

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Інженерно-технічний факультет

Кафедра транспортних технологій
та засобів АПК

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО
РУХУ
(Частина 2)**

Методичні рекомендації
до лабораторних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти
спеціальності 275 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

м. Кам'янець-Подільський
2025

Укладачі:

КОМАРНИЦЬКИЙ Сергій Петрович – доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК, кандидат технічних наук;

ШЕЛУДЧЕНКО Леся Сергіївна – завідувач кафедри транспортних технологій та засобів АПК, доктор технічних наук;

ФІРМАН Юрій Петрович – доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК, кандидат технічних наук;

МЕЛЬНИК Віталій Антонович – асистент кафедри транспортних технологій та засобів АПК

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (протокол № 4 від 28 травня 2025 р.)

Рецензенти:

ПОПОВИЧ Павло Васильович – завідувач кафедри транспорту і логістики Західноукраїнського національного університету, доктор технічних наук.

ДУГАНЕЦЬ Віктор Іванович – завідувач кафедри тракторів, автомобілів та енергетичних засобів дисциплін Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук.

Методичні рекомендації до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» / С.П. КОМАРНИЦЬКИЙ, Л.С. ШЕЛУДЧЕНКО, Ю.П. ФІРМАН, В.А. МЕЛЬНИК – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. – 54 с.

У методичних рекомендаціях, які розроблено з метою закріплення теоретичних знань і набуття практичних навичок з керування дорожнім рухом та впровадження технічних засобів, наведено класифікацію вантажів, наведено способи нанесення дорожньої розмітки, способи та схеми встановлення дорожніх знаків та світлофорів, наведено методику визначення затримки транспортних засобів на перехрестях та розрахунку тривалості циклу світлофорного регулювання.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Лабораторна робота №1. Розробка схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті	9
1.1. Рекомендації з розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті міських вулиць	9
1.2. Лабораторне завдання	9
2. Лабораторна робота №2. Визначення кількості фаз циклу світлофорного регулювання на перехресті	13
2.1. Рекомендації з визначення кількості фаз світлофорного регулювання на перехресті	13
2.1.1. Загальні принципи визначення кількості фаз світлофорного регулювання на перехресті	13
2.1.2. Загальні принципи визначення кількості фаз світлофорного регулювання на перехресті	16
2.1.3. Визначення кількості фаз світлофорного регулювання на перехресті із застосуванням методів теорії графів	19
2.2. Лабораторне завдання	24
3. Лабораторна робота №3. Розробка схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті	27
3.1. Рекомендації з розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті міських вулиць	27
3.2. Лабораторне завдання	27
4. Лабораторна робота №4. Визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання на перехресті	29
4.1. Рекомендації з визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання на перехресті	29

4.1.1. Загальна ідея визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання	29
4.1.2. Визначення тривалості перехідного інтервалу в фазі регулювання	29
4.1.3. Визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання на перехресті	33
4.2. Лабораторне завдання	36
5. Лабораторна робота №5. Проектування режиму світлофорного регулювання на ізольованому перехресті	37
5.1. Рекомендації з проектування режиму регулювання на ізольованому перехресті	37
5.1.1. Загальні положення	37
5.1.2. Визначення потоків насичення і фазових коефіцієнтів на перехресті	38
5.1.3. Розрахунок тривалості циклу і основних тактів світлофорного регулювання на ізольованому перехресті	40
5.2. Лабораторне завдання	43
6. Лабораторна робота №6. Багатопрограмне світлофорне регулювання на перехресті	45
6.1. Рекомендації з визначення необхідної кількості програм жорсткого світлофорного регулювання на перехресті	45
6.2. Лабораторне завдання	47
Список використаної літератури	48
Додаток А. Умовні позначення, що використовуються на схемах організації дорожнього руху	50
Додаток Б. Приклади схем організації дорожнього руху	52

ВСТУП

Дисципліна «Технічні засоби організації дорожнього руху» відноситься до циклу дисциплін професійної і практичної підготовки бакалаврів напряму спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)».

Вивчення дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» (ТЗОДР) спрямоване на формування у здобувачів вищої освіти знань із застосування й експлуатації ТЗОДР з метою реалізації методів організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст і автомобільних дорогах. У результаті вивчення дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху Р» студент повинен уміти: застосовувати ТЗОДР при розробці проектних рішень з організації дорожнього руху в конкретних умовах; виконувати інженерні розрахунки, пов'язані із впровадженням і експлуатацією ТЗОДР.

Навчальними планами підготовки бакалаврів спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» денної і заочної форм навчання при вивченні дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» передбачено виконання аудиторних лабораторних робіт а також самостійна робота студента з літературою і конспектом лекцій при підготовці до виконання лабораторних робіт.

В даних методичних рекомендаціях наведені індивідуальні завдання і рекомендації до виконання шести лабораторних робіт:

1. Розробка схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті.
2. Визначення кількості фаз регулювання на перехресті.
3. Розробка схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті.
4. Визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання на перехресті.
5. Проектування режиму світлофорного регулювання на ізолюваному перехресті.
6. Багатопрограмне світлофорне регулювання на перехресті.

У процесі виконання цих лабораторних робіт студент повинен освоїти методи та набути навички:

- розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на перехрестях міських вулиць;
- проектування режиму роботи світлофорного об'єкту;
- проектування багатопрограмного світлофорного регулювання на

перехресті.

При виконанні лабораторних робіт студенти набувають уміння самостійної творчої діяльності при розв'язанні конкретного інженерного завдання з урахуванням новітніх досягнень науки й техніки, а також уміння використовувати у своїй роботі технічну, нормативну й довідкову літературу.

Лабораторні заняття з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» проводяться в спеціалізованих аудиторіях із використанням методичної, інформаційно-довідкової та нормативної літератури, технічних засобів навчання під керівництвом викладача.

До виконання лабораторних робіт слід приступати після вивчення літератури, що рекомендується на початку кожної роботи.

Результати виконання кожної лабораторної роботи оцінюються викладачем при її захисті. Захист робіт проводиться безпосередньо на лабораторному занятті або на консультаціях. Консультації з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» проводяться протягом семестру за розкладом, що складений на кафедрі транспортних технологій та засобів АПК і затверджений у відповідному порядку.

Усереднена за всіма лабораторними роботами оцінка використовується при визначенні підсумкової рейтингової оцінки знань з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху».

Здобувач вищої освіти не допускається до підсумкової атестації з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху», якщо не виконані і не захищені всі лабораторні роботи.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1.

РОЗРОБКА СХЕМИ ДИСЛОКАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА НЕРЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ

Мета: набути навички розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті міських вулиць.

Література для самостійної підготовки: [1 – 5], [6, с. 183 – 185, с. 210 – 213], [7, с. 260 – 261, с. 273 – 274].

1.1. Рекомендації з розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті міських вулиць

Схема дислокації технічних засобів організації дорожнього руху – графічний документ, на якому умовними позначеннями відображена організація дорожнього руху на визначеній ділянці дороги чи вулиці у вигляді раціонального застосування, розміщення та ув'язки між собою технічних засобів організації дорожнього руху.

На нерегульованих перехрестях організація дорожнього руху реалізується за допомогою дорожніх знаків і дорожньої розмітки.

Застосування і розміщення дорожніх знаків регламентується ДСТУ 4100 [1]. Правила застосування дорожньої розмітки наведені в ДСТУ 2587 [2]. Умовні позначення ТЗОДР на схемі організації дорожнього руху повинні бути у відповідності до вимог ДСТУ 4159 [3], СОУ 45.2 – 00018112 – 048 [4] і наведені в додатку А.

Запроектована схема дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому 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.

1.2. Лабораторне завдання

Завдання. Розробити схему дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті міських магістральних вулиць районного значення при наступних вихідних даних:

- план перехрестя із вказівкою кількості смуг руху на вулицях, що перехрещуються, і дозволених напрямків руху по них, а також із

вказівкою місць переходу пішоходами проїзної частини вулиць у зоні перехрестя (рис. 1.1 – 1.3);

- напрямом головної дороги на перехресті;
- напрямом, у якому заборонений рух вантажних автомобілів.

Вихідні дані для вирішення завдання наведені в таблиці 1.1. Номер варіанта відповідає порядковому номеру студента в списку групи.

Таблиця 1.1

Вихідні данні для проектування схеми організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті

№ варіанта	Схема перехрестя	Напрямок головної дороги	Напрямок на перехресті, у якому заборонено рух вантажних автомобілів
1	рис. 1.1	А – В	А
2	рис. 1.1	А – В	Б
3	рис. 1.1	А – В	В
4	рис. 1.1	А – В	Г
5	рис. 1.1	Б – Г	А
6	рис. 1.1	Б – Г	Б
7	рис. 1.1	Б – Г	В
8	рис. 1.1	Б – Г	Г
9	рис. 1.2	А – В	А
10	рис. 1.2	А – В	Б
11	рис. 1.2	А – В	В
12	рис. 1.2	А – В	Г
13	рис. 1.2	Б – Г	А
14	рис. 1.2	Б – Г	Б
15	рис. 1.2	Б – Г	В
16	рис. 1.2	Б – Г	Г
17	рис. 1.3	А – В	А
18	рис. 1.3	А – В	Б
19	рис. 1.3	А – В	В
20	рис. 1.3	А – В	Г
21	рис. 1.3	Б – Г	А
22	рис. 1.3	Б – Г	Б
23	рис. 1.3	Б – Г	В
24	рис. 1.3	Б – Г	Г

Порядок виконання лабораторної роботи:

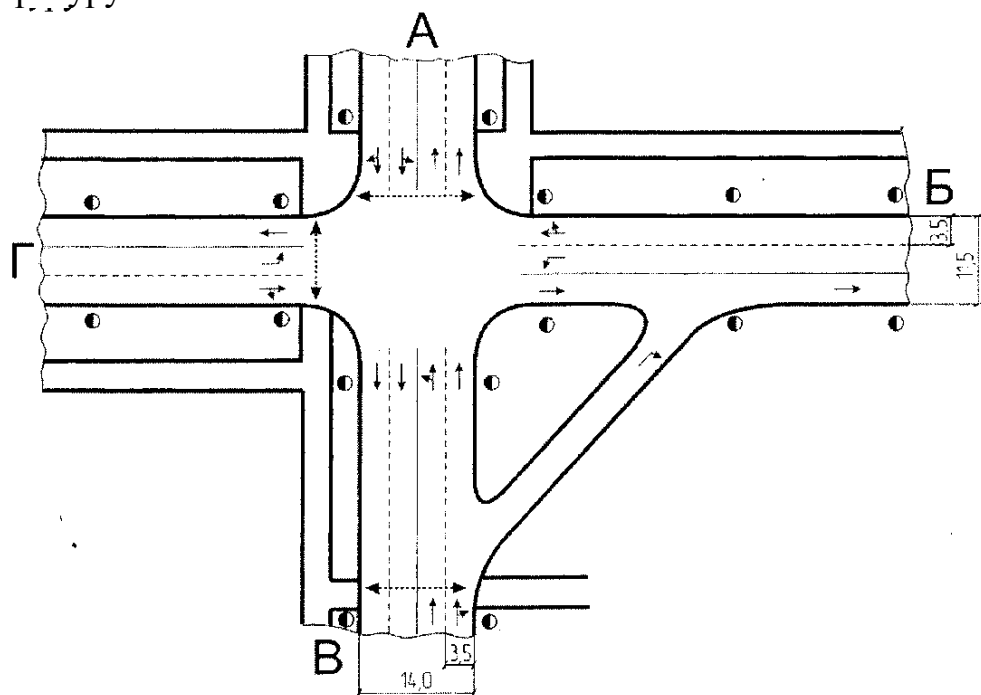
- накреслити схему перехрестя на окремому аркуші формату А3 з використанням масштабу 1:500;
- нанести розмітку пішохідних переходів;
- у відповідності з організацією дорожнього руху на нерегульованому перехресті з використанням нормативу [2] нанести розмітку смуг руху і

розмітку, що інформує про дозволені напрямки руху по смугах. При необхідності, нанести розмітку, що позначає траєкторії руху транспорту у межах перехрестя, і розмітку, що позначає пріоритет у русі на перехресті;

- з використанням нормативу [1] з урахуванням схеми дорожньої розмітки на перехресті встановити: дорожні знаки пріоритету; знаки, що інформують про дозволені напрямки руху по смугах; знаки, що позначають пішохідні переходи; знаки, що вводять обмеження руху вантажного транспорту на перехресті;
- позначити на схемі дислокації ТЗОДР місця розташування усіх ТЗОДР шляхом вказівки пікетажу і відстані від краю проїзної частини.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- схему дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на нерегульованому перехресті, яку розроблено студентом;
- пояснювальну записку до схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху, у якій обґрунтовується необхідність застосування, розташування й узгодження між собою технічних засобів організації дорожнього руху з обов'язковим посиланням на нормативну літературу.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

- A, Б, В, Г - напрямки руху на перехресті;
- , ↗, ↘, ↙, ↕ - дозволені напрямки руху по смузі;
- ↔ - місце розташування пішохідного переходу;
- - опора штучного освітлення;
- - межі проїзної частини вулиці і тротуарів;
- - межі смуг руху.

Рисунок 1.1 – *План перехрестя для розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху за варіантами 1 ... 8*

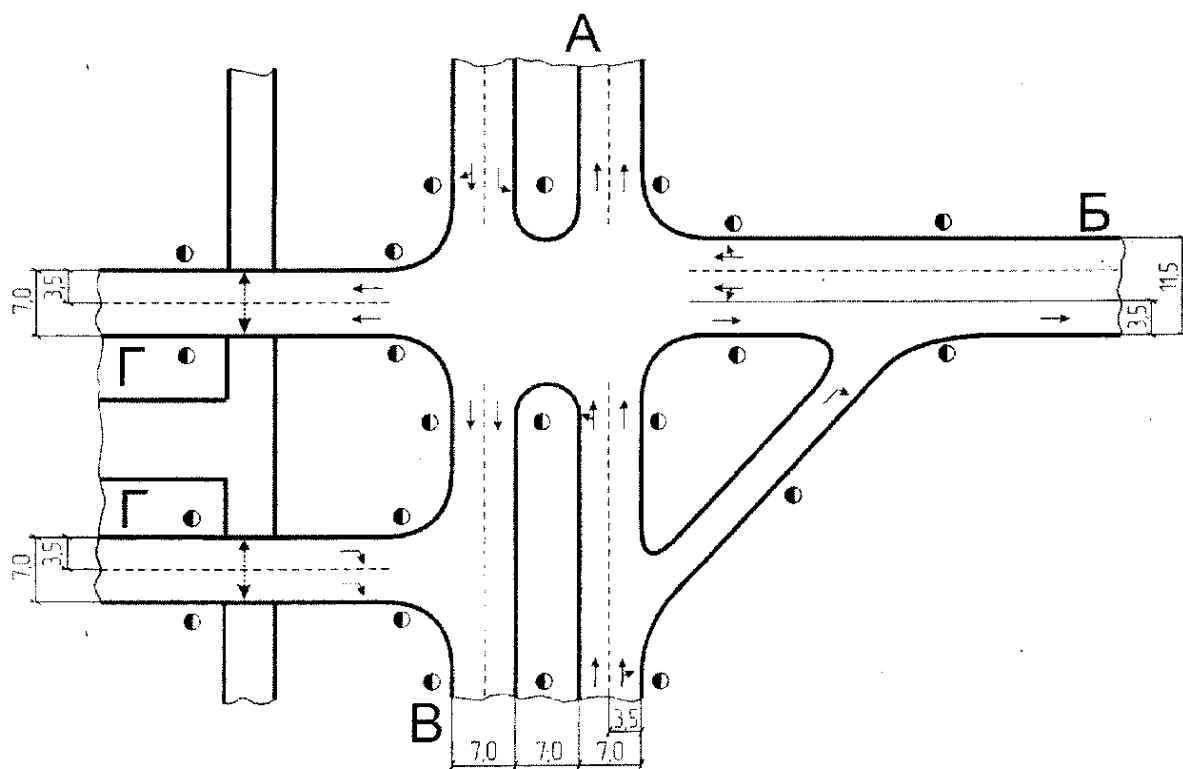


Рисунок 1.2 – План перехрестя для розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху за варіантами 9...16

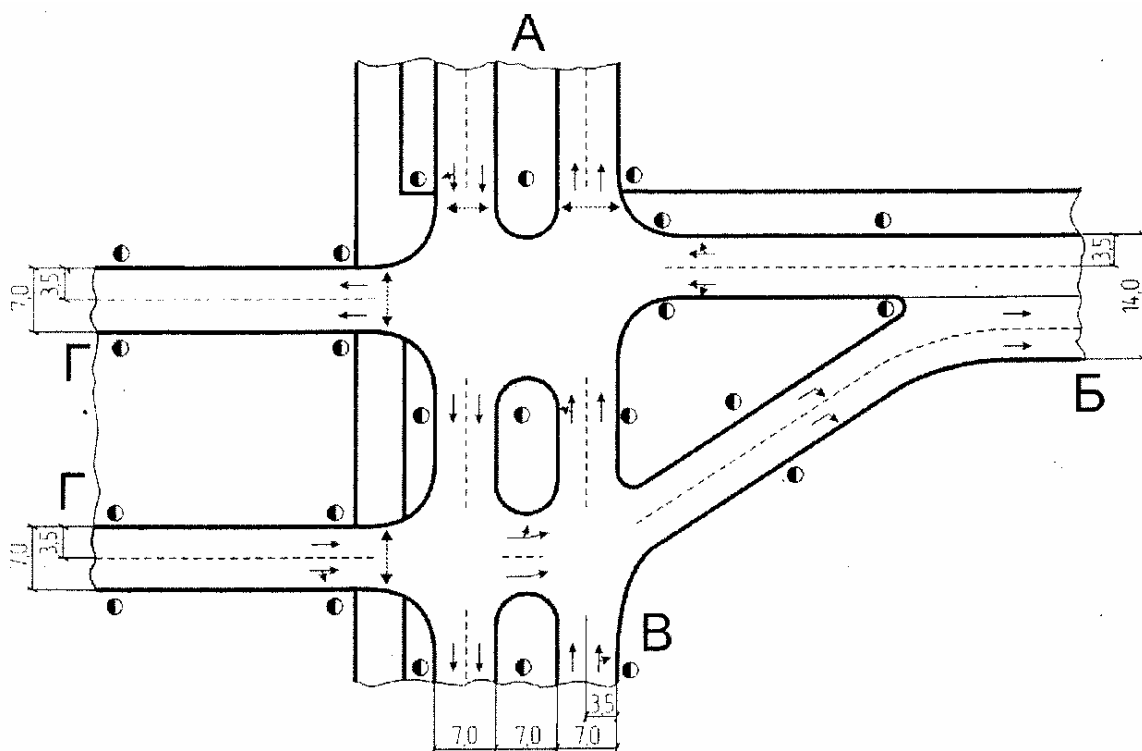


Рисунок 1.3 – План перехрестя для розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху за варіантами 17...24

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ФАЗ ЦИКЛУ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ

Мета: набути навички обґрунтування кількості фаз циклу світлофорного регулювання на перехресті.

Література для самостійної підготовки: [6, с. 42 – 50], [7, с. 294 – 297], [8, с. 94 – 98], [9, с. 110 – 114], [10, с. 217 – 229], [11, с. 23 – 38, с. 52 – 55], [12, п. 7.10].

2.1 Рекомендації з визначення кількості фаз циклу світлофорного регулювання на перехресті

2.1.1 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. 2.1).

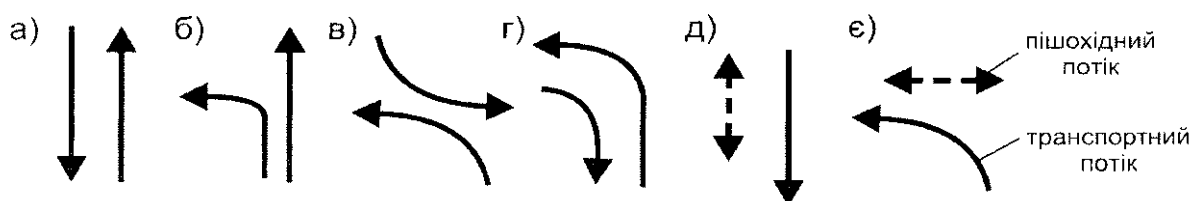


Рисунок 2.1 – *Приклади безконфліктних потоків на перехресті*

В ідеальному випадку, необхідно було б розробити 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 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 пропускної здатності перехрестя. Їх можна застосовувати лише у виняткових випадках і тільки при наявності резерву пропускної 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. 2.2 а та 2.2 б); одночасний рух лівоповоротних транспортних потоків (рис. 2.2 в); одночасний рух лівоповоротного транспортного потоку із прямим зустрічним транспортним потоком по вулиці, на яку виконується лівий поворот (рис. 2.2 г); одночасний рух право- або лівоповоротного транспортного потоку з пішохідним потоком через проїзну частину, з якої виконується поворот (рис. 2.2 д і 2.2 є); одночасний рух двох або більше потоків в одному напрямку з їх злиттям на одній смузі на виїзді з перехрестя (рис. 2.2 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. 2.3). Припустимі конфліктні потоки можуть перебувати в одній фазі регулювання.

Можливі схеми припустимих за певних умов конфліктів на регульованих перехрестях представлені на рис. 2.4.

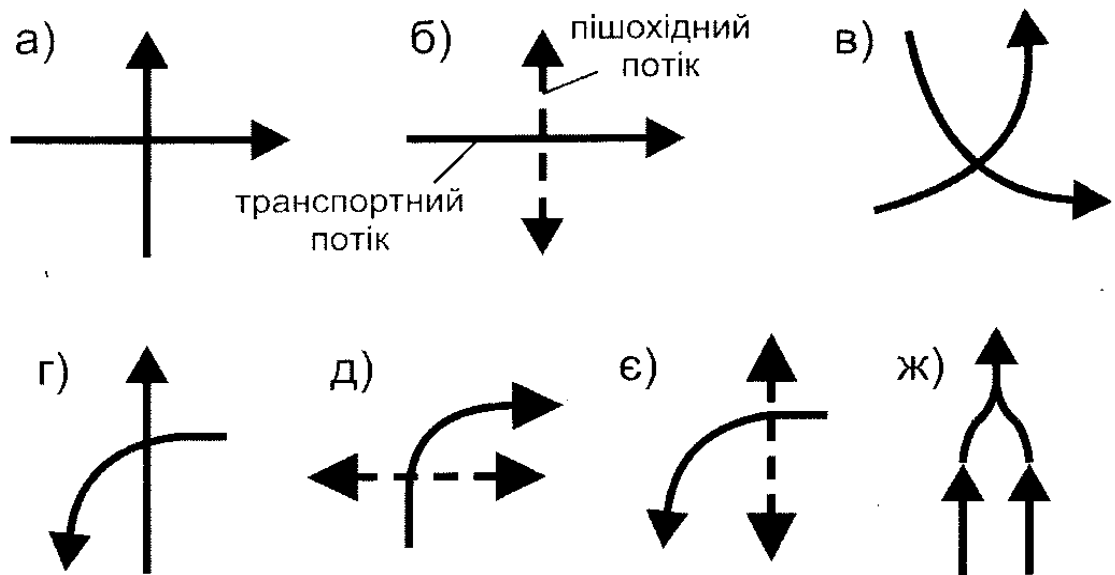


Рисунок 2.2 – *Неприпустимі схеми конфліктів на регульованому перехресті*

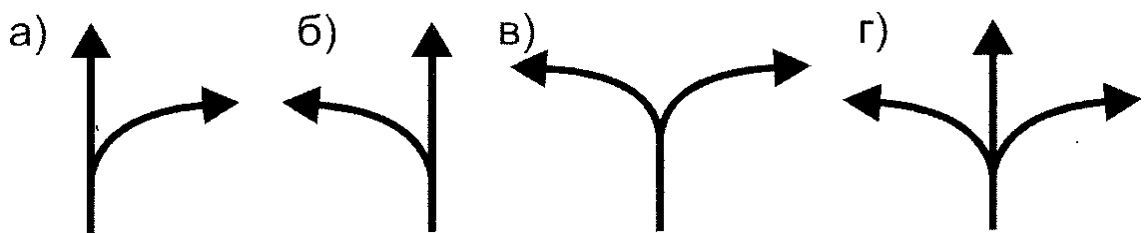


Рисунок 2.3 – *Припустимі схеми конфліктів на регульованому перехресті*

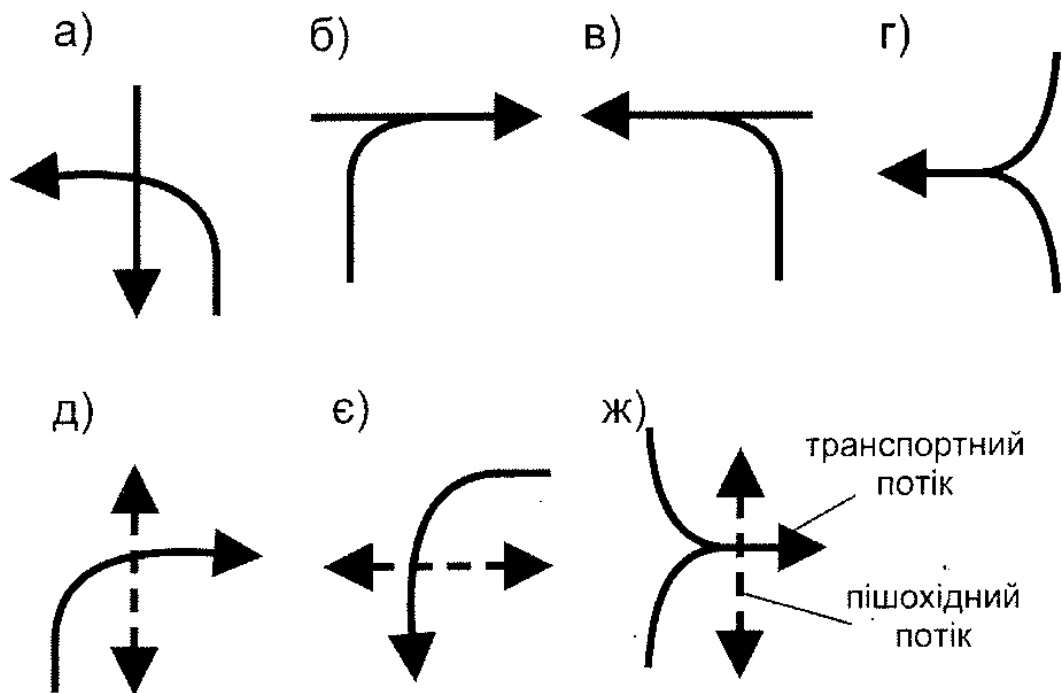


Рисунок 2.4 – *Припустимі за певних умов схеми конфліктів на регульованому перехресті*

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

Умова допустимості конфлікту при одночасному русі прямого і зустрічного лівоповоротного транспортних потоків (рис. 2.4 а) наступна [9]:

$$N_{\text{л}} = \frac{120k_1 \cdot N_{1\text{max}}}{N_2}, \quad (2.1)$$

де $N_{\text{л}}$ – 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;

k_1 – коефіцієнт багатосмуговості; для однорядного лівоповоротного потоку $k_1 = 1$, для дворядного – $k_1 = 1,8$, для трирядного – $k_1 = 2,46$;

$N_{1\text{max}}$ – 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 (2.1), то в одній фазі допускається конфлікт за схемою на рис. 2.4 а. У протилежному випадку, лівоповоротний транспортний потік і зустрічний прямий транспортний потік повинні бути рознесені в різні фази.

Приклад 1. Розглядається допустимість конфлікту лівоповоротного і зустрічного прямого транспортних потоків в одній фазі (рис. 2.5 а). При $N_{1\text{max}} = 400$ *од./год.*, $N_2 = 300$ *од./год.* максимально допустима інтенсивність лівоповоротного потоку за формулою (2.1) буде:

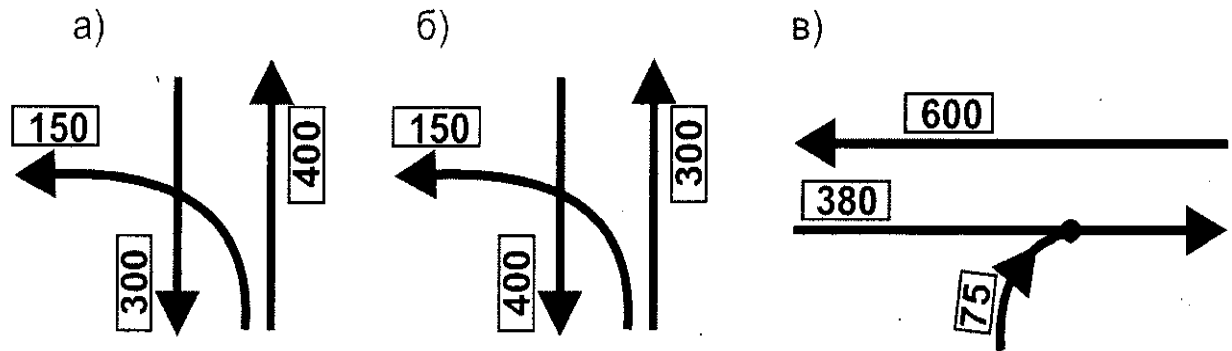
$$N_{\text{л}} = \frac{120k_1 \cdot N_{1\text{max}}}{N_2} = \frac{120 \cdot 1 \cdot 400}{300} = 160 \text{ од./год.}$$

Фактична приведена інтенсивність руху на лівому повороті (150 *од./год.*) менша максимально допустимої (160 *од./год.*). Отже, для ситуації на рис. 2.5 а в одній фазі допускається одночасний рух лівоповоротного й зустрічного прямого транспортних потоків.

Приклад 2. Максимально допустима приведена інтенсивність лівоповоротного потоку на рис. 2.5 б:

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

Фактична приведена інтенсивність руху на лівому повороті (150 од./год.) більша максимально припустимої (120 од./год.). Отже, для ситуації на рис. 2.5 б рух лівоповоротного й зустрічного прямого транспортних потоків повинен здійснюватися в різних фазах.



600 – величина інтенсивності транспортного потоку
у приведених одиницях, од./год.

Рисунок 2.5 – *Схеми до прикладів визначення допустимості конфліктів у фазі регулювання*

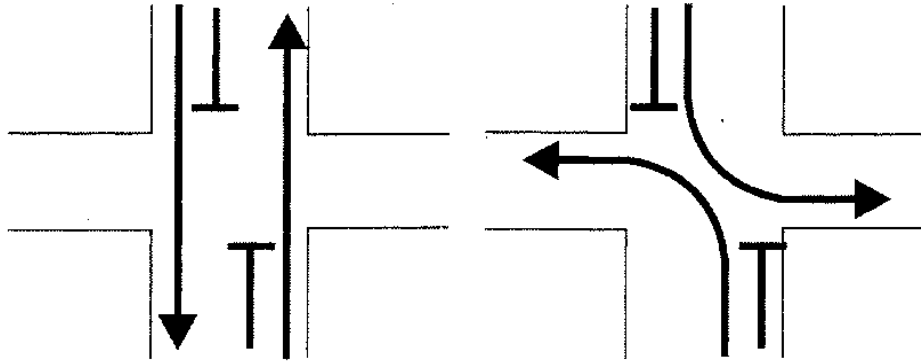
При виборі варіанта організації лівоповоротного руху необхідно враховувати кількість смуг руху перед «стоп-лінією» і дотримуватися наступних принципів:

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. 2.6 а).

2. Прагнути до рівномірного завантаження смуг. Приведена інтенсивність руху, що у середньому доводиться на одну смугу, не повинна перевищувати 700 од./год. [6].

Якщо (наприклад, як у випадку на рис. 2.5 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 прями зустрічні потоки повинні бути рознесені в різні фази (рис. 2.6 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

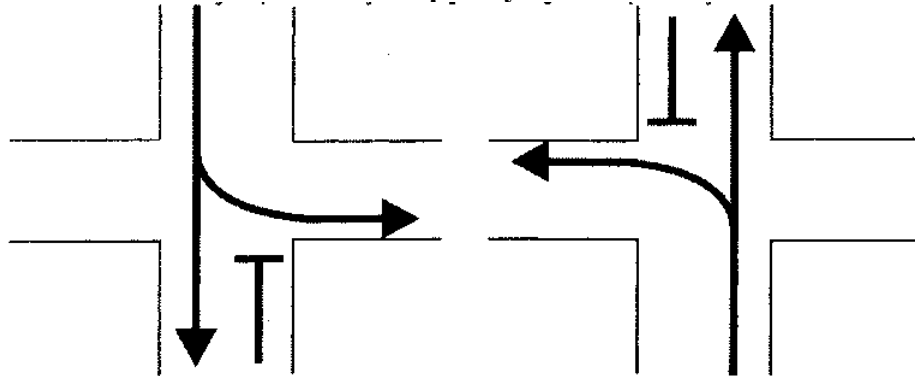


Рисунок 2.6 – *Варіанти організації лівоповоротного руху на регульованому перехресті*

Умова допустимості конфлікту, показаного на рис. 2.4 б, наступна [9]:

$$N_{\text{дон}} = \frac{N_n \cdot N_{l_{\text{max}}}}{1500}, \quad (2.2)$$

де $N_{\text{дон}}$ – максимально допустиме значення приведеної інтенсивності руху для кожного з конфлікуючих транспортних потоків, *од./год.*; на рис. 2.4б 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;

$N_{l_{\text{max}}}$ – 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.*

Для конфлікту, що показаний на рис. 2.4 б, за формулою (2.2) розраховується максимально допустиме значення приведеної інтенсивності

руху для кожного з конфліктуючих транспортних потоків. Якщо фактична приведена інтенсивність хоча б одного із цих транспортних потоків перевищує відповідну величину, яку розраховано за формулою 2.2, то в одній фазі не допускається сполучати рух транспорту за цими напрямками.

Приклад 3. Розглядається допустимість конфлікту прямого і правоповоротного транспортних потоків в одній фазі (рис. 2.5 в). Інтенсивність транспортного потоку, узятая за основу розрахунку тривалості фази світлофорного регулювання – $N_{I_{max}} = 600 \text{ од./год.}$. 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 (2.2):

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

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):

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

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 (2.2) робиться висновок про допустимість конфліктів, схеми яких представлені на рисунках 2.4 в і 2.4 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. [11].

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

В існуючих нормативних документах [11, 12] і навчальній літературі [6–10] 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 поєднують рух цього потоку з не конфліктуєчими 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 [13].

Розглянемо перехрестя, що зображено на рис. 2.7. Приймемо, що вулиця $A - B$ є вулицею з одностороннім рухом, як це показано на рис. 2.7, а вулиця $B - Г$ – з двостороннім рухом. На даному перехресті дозволені такі напрямки руху: пішохідний рух у напрямку $в-в$, рух транспорту у напрямках $AB, AV, AG, BB, BG, ГБ, ГВ$.

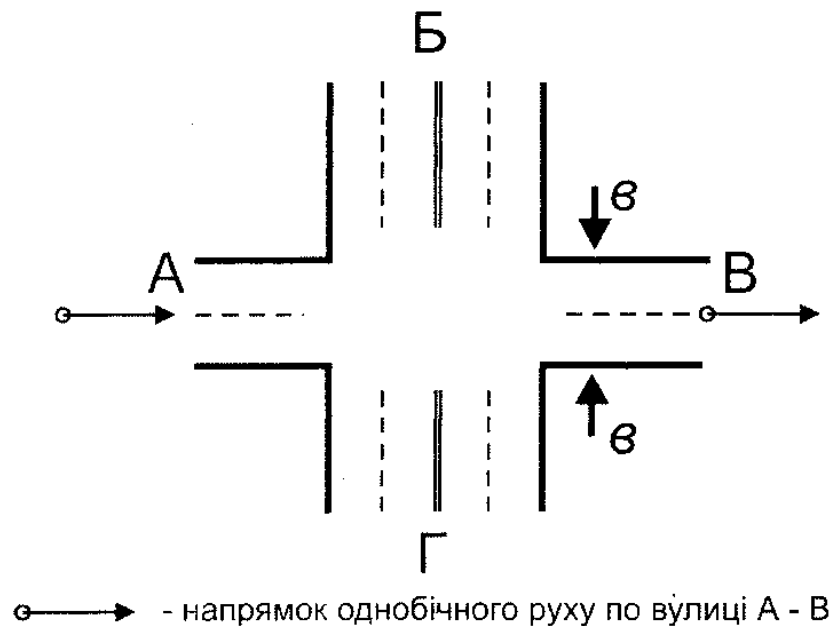


Рисунок 2.7 – *Схема перехрестя до прикладу визначення мінімальної кількості фаз регулювання*

Нехай у результаті аналізу конфліктних точок на перехресті визначені напрямки руху, конфлікт між якими при організації світлофорного регулювання є неприпустимим. В табл. 2.1 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. 2.1 показана сумарна кількість конфліктів i -того напрямку з рештою напрямків.

Таблиця 2.1

Результати аналізу допустимості конфліктів між потоками для перехрестя, що зображено на рис. 2.7

Напрямок руху	АБ	АВ	АГ	БВ	БГ	ГБ	ГВ	$\nu - \nu$	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
$\nu - \nu$	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 2.1 проставлено «1» (рис. 2.8).

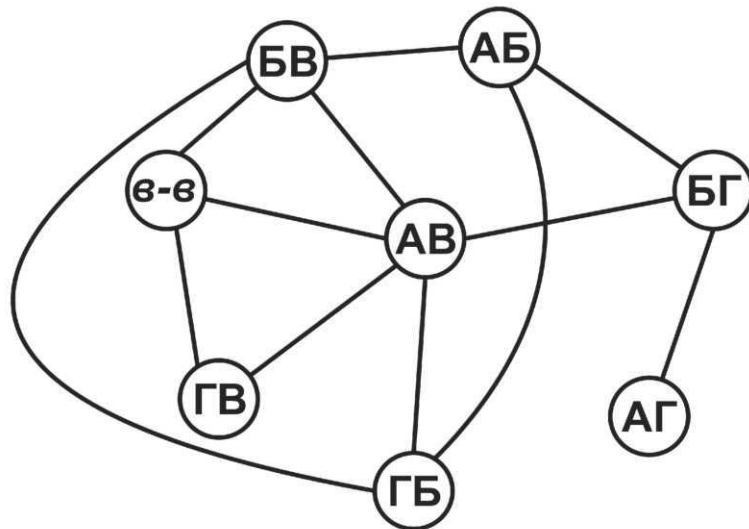


Рисунок 2.8 – *Граф взаємозв'язків напрямків руху на перехресті*

Застосуємо «жадібний» алгоритм розфарбування графа. Задача полягає в тому, щоб розфарбувати граф на рис. 2.8 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. 2.8 це вершина АВ. На рис. 2.9 а вершину АВ офарблюємо в червоний колір).

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. 2.9 б в червоний колір зафарбовано вершини AB , AB і AG).

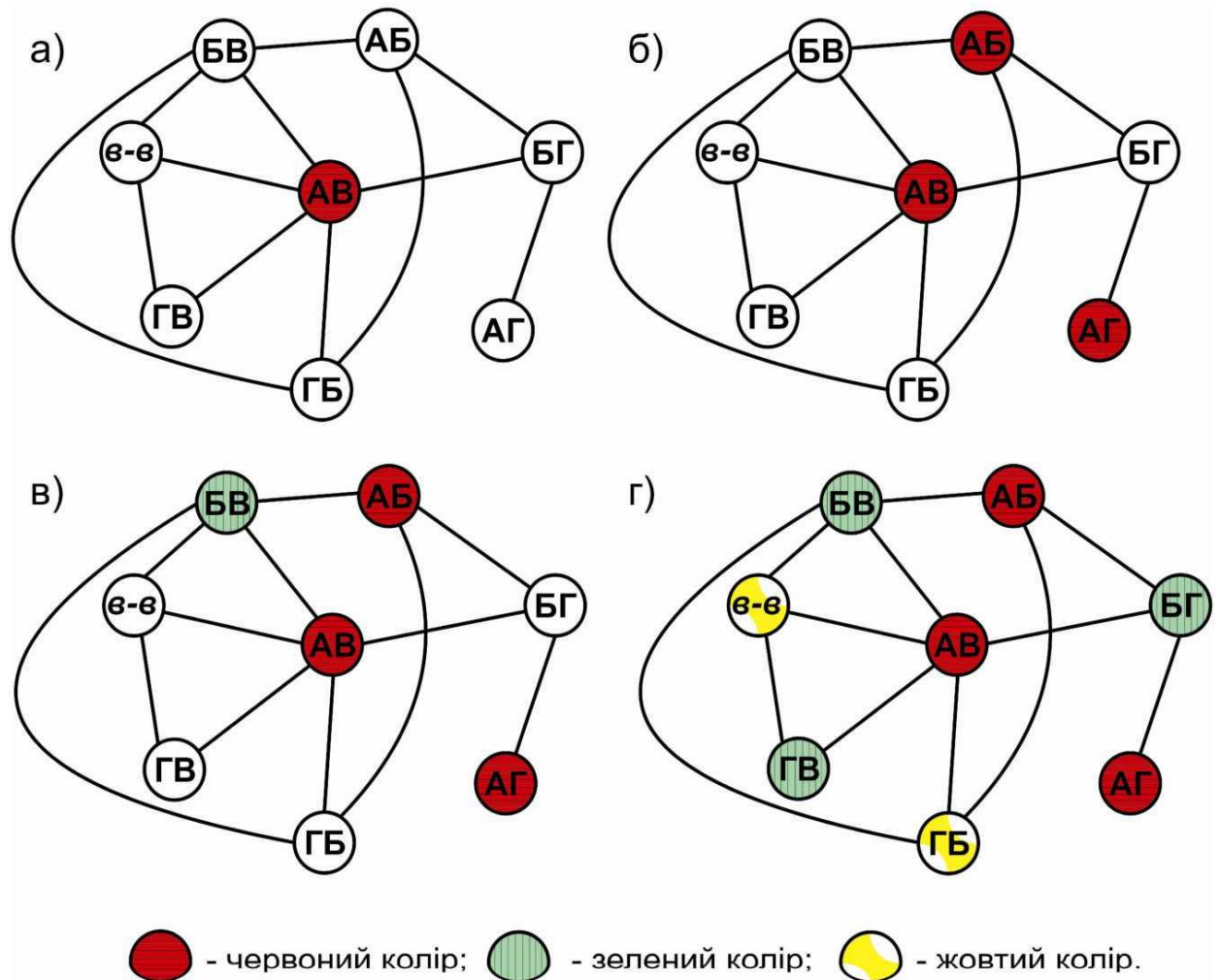


Рисунок 2.9 – *Приклад розфарбування графа з використанням «жадібного» алгоритму*

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. 2.9 в це вершина BB , 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. 2.9 г в зелений колір

зафарбовуємо вершини BB , $BГ$ і $ГB$; 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. 2.2).

Таблиця 2.2

Компонування напрямків руху на перехресті за групами

Фаза	Колір	Основний варіант komponування напрямків руху на перехресті у групи	Альтернативні варіанти
1	Червоний	$AB, AB, AГ$	
2	Зелений	$BB, BГ, GB$	
3	Жовтий	$ГБ, в-в$	1 варіант: $AГ$ 2 варіант: $BГ$

У таблиці 2.2 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 $ГБ$, $в-в$ і рух в напрямку $AГ$, то для напрямку $AГ$ необхідно виділити окрему смугу руху, рух якою буде дозволений у першій і третій фазах (рис. 2.10 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 $AB, AB, AГ$ здійснювати рух у напрямку $ГB$.

Якщо ж прийняти другий альтернативний варіант і в третій фазі дозволити разом з напрямками $ГБ, в-в$ і рух в напрямку $BГ$, то окрему смугу руху необхідно виділити для напрямку $BГ$. Рух в напрямку $BГ$ при цьому буде дозволений у другій і третій фазах (рис. 2.10 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 [9]:

1. Сумарні затримки транспортних засобів на перехресті;
2. Конфліктне завантаження світлофорного об'єкта;
3. Сумарне значення пробігу транспорту по території світлофорного об'єкта.

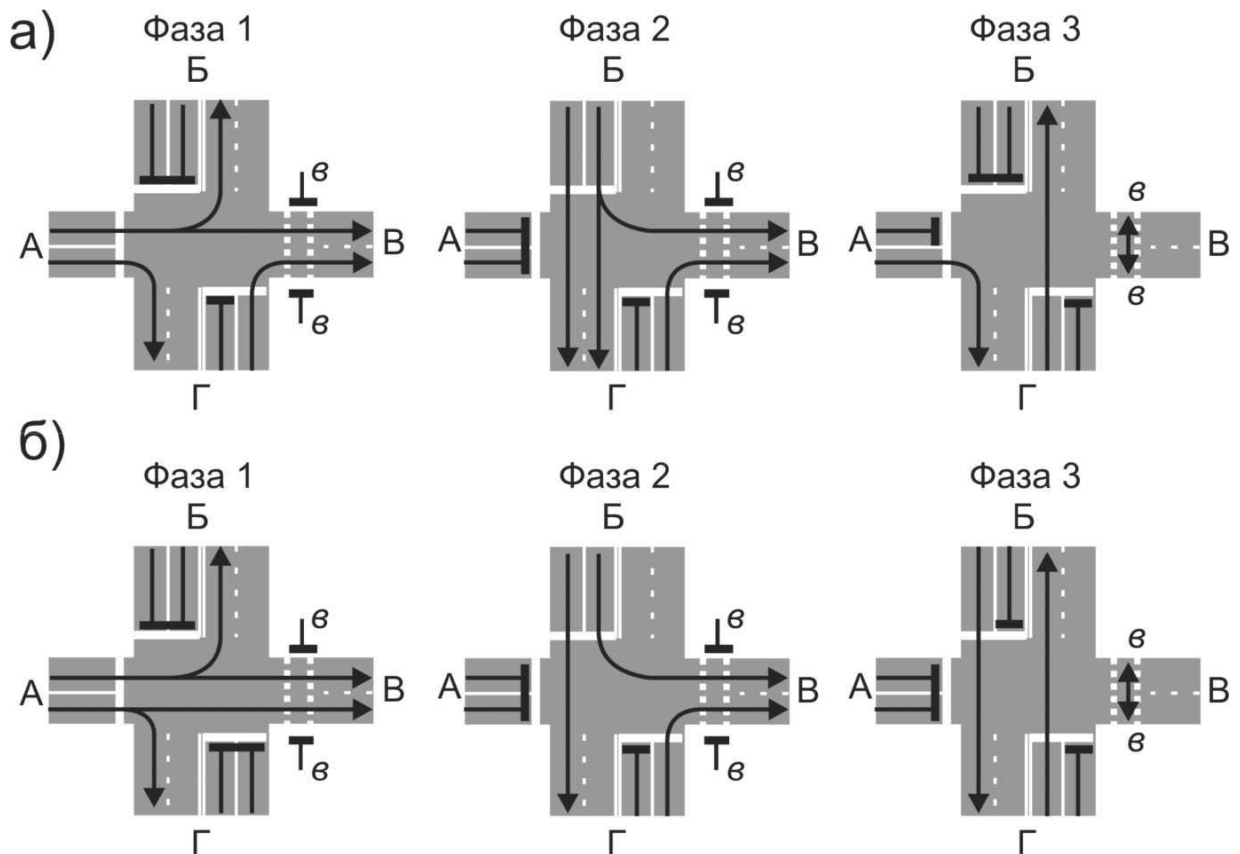


Рисунок 2.10 – *Варіанти схеми пофазного роз'їзду*

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 [9]:

2.2 Лабораторне завдання

Номер варіанта завдання відповідає порядковому номеру студента в списку групи.

Завдання. Визначити кількість фаз світлофорного регулювання і запропонувати варіанти схем пофазного роз'їзду на перехресті при наступних вихідних даних:

- план перехрестя із вказівкою кількості смуг руху на вулицях, що перехрещуються (для варіантів 1 – 8 на рис. 2.11 а; для варіантів 9 – 16 на рис. 2.11 б; для варіантів 17 – 24 на рис. 2.11 в);
- величина інтенсивності транспортних і пішохідних потоків у всіх дозволених напрямках руху на перехресті (табл. 2.3).

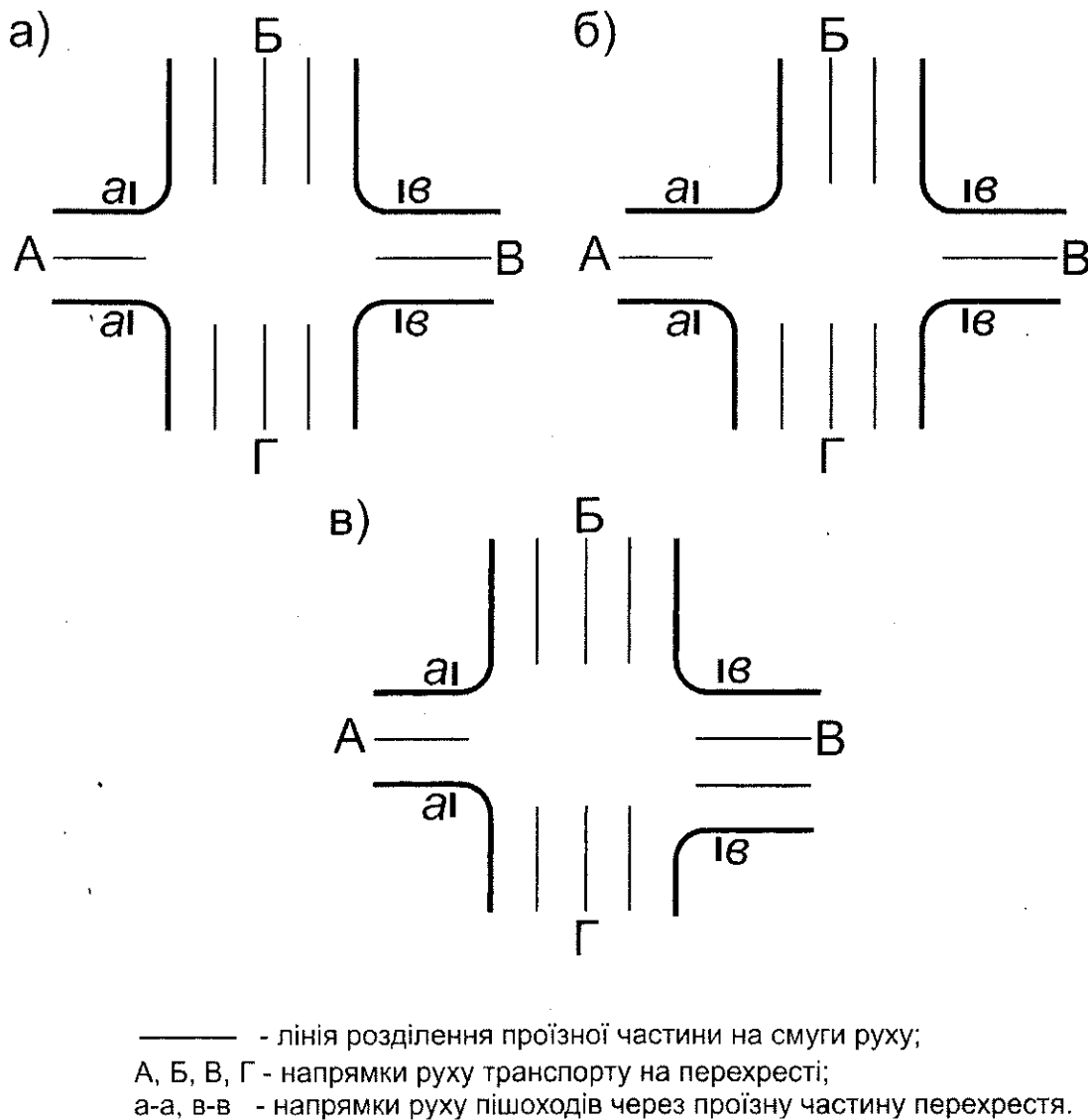


Рисунок 2.11 – *Плани перехресть до лабораторної роботи № 2*

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- пояснювальну записку з усіма необхідними для вирішення завдання практичної роботи розрахунками, схемами й таблицями;
- усі можливі варіанти схем пофазного роз'їзду на перехресті, що отримані в результаті аналізу конфліктних точок на перехресті, кожний з яких має бути накреслений на окремому аркуші формату А4.

Таблиця 2.3

Вихідні дані до лабораторної роботи № 2

№ варіанта	Максимальна величина інтенсивності руху транспортних (пішохідних) потоків за напрямками руху на перехресті, од./год. (піш./год.)													
	<i>АБ</i>	<i>АВ</i>	<i>АГ</i>	<i>БА</i>	<i>БВ</i>	<i>БГ</i>	<i>ВА</i>	<i>ВБ</i>	<i>ВГ</i>	<i>ГА</i>	<i>ГБ</i>	<i>ГВ</i>	<i>а-а</i>	<i>в-в</i>
1	50	200	130	0	130	350	0	0	0	0	400	100	0	300
2	120	200	130	0	90	350	0	0	0	0	300	100	0	300
3	50	200	130	0	130	350	0	0	0	0	400	100	300	0
4	120	200	130	0	90	350	0	0	0	0	300	160	300	0
5	0	0	0	100	0	400	200	130	50	130	350	0	0	300
6	0	0	0	100	0	300	200	130	120	90	350	0	0	300
7	0	0	0	100	0	400	200	130	50	130	350	0	300	0
8	0	0	0	160	0	300	200	130	120	90	350	0	300	0
9	50	200	130	0	130	350	0	0	0	0	400	100	0	300
10	120	200	130	0	90	350	0	0	0	0	300	100	0	300
11	50	200	130	0	130	350	0	0	0	0	400	100	300	0
12	120	200	130	0	90	350	0	0	0	0	300	160	300	0
13	0	0	0	100	0	400	200	130	50	130	350	0	0	300
14	0	0	0	100	0	300	200	130	120	90	350	0	0	300
15	0	0	0	100	0	400	200	130	50	130	350	0	300	0
16	0	0	0	160	0	300	200	130	120	90	350	0	300	0
17	50	200	130	0	130	350	0	0	0	0	400	100	0	300
18	120	200	130	0	90	350	0	0	0	0	300	100	0	300
19	50	200	130	0	130	350	0	0	0	0	400	100	300	0
20	120	200	130	0	90	350	0	0	0	0	300	160	300	0
21	0	0	0	100	0	400	200	130	50	130	350	150	0	300
22	0	0	0	100	0	300	200	130	120	90	350	110	0	300
23	0	0	0	100	0	400	200	130	50	130	350	90	300	0
24	0	0	0	160	0	300	200	130	120	90	350	70	300	0

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3.

РОЗРОБКА СХЕМИ ДИСЛОКАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА РЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ

Мета: набути навички розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті міських вулиць.

Література для самостійної підготовки: [1 – 5], [6, с. 36 – 38], [7, с. 285 – 290], [12].

3.1 Рекомендації з розробки схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті міських вулиць

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

Застосування і розміщення дорожніх знаків регламентується ДСТУ 4100 [1]. Правила застосування дорожньої розмітки наведені в ДСТУ 2587 [2]. Правила застосування і розміщення світлофорів наведені в ДСТУ 4092 [12]. Умовні позначення ТЗОДР на схемі організації дорожнього руху повинні бути у відповідності до вимог ДСТУ 4159 [3], СОУ 45.2 – 00018112 – 048 [4] 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.

3.2 Лабораторне завдання

Завдання. Розробити схему дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті міських магістральних вулиць при наступних вихідних даних:

- план перехрестя із вказівкою кількості смуг руху на вулицях, що перехрещуються (узяти з лабораторної роботи № 2 у відповідності з варіантом);
- схема пофазного роз'їзду на перехресті (один з варіантів схеми пофазного роз'їзду на перехресті, що є результатом виконання лабораторної роботи № 2. Варіант схеми пофазного роз'їзду на перехресті для виконання лабораторної роботи приймається студентом за узгодженням з викладачем).

Порядок виконання лабораторної роботи:

- накреслити схему перехрестя на окремому аркуші формату А3 з використанням масштабу 1:500. Прийняти ширину смуги руху – 3,75 м, радіуси заокруглень бордюрного каменю на перехресті – 10 м;
- нанести розмітку пішохідного переходу;
- у відповідності зі схемою пофазного роз'їзду на перехресті з використанням нормативу [12] визначити тип і місця розташування світлофорів;
- у відповідності зі схемою пофазного роз'їзду на перехресті і з урахуванням місць розташування світлофорів з використанням нормативу [2] визначити місця розташування «стоп-ліній» на перехресті, нанести розмітку смуг руху і розмітку, що інформує про дозволені напрямки руху по смугах. При необхідності, нанести розмітку, що позначає траєкторії руху транспорту у межах перехрестя;
- з використанням нормативу [1] з урахуванням місць розташування світлофорів і схемою дорожньої розмітки на перехресті встановити: дорожні знаки пріоритету; знаки, що інформують про дозволені напрямки руху по смугах; знаки, що позначають пішохідні переходи і місця зупинки транспортних засобів при сигналі світлофора, що забороняє рух;
- позначити на схемі дислокації ТЗОДР місця розташування усіх ТЗОДР шляхом указівки пікетажу і відстані від краю проїзної частини.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- схему дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті, яку розроблено студентом;
- пояснювальну записку до схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху, у якій обґрунтовується необхідність застосування, розташування й ув'язка між собою технічних засобів організації дорожнього руху з обов'язковим посиланням на нормативну літературу.

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ЧЕРГУВАННЯ ФАЗ В ЦИКЛІ РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ

Мета: набути навички розрахунку тривалості перехідних інтервалів і визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання на перехресті.

Література для самостійної підготовки: [6, с. 55 – 57], [7, с. 306 – 309], [8, с. 97 – 113], [9, с. 114], [11, с. 33 – 35], [14], [15, с. 75 – 85].

4.1 Рекомендації з визначення послідовності чергування фаз в циклі регулювання на перехресті.

4.1.1 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. 2.10 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.

4.1.2 Визначення тривалості перехідного інтервалу в фазі регулювання

Під перехідним інтервалом розуміється проміжок часу, протягом якого відбувається зміна сигналів світлофорів, що дозволяють рух, для двох суміжних фаз регулювання (тобто, проміжок часу з моменту вимикання зеленого сигналу в одній фазі до моменту включення зеленого сигналу наступної фази регулювання).

Тривалість перехідного інтервалу розраховують виходячи з того, що водій транспортного засобу, який під'їжджає до перехрестя у момент зміни сигналу світлофора із зеленого на жовтий, за час перехідного інтервалу має можливість або зупинити автомобіль біля стоп-лінії шляхом застосування робочого гальмування, або не змінюючи швидкості руху минути всі конфліктні точки на перехресті до того, як їх досягнуть транспортні засоби або пішоходи, що почали рух по зеленому сигналу в наступній фазі регулювання (тут під «конфліктною точкою» слід розуміти точку можливої зустрічі транспортних засобів або транспортного засобу й пішохода, рух яких відбувається в різних фазах регулювання [11]).

Зупинити автомобіль біля стоп-лінії шляхом застосування робочого гальмування водій зможе тільки в тому випадку, якщо відстань від автомобіля до стоп-лінії (S_0) буде не менше зупинного шляху ($S_{зш}$): $S_0 \geq S_{зш}$.

Якщо ж $S_0 < S_{зш}$, то водій вже не може шляхом застосування робочого гальмування зупинити автомобіль біля стоп-лінії. У цьому випадку водій повинен проїхати стоп-лінію і звільнити перехрестя (п. 8.11 Правил дорожнього руху України).

Розглянемо випадок, коли $S_0 = S_{зш}$ (рис. 4.1). Цей випадок зветься зоною дилеми, коли водії рівноімовірно можуть прийняти рішення про зупинку або проїзд перехрестя.

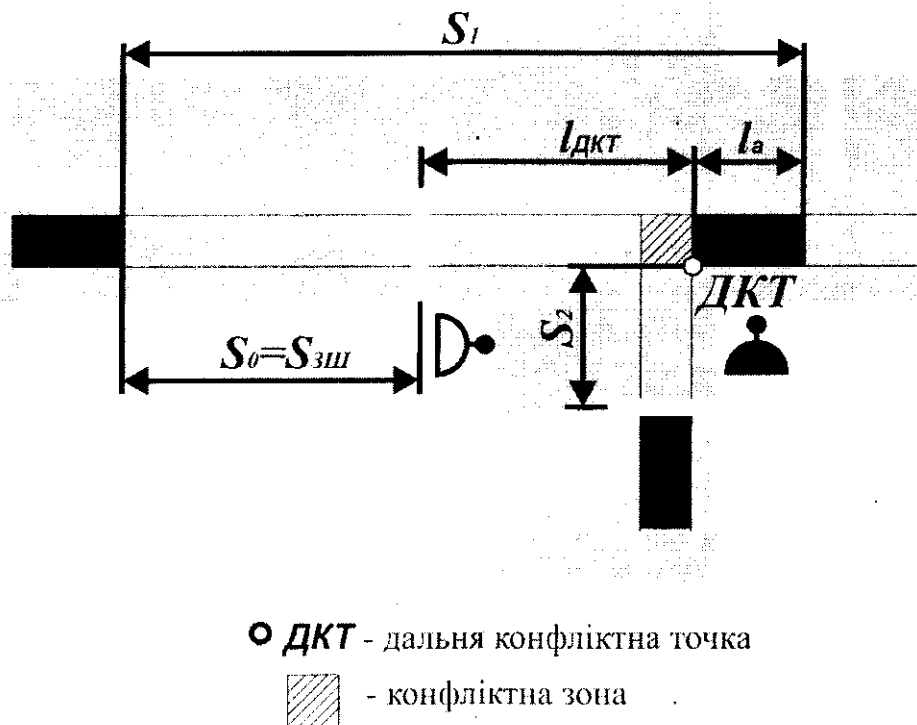


Рисунок 4.1 – *Схема до розрахунку тривалості перехідного інтервалу*

Величину зупинного шляху при робочому гальмуванні розраховують за формулою:

$$S_{\text{зи}} = V \cdot t_p + \frac{V^2}{2a_y}, \text{ м} \quad (4.2)$$

де V – середня швидкість руху транспортного потоку на в'їзді на перехрестя у даному напрямку, м/с ;

t_p – час реакції водія при гальмуванні, с ;

a_y – середнє комфортне уповільнення при гальмуванні, м/с^2 .

Автомобілю, який знаходиться на відстані S_0 від стоп-лінії (рис. 4.1), для того, щоб минути всі конфліктні точки на шляху його руху, необхідно проїхати відстань S_l . Якщо водій не змінює швидкість руху автомобіля при проїзді перехрестя, то величина S_l визначається як:

$$S_l = V \cdot t_l, \text{ м} \quad (4.3)$$

де t_l – проміжок часу, протягом якого транспортний засіб не змінюючи швидкості руху має можливість минути саму дальню конфліктну точку на перехресті (ДКТ, рис. 4.1), с .

З рис. 4.1 максимальна можлива відстань до стоп-лінії, при якій автомобіль у випадку в'їзду в зону перехрестя може протягом t_l проїхати саму дальню конфліктну точку на перехресті, дорівнює:

$$S_0 = S_l - l_{\text{ДКТ}} - l_a = V \cdot t_l - (l_{\text{ДКТ}} + l_a), \text{ м} \quad (4.4)$$

де $l_{\text{ДКТ}}$ – відстань від стоп-лінії до самої дальньої конфліктної точки, м ;

l_a – габаритна довжина автомобіля, м .

Прирівняємо вирази правих частин для визначення S_0 (формула 4.4) і $S_{\text{зи}}$ (формула 4.2) і розв'яжемо отриманий вираз відносно t_l :

$$t_l = t_p + \frac{V}{2a_y} + \frac{l_{\text{ДКТ}} + l_a}{V}, \text{ с} \quad (4.5)$$

Формула (4.5) застосовується для розрахунку перехідного інтервалу транспортних фаз на максимальну безпеку. Але треба звернути увагу на те, що формула (4.5) дає завищені значення перехідного інтервалу, оскільки в ній не враховано час, за який транспортні засоби (або пішоходи), що почали рух на зелений сигнал світлофора в наступній фазі регулювання, проїдуть відстань S_2 від стоп-лінії до дальньої конфліктної точки (рис. 4.1). З урахуванням цього, формула для розрахунку перехідного інтервалу прийме вид:

$$t_{\text{п}} = t_l - t_2, \text{ с} \quad (4.6)$$

де $t_{\text{п}}$ – тривалість перехідного інтервалу транспортної фази, с ;

t_2 – проміжок часу, протягом якого транспортні засоби або пішоходи, що почали рух на зелений сигнал світлофора в наступній фазі регулювання, проїдуть (пройдуть) відстань до ДКТ (відстань S_2 на рис. 4.1), с .

При визначенні часу t_2 необхідно враховувати, з якого стану автомобілі починають проходження відстані від стоп-лінії до ДКТ: зі стану спокою або вже перебуваючи в русі.

У першому випадку для визначення t_2 використовують формулу:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_n}}, c \quad (4.7)$$

де a_n – середнє прискорення в'їзду автомобіля на перехрестя, m/c^2 .

Другий випадок може виникнути при організації по магістралі координованого світлофорного регулювання. При цьому для визначення t_2 використовують формулу:

$$t_2 = \frac{S_2}{V_K}, c \quad (4.8)$$

де V_K – швидкість координації на магістралі, m/c .

Якщо в дальній конфліктній точці конфліктують транспортний потік і пішохідний потік, що здійснює рух в наступній фазі регулювання, то для розрахунку t_2 можна використовувати формулу:

$$t_2 = \frac{S_2}{V_{niu}}, c \quad (4.9)$$

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

З урахуванням (4.7), (4.8) і (4.9) формула (4.6) для визначення тривалості перехідного інтервалу прийме вид:

- якщо в ДКТ конфліктують транспортні потоки:

$$t_{II} = t_p + \frac{V}{2a_y} + \frac{l_{ДКТ} + l_a}{V} - \sqrt{\frac{2S_2}{a_n}}, c \quad (4.10)$$

- якщо в ДКТ конфліктують транспортний і пішохідний потоки:

$$t_{II} = t_p + \frac{V}{2a_y} + \frac{l_{ДКТ} + l_a}{V} - \frac{S_2}{V_{niu}}, c \quad (4.11)$$

У процесі розрахунків рекомендується приймати: $t_p = 0,8 \dots 1,2 c$ [7], $a_y = 2,5 \dots 3 m/c^2$ [7, 11], $a_n = 2 \dots 2,5 m/c^2$ [7, 11], $V_{niu} = 1,3 m/c$ [7, 11], $l_a = 6 m$ [8]. Розташування ДКТ, відстані $l_{ДКТ}$ і S_2 визначають шляхом побудови траєкторій руху автомобілів на масштабному плані перехрестя і заміру відповідної довжини відрізка траєкторій руху автомобілів.

Швидкість руху транспортних засобів на перехресті (V) визначають натурними спостереженнями. Виміри швидкості руху необхідно робити окремо для потоків, що рухаються в прямому напрямку, і для потоків, що рухаються ліворуч. При проектуванні нових світлофорних об'єктів для розрахунку тривалості перехідного інтервалу по прямому напрямку можна

використовувати середню швидкість руху транспортного потоку на перегоні. Для розрахунку цієї тривалості при лівоповоротному русі швидкість приймається рівною 25 км/год [11]. Правоповоротний рух при визначенні тривалості перехідного інтервалу в розрахунках не враховується [11].

Так як перша й остання складові у формулах (4.10) і (4.11) у більшості випадків за значеннями є приблизно однаковими, на практиці їх виключають із розрахунку. З урахуванням цієї обставини, а також припущення про постійне уповільнення при гальмуванні автомобіля перед стоп-лінією, тривалість проміжного такту буде [6, 9]:

$$t_{II} = t_p + \frac{V}{7,2a_y} + \frac{3,6(l_{ДКТ} + l_a)}{V}, c \quad (4.12)$$

У формулі (4.12) V вимірюється в км/год, $l_{ДКТ}$ і l_a – у м, a_y – у м/с.

Протягом перехідного інтервалу мають закінчити рух і пішоходи, які переходили проїзну частину вулиці на зелений сигнал світлофора. Тривалість перехідного інтервалу для пішоходів розраховують виходячи з умови безпечного досягнення пішоходами середини проїзної частини (острівця безпеки) або повернення на тротуар [9, 11, 16]:

$$t_{II}^{niu} = \frac{B}{2V_{niu}}, c \quad (4.13)$$

де B – ширина проїзної частини вулиці, що пересікається пішоходами в даній фазі регулювання, м.

Для кожного напрямку руху транспорту в даній фазі регулювання може бути отримано одне або два значення t_{II} – за прямим й (або) лівоповоротним рухом. Із сукупності значень t_{II} і t_{II}^{niu} для даної фази регулювання вибирають найбільше значення. Незалежно від результатів розрахунку тривалість перехідного інтервалу повинна бути не меншою 3 с. Максимальна тривалість перехідного інтервалу у фазі регулювання – 8 с.

Розрахунки виконуються для кожної з фаз регулювання.

4.1.3 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.

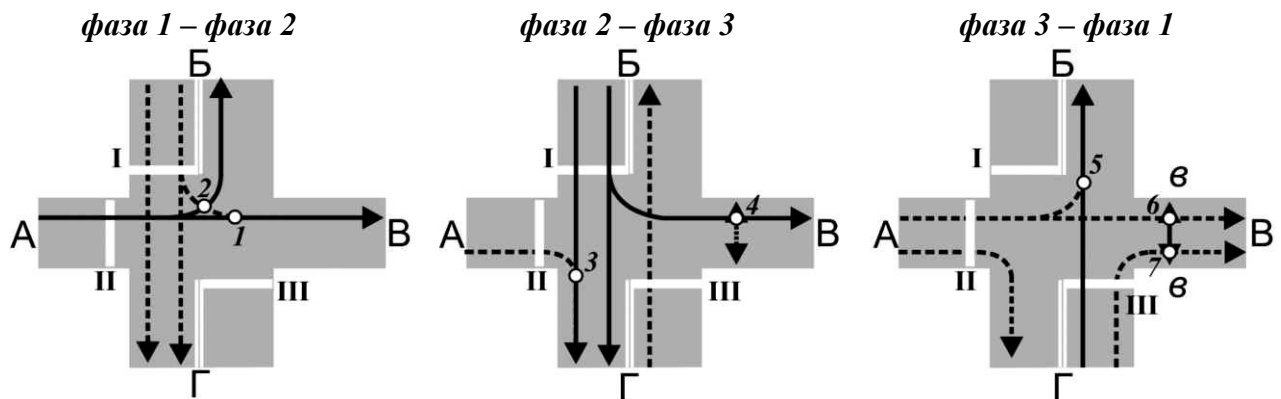
3. Варіант послідовності чергування фаз у циклі регулювання з мінімальною сумарною тривалістю перехідних інтервалів за цикл є оптимальним і приймається для подальших розрахунків тривалості циклу й основних тактів.

Наприклад, при організації руху на перехресті в три фази, як наведено на рис. 2.10 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. 4.2 а наведено розташування ДКТ для послідовності чергування фаз 1-2-3-1, а на рис. 4.2 б – розташування ДКТ для послідовності чергування фаз 1-3-2-1.

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. 4.2 а:

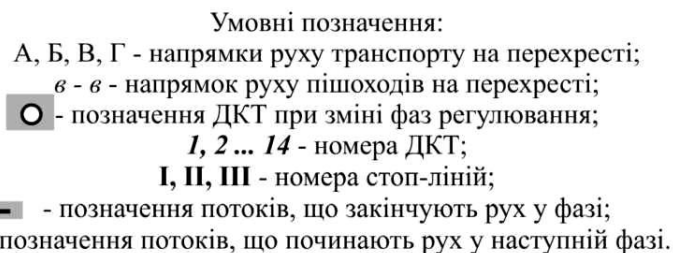
- перехідний інтервал для передачі права руху з першої фази на другу визначається по відстанях від стоп-лінії II до дальніх конфліктних точок 1 і 2 ($l_{ДКТII-1}$ і $l_{ДКТII-2}$);
- перехідний інтервал для передачі права руху із другої фази на третю визначається по відстанях від стоп-лінії I до дальніх конфліктних точок 3 і 4 ($l_{ДКТИ-3}$ і $l_{ДКТИ-4}$);

а) Послідовність чергування фаз в циклі регулювання 1 – 2 – 3 – 1



б) Послідовність чергування фаз в циклі регулювання 1 – 3 – 2 – 1

фаза 1 – фаза 3 фаза 3 – фаза 2 фаза 2 – фаза 1



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

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.

Таблица 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.

4.2 Лабораторне завдання

Завдання. Розрахувати тривалість перехідних інтервалів і визначити оптимальну послідовність чергування фаз в циклі регулювання на перехресті при наступних вихідних даних:

- схема дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на регульованому перехресті міських магістральних вулиць (є результатом виконання лабораторної роботи № 3);
- схема пофазного роз'їзду на перехресті (береться з лабораторної роботи № 3).

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- пояснювальну записку з усіма необхідними для вирішення завдання лабораторної роботи розрахунками, схемами, таблицями й висновками;
- усі можливі варіанти послідовності чергування фаз у циклі регулювання з розташуванням ДКТ, кожний з яких має бути накреслений на окремому аркуші формату А4 чи А3 з використанням масштабу 1 : 500.

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5.

ПРОЕКТУВАННЯ РЕЖИМУ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ІЗОЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ

Мета: набути навички проектування режиму світлофорного регулювання на ізольованому перехресті.

Література для самостійної підготовки: [6, с. 50 – 71], [7, с. 298 – 317], [8, с. 93 – 123], [9, с. 113 – 118], [10, с. 210 – 228], [11, с. 28 – 38].

5.1 Рекомендації з проектування режиму регулювання на ізольованому перехресті

5.1.1 Загальні положення

Розрізняють два стратегічні принципи світлофорного регулювання (СФР) на перехрестях [7]:

- ізольоване (локальне) СФР;
- системне (координоване) СФР.

При ізольованому регулюванні вважається, що транспортні засоби надходять до перехрестя повністю випадково і вплив попереднього перехрестя неістотний.

При координованому СФР, навпаки, вважається, що транспортні засоби надходять до перехрестя періодично (пачками) відповідно циклу регулювання на попередньому перехресті.

Режим світлофорного регулювання – це кількість, послідовність чергування й тривалість окремих тактів, фаз і циклу регулювання [11]. Таким чином, запроектувати режим роботи світлофорного регулювання на перехресті – значить визначити кількість, послідовність чергування й тривалість окремих тактів, фаз і циклу регулювання.

Рекомендації з визначення кількості й послідовності чергування фаз регулювання в циклі наведені відповідно в другому і четвертому розділі цих методичних вказівок. Нижче наведені рекомендації з розрахунку тривалості циклу світлофорного регулювання і його окремих елементів.

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.

5.1.2 Визначення потоків насичення і фазових коефіцієнтів на перехресті

Потік насичення – це виражена в приведених *од./год* максимальна інтенсивність руху в даному напрямку (напрямах) при включеному зеленому сигналі [11]. Фазовий коефіцієнт – це відношення фактичної годинної приведеної інтенсивності руху у відповідному напрямку (напрямах) до потоку насичення [11].

Потоки насичення слід визначати натурними спостереженнями на місці в періоди, коли на даному підході до перехрестя формуються досить великі пачки транспортних засобів. З методикою експериментального визначення потоку насичення студент знайомиться при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху».

Для орієнтовних розрахунків до проведення натурних спостережень, а також при проектуванні нових світлофорних об'єктів потік насичення (M_H) можна приблизно визначати виходячи з наведених нижче положень:

1. Потік насичення необхідно визначати на всіх входах на перехрестя окремо для кожної смуги руху.

2. Для випадку руху транспортних потоків по одній смузі прямо, а також праворуч і (або) ліворуч, потік насичення для цієї смуги визначається за формулою [6]:

$$M_H = M_{H_{\text{прямо}}} \cdot \frac{100}{a + 1.75b + 1.25c}, \text{ од./год.} \quad (5.1)$$

де $M_{H_{\text{прямо}}}$ – потік насичення при русі транспортного потоку по смузі тільки прямо, *од./год.*; приймається по табл. 5.1 в залежності від ширини смуги руху ($B_{ПЧ}$, м);

a – відсоток транспортних засобів в потоці, що рухаються по смузі прямо, %;

b – відсоток транспортних засобів в потоці, що рухаються по смузі ліворуч, %;

c – відсоток транспортних засобів в потоці, що рухаються по смузі праворуч, %.

Таблиця 5.1

Значення потоку насичення при русі транспортного потоку тільки прямо

$B_{ПЧ}$, м	3,0	3,5	3,75	4,2	4,8	5,1
$M_{H_{\text{прямо}}}$, од./год.	1850	1920	1970	2075	2475	2700

Формулу (5.1) застосовують у випадку, якщо $a < 90$ % [6]. В іншому випадку приймають, що $M_H = M_{H_{\text{прямо}}}$.

3. На значення потоку насичення впливає величина поздовжнього ухилу на підході до перехрестя. Кожний відсоток ухилу на підйомі знижує (на спуску – збільшує) потік насичення M_H на 3 %. При цьому розрахунковим

ухилом вважають середній ухил дороги на підході до перехрестя на ділянці від стоп-лінії до точки, що розташована від неї на відстані 60 м.

4. Якщо для повороту ліворуч або праворуч на перехресті виділені окремі смугу руху, потік насичення для цих смуг визначається в залежності від величини радіусу повороту:

- для однорядного поворотного руху [6]:

$$M_H = \frac{1800}{1 + \frac{1.525}{R}}, \text{ од./год.} \quad (5.2)$$

де R – радіус повороту, м; визначається на масштабному плані перехрестя;

- для дворядного поворотного руху [6]:

$$M_H = \frac{3000}{1 + \frac{1.525}{R}}, \text{ од./год.} \quad (5.3)$$

Фазові коефіцієнти визначають для всіх j -тих смуг, якими здійснюється рух під час i -тої фази, за формулою [6, 11]:

$$y_{ji} = \frac{N_{ji}}{M_{Hji}}, \quad (5.4)$$

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} [6, 11]:

$$y_i = \max y_{ji}, \quad (5.5)$$

Сумарним фазовим коефіцієнтом називається величина, що визначається за формулою [6]:

$$Y = \sum_{i=1}^{n^*} y_i, \quad (5.6)$$

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. 2.10 *a* 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: $y_{ГВ} = y_1 + y_2$.

5.1.3 Розрахунок тривалості циклу і основних тактів світлофорного регулювання на ізольованому перехресті

Тривалість циклу світлофорного регулювання визначають за формулою [6, 11]:

$$T = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}, c \quad (5.7)$$

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 4.1 цих методичних вказівок (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_{zi} в i -тій фазі пропорційна розрахунковому фазовому коефіцієнту цієї фази. Тому, якщо сумарна тривалість основних тактів у циклі регулювання дорівнює $T - L$, то

$$t_{zi} = \frac{y_i}{Y} (T - L), c \quad (5.8)$$

Значення тривалості основних тактів у фазі регулювання, що розраховані за формулою (5.8), 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 c .

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

$$T_{ц} = t_{z1} + t_{п1} + t_{z2} + t_{п2} + \dots + t_{zn} + t_{пn}, c \quad (5.9)$$

де n – кількість фаз у циклі регулювання;

$t_{z1}, t_{z2} \dots t_{zn}$ – відповідно тривалість зеленого сигналу у першій, другій ... і n -ій фазах регулювання, c ;

$t_{п1}, t_{п2} \dots t_{пn}$ – відповідно тривалість перехідного інтервалу у першій, другій ... і n -ій фазах регулювання.

Якщо хоча б в одній з фаз допускається спільний рух на перехресті транспортних і пішохідних потоків (як, наприклад, у третій фазі на рис. 2.10 а), то тривалість основних тактів необхідно перевірити на забезпечення пропуску пішоходів у відповідних напрямках.

Тривалість сигналу, що дозволяє рух пішоходів, розраховують за формулою [11]:

$$t_{3niu} = 5 + \frac{B}{V_{niu}}, c \quad (5.10)$$

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

V_{niu} – швидкість руху пішохода по пішохідному переходу, м/с.

Якщо значення t_{3niu} виявилось більшим розрахованої раніше за формулою (5.8) 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 [9, 11]:

$$T_{\text{ц}}^* = \frac{A}{2B} + \sqrt{\frac{A^2}{4B^2} - \frac{C}{B}}, c \quad (5.11)$$

$$A = 2,5L - L \cdot \sum y_i + \sum t_{3niu} + 5, c \quad (5.12)$$

$$B = 1 - \sum y_i, \quad (5.13)$$

$$C = \left(L + \sum t_{3niu} \right) \cdot (1,5L + 5), c^2 \quad (5.14)$$

де $T_{\text{ц}}^*$ – скоректована тривалість циклу, с;

$\sum y_i$ – 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, с.

Нову тривалість основних тактів і фаз, що не уточнювалися з урахуванням пішохідного руху, визначають за формулою (5.8) при $T = T_{\text{ц}}^*$.

Далі повторюють процедуру округлення й розрахунок остаточної тривалості циклу за формулою (5.9) з урахуванням пішохідного руху.

Приклад. Для перехрестя вулиць A і B з шириною проїзної частини відповідно 20 і 12 м проектується двофазний світлофорний цикл. У першій фазі дозволений рух транспорту по вулиці A у всіх напрямках і перехід пішоходами проїзної частини вулиці B . У другій фазі дозволений рух транспорту по вулиці B у всіх напрямках і перехід пішоходами проїзної частини вулиці A . Отримані наступні значення розрахункових фазових коефіцієнтів і перехідних інтервалів: $y_1 = 0,40$, $y_2 = 0,25$, $t_{\text{II}} = 3$ с, $t_{\text{II}2} = 4$ с, $L = 3 + 4 = 7$ с.

Визначити тривалість циклу $T_{\text{ц}}$ і при необхідності скоректовану тривалість циклу $T_{\text{ц}}^*$.

За формулами (5.7), (5.8) і (5.9):

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

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

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

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

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

Час, необхідний для переходу через проїзну частину вулиці B за формулою (5.10) складе:

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

Те ж саме для переходу через проїзну частину вулиці A :

$$t_{3\text{ниу}2} = 5 + \frac{20}{1,3} = 20,38 \approx 21 \text{ с} < t_{32} = 15 \text{ с}.$$

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

Далі визначають скоректовану тривалість циклу регулювання за формулами (5.12), (5.13), (5.14) і (5.11):

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

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

$$C = (7 + 21) \cdot (1,5 \cdot 75) = 434 \text{ с}^2,$$

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

За формулами (5.8) і (5.9) уточнена тривалість зеленого сигналу в першій фазі й остаточна тривалість циклу регулювання складе:

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

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

Якщо для руху пішоходів на перехресті виділена окрема пішохідна фаза, то для розрахунку тривалості світлофорного циклу застосовують формули (5.11) – (5.14). При цьому в розрахунках значення $\sum y_i$ визначається як сумарний фазовий коефіцієнт за формулою (5.6), а значення

$\sum t_{3ниш}$ – 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 (5.10) тривалість зелених сигналів для всіх напрямків руху пішоходів на перехресті й вибирають максимальну з них.

Тривалість основного такту не повинна бути меншою 7 с. Тривалість циклу світлофорного регулювання не повинна бути менше 25 с і більше 120с. Якщо з розрахунку $T_{ц} < 25$ с, то необхідно збільшити тривалість циклу до 25с. 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 острівців безпеки для пішоходів посередині широкої проїзної частини і 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 і т.д.) уточнити тривалість відповідних тактів і фаз регулювання.

5.2 Лабораторне завдання

Завдання. Запроектувати режим світлофорного регулювання на ізолюваному перехресті при наступних вихідних даних:

- схема пофазного роз'їзду на перехресті і послідовність чергування фаз у циклі регулювання (є результатом виконання лабораторної роботи №4);
- величина інтенсивності руху транспортних і пішохідних потоків на перехресті за напрямками (береться з лабораторної роботи №2).
- масштабна схема перехрестя (є результатом виконання лабораторної роботи №3).

Порядок виконання лабораторної роботи:

- розрахувати потік насичення на всіх входах на перехрестя окремо для кожної смуги руху. Результати розрахунку звести в таблицю, форма якої надана на рис. 5.1;

- в кожній фазі регулювання окремо для кожної смуги руху розрахувати фазові коефіцієнти. Вибрати розрахунковий фазовий коефіцієнт для кожної із фаз;
- розрахувати тривалість циклу регулювання і основних тактів;
- скоректувати тривалість циклу регулювання і основних тактів з урахуванням пішохідного руху на перехресті;
- побудувати циклограму режиму світлофорного регулювання на перехресті.

№ фази	Напрямок руху	№ смуги руху	N_{ji} , од./год.	M_{ji} , од./год.	y_{ji}	y_i	Y
1	2	3	4	5	6	7	8

Рисунок 5.1 – Форма таблиці до проектування режиму світлофорного регулювання на перехресті

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- пояснювальну записку з усіма необхідними для вирішення завдання лабораторної роботи розрахунками, схемами, таблицями й висновками;
- циклограму режиму світлофорного регулювання на перехресті, що має бути накреслена на окремому аркуші формату А4.

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. БАГАТОПРОГРАМНЕ СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ

Мета: набути навички визначення необхідної кількості програм жорсткого світлофорного регулювання на перехресті.

Література для самостійної підготовки: [6, с. 62], [7, с. 317 – 319], [9, с. 118 – 119].

6.1. Рекомендації з визначення необхідної кількості програм жорсткого світлофорного регулювання на перехресті

Під програмою світлофорного регулювання розуміється сукупність (набір) розрахункових значень оптимальної тривалості циклу, фаз і тактів, а також порядку їх чергування.

Через добові коливання величини інтенсивності руху транспортних засобів змінюються значення фазових коефіцієнтів, а отже, і тривалість циклу світлофорного регулювання. З погляду оптимальності керування кожному значенню інтенсивності потоку повинна відповідати своя програма. З метою спрощення конструкції периферійних технічних засобів регулювання рухом і їхньої експлуатації на практиці звичайно обмежуються використанням протягом активного періоду доби 2-3 жорстких програм світлофорного регулювання. При цьому виходять із того, що відхилення фактичної тривалості циклу від оптимальної на 25 % у будь-яку сторону припустимо, тому що це не приводить до значного збільшення транспортної затримки.

Першу програму розраховують для інтенсивності руху, що відповідає піковому періоду доби. Щоб визначити момент переходу до другої програми, необхідно зменшити тривалість циклу першої програми на 25 % [9], що дозволяє розрахувати новий сумарний фазовий коефіцієнт:

$$Y_1^H = 1 - \frac{1.5L + 5}{0.75T_{\text{ц}}}, \quad (6.1)$$

де Y_1^H – сумарний фазовий коефіцієнт, що відповідає моменту переходу від першої програми регулювання до другої (і навпаки);

L – сумарна тривалість перехідних інтервалів у циклі регулювання, с;

$T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу світлофорного регулювання для першої програми, с.

Пропорційно зменшенню сумарного фазового коефіцієнта необхідно зменшити вхідні в нього розрахункові фазові коефіцієнти, враховуючи, що тенденції зміни інтенсивності руху в усіх напрямках руху на перехресті протягом доби є однаковими. Для подальших дій використовують розрахунковий фазовий коефіцієнт для найбільш завантаженої фази

регулювання (звичайно це фаза, у якій здійснюється рух транспортного потоку по головному напрямку на перехресті).

Фазовий коефіцієнт для обраного напрямку є відношенням інтенсивності руху N до потоку насичення M_H (див. формулу 5.4). Враховуючи, що M_H є величиною постійною, можна визначити для цього напрямку інтенсивність N_I , що орієнтовно є нижньою границею застосування першої програми регулювання.

Формула для розрахунку значення N_I наступна:

$$N_I = Y_1^H \cdot M_H = k \cdot y \cdot M_H = \frac{Y_1^H}{Y} \cdot \frac{N_{\max}}{M_H} \cdot M_H = \frac{Y_1^H}{Y} \cdot N_{\max}, \text{ од./год.} \quad (6.2)$$

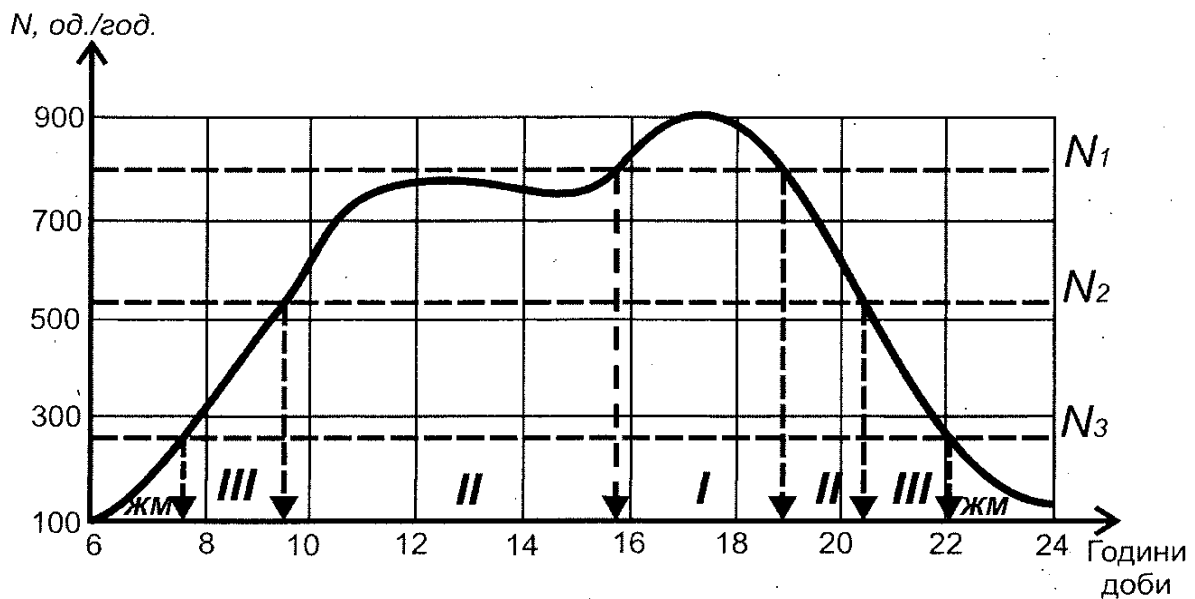
де k – коефіцієнт пропорційності, $k = Y_1^H / Y$;

Y – сумарний фазовий коефіцієнт, що розрахований для пікового періоду доби;

y – розрахунковий фазовий коефіцієнт для найбільш завантаженої фази регулювання на перехресті, $y = N_{\max} / M_H$;

$N_{\max}$ – величина інтенсивності руху транспорту в піковий період доби, од./год.

За даними натурних спостережень для зазначеного напрямку будують графік зміни інтенсивності руху транспортного потоку за годинами доби (рис. 6.1). Проводячи горизонтальну лінію, що відповідає інтенсивності N_I , і опустивши із точок її перетинання із кривою зміни інтенсивності руху транспортного потоку за годинами доби перпендикуляри на горизонтальну вісь графіка, можна визначити моменти часу перемикання з першої програми на другу й навпаки.



I, II, III – програми світлофорного регулювання на перехресті;

ЖМ – режим жовтого миготіння

Рисунок 6.1 – *Графік для визначення кількості програм світлофорного регулювання на перехресті (приклад)*

Аналогічно визначаються моменти переходу до наступних програм світлофорного регулювання. При цьому у формулі (6.1) тривалість циклу зменшують ще на 25 % відносно другої програми. Наприклад, для визначення моменту переходу до третьої програми в знаменнику другого члена формули (6.1) буде $- 0,75 \cdot (0,75 \cdot T_{ц})$; для визначення моменту переходу до четвертої програми $- 0,75 \cdot 0,75 \cdot (0,75 \cdot T_{ц})$ і т.д.

Перехід від однієї програми до іншої здійснюється при зниженні інтенсивності руху транспорту на перехресті. Якщо інтенсивність досягає величини, що відповідає переводу світлофорів на роботу в режимі жовтого миготливого сигналу, розрахунок чергової програми припиняється.

Наведена вище методика дозволяє знайти мінімальну кількість програм світлофорного регулювання для конкретного перехрестя, але вона не враховує можливість зміни кількості фаз всередині програми та варіації фазових коефіцієнтів окремих напрямків руху.

6.2. Лабораторне завдання

Завдання. Визначити необхідну кількість програм жорсткого світлофорного регулювання на перехресті. Максимальну величину інтенсивності руху транспорту і відповідну їй тривалість циклу світлофорного регулювання узяти з попередньої лабораторної роботи. Розподіл інтенсивності руху транспорту за годинами доби наведений в табл. 6.1.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- пояснювальну записку з усіма необхідними для вирішення завдання лабораторної роботи розрахунками;
- графік зміни інтенсивності руху транспортного потоку за годинами доби з усіма необхідними для вирішення завдання графічними побудовами. Графік має бути накреслений на окремому аркуші формату А4.

Таблиця 6.1

Частка величини інтенсивності руху транспорту за годинами доби від сумарної величини інтенсивності руху транспорту з 6:00 до 24:00

Години доби	Частка, %	Години доби	Частка, %	Години доби	Частка, %
6-7	3,87	12-13	6,39	18-19	5,83
7-8	5,48	13-14	6,4	19-20	4,95
8-9	6,06	14-15	6,65	20-21	4,45
9-10	6,69	15-16	6,94	21-22	4,12
10-11	6,92	16-17	6,82	22-23	2,83
11-12	6,79	17-18	6,54	23-24	2,27

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування: ДСТУ 4100-2004. – [Чинний від 2004-06-03] – 109 с. – (Національний стандарт України).
2. Розмітка дорожня. Технічні вимоги. Методи контролю. Правила застосування: ДСТУ 2587:2010. – [Чинний від 2010-12-27] – 39 с. – (Національний стандарт України).
3. Безпека дорожнього руху. Організація дорожнього руху. Умовні позначення на схемах і планах: ДСТУ 4159:2003. – [Чинний від 2003-04-07] – 13 с. – (Національний стандарт України).
4. Безпека дорожнього руху. Проект (схема) організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення та вимоги до змісту: СОУ 45.2-00018112-048:2010. – [Чинний від 2010-02-01] – 19 с. – (Стандарт Укравтодор).
5. Методичні рекомендації по застосуванню дорожніх знаків, дорожньої розмітки та маршрутному орієнтуванню / [А. Присяжнюк, С. Каракай, І. Матусевич та інші]. – К.: НДЦБДР, 2004. – 166 с.
6. Кременець Ю. О. Технічні засоби організації дорожнього руху: Учебник для вузов / Ю.О. Кременець, М.П. Печерський, М. Б. Афанасьєв. – К.: Знання, 2005. – 279 с.: ил.
7. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. П. Поліщука; О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін. – К.: Знання України, 2011. – 467 с.
8. Левашов О. Г. Проектування регульованих перехресть: Навчальний посібник / О. Г. Левашов, О. Ю. Михайлов. – К.: Знання, 2007. – 208 с.
9. Організація дорожнього руху у містах: методичні рекомендації / під заг. ред. Ю. Д. Шелкова. – К.: Транспорт, 2005. – 143 с.
10. Буга П. Г. Організація пішохідного руху у містах: нав. Посібник для ВУЗів / П. Г. Буга, Ю. Д. Шелков. – К.: Транспорт, 2009. – 232 с.
11. Керівництво по регулювання дорожнього руху у містах. – К.: Знання, 2004. – 97 с.
12. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки: ДСТУ 4092-2004. – [Чинний від 2004-06-03] – 31 с. – (Національний стандарт України).
13. Прокудін Т. С. Оптимізація структур циклів світлофорного регулювання на ізольованих перехрестях / Т. С. Прокудін, Б. М.

Четверухін, Л. А. Пономаренко // Безпека дорожнього руху України. – №1–2. – 2004. – С. 120 – 127.

14. Полозенко П. М. Шляхи оптимізації світлофорного регулювання шляхом чергування фаз / П. М. Полозенко, В. І. Єресов // Автошляховик України. – №2. – 1997. – С. 5 – 8.

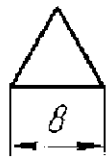
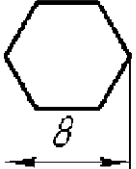
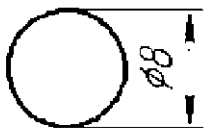
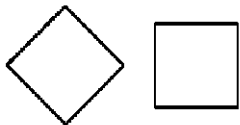
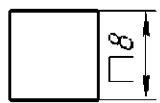
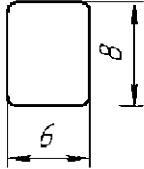
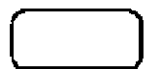
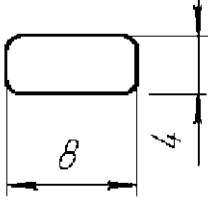
15. Полозенко П. М. Комплексна оцінка режимів світлофорного регулювання на перехрестях / Дис. на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук. – К., 1999.

Додаток А

Умовні позначення, що використовуються на схемах організації
дорожнього руху

Таблиця А.1

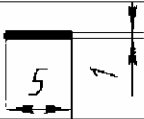
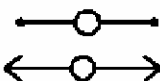
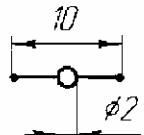
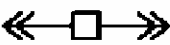
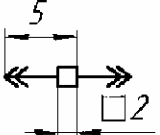
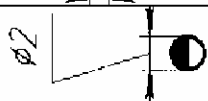
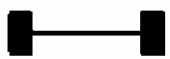
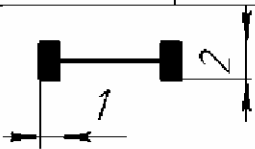
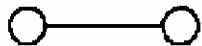
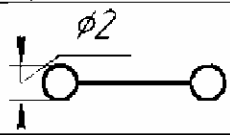
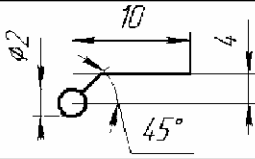
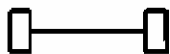
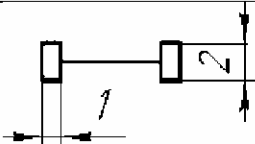
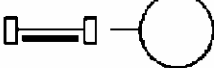
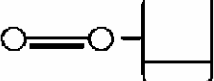
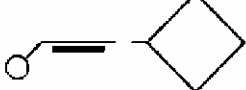
Умовні позначення дорожніх знаків

Назва технічного засобу та його елементів	Графічне позначення	Довідкові розміри, мм
1	2	3
Дорожні знаки: – попереджувальні та пріоритету		
– пріоритету		
– пріоритету, заборонні, наказові		
– пріоритету, інформаційно-вказівні, таблички		
– заборонні, інформаційно-вказівні, сервісу		
– таблички		
– двосторонні знаки		

Примітка. Поруч із зображенням знака (таблички) зазначають його (її) номер згідно з ДСТУ 4100. Зображуючи знаки 1.1 – 1,7; 1.21 – 1.23.4; 1.26; 1.29 – 1.31.6; 1.39; 2.1 – 2.6; 3.15 – 3.18; 3.21 – 3.24; 3.29; 3.40 – 3.43; 4.1 – 4,9; 5.5 – 5.7.2; 5.13 – 5.23; 5.26; 5.30; 5.38; 5.45 – 5.48; 5.51 – 5.62; 6.1 – 6.18; 7.1.1 – 7.3.3; 7.6.1 – 7.10, використовують їх загальний вигляд.

Таблиця А.2

Умовні позначення способів розташування дорожніх знаків

Назва	Графічне позначення	Довідкові розміри, мм
Місце встановлення дорожнього знаку		
Типи опор: – повітряна лінія зв'язку та електропередач низької напруги на опорі		
– повітряна лінія електропередач високої напруги на металевій опорі		
– опора штучного освітлення		
– розтяжка		
– арочна опора		
– консольна опора		
– габаритні ворота		
Способи розташування:		
– дорожній знак на стояку		
– дорожній знак, що встановлений на розтяжці		
– дорожній знак, що встановлений на арочній опорі		
– дорожній знак, що встановлений на консольній опорі		

Приклади схем організації дорожнього руху



МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання лабораторних занять з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» (Частина 1)

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти
за спеціальністю 275 «Транспортні технології (на автомобільному
транспорті)»

Відповідальний за випуск: С.П. КОМАРНИЦЬКИЙ

Комп'ютерний набір та верстка: С.П. КОМАРНИЦЬКИЙ

Формат паперу 60×84 1/16. Обл.-вид. арк. 10,25.

Наклад 50 примірників.

м. Кам'янець-Подільський, ЗВО «ПДУ», Пр-т Грушевського, 2/8,
корпус 4
