4. Що таке конфліктні і безконфліктні потоки на регульованому перехресті? Наведіть приклади.
5. Які конфліктні потоки на регульованому перехресті є неприпустимими?
6. Які конфліктні потоки на регульованому перехресті є припустимими?
7. Які конфліктні потоки на регульованому перехресті є припустимими за певних умов?
8. Яка умова допустимості конфлікту при одночасному русі прямого і зустрічного лівоповоротного транспортних потоків? Наведіть відповідний приклад розрахунку.
9. Яка умова допустимості конфліктів, які виникають при злитті транспортних потоків? Наведіть відповідний приклад розрахунку.
10. Як визначити кількість фаз світлофорного регулювання на перехресті із застосуванням методів теорії графів? Наведіть відповідний приклад.
11. Яка послідовність проектування схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті?
12. Яка загальна ідея і методика визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання?
13. Як розрахувати тривалість циклу і основних тактів світлофорного регулювання на перехресті без врахування пішохідного руху і руху трамваїв?
14. Коли і яким чином проводиться коректування тривалості циклу і основних тактів світлофорного регулювання з урахування пішохідного і трамвайного руху на перехресті?