

**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 1)**

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. – 55 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

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Лабораторна робота №1.</b> Вивчення схем нанесення дорожньої розмітки в різних дорожніх умовах.....            | 4  |
| <b>2. Лабораторна робота №2.</b> Вивчення способів і схем встановлення дорожніх знаків на автомобільних дорогах..... | 9  |
| <b>3. Лабораторна робота №3.</b> Експериментальне визначення затримки транспортних засобів на перехрестях.....       | 13 |
| <b>4. Лабораторна робота №4.</b> Побудова графіка інтенсивності і розрахунок потоку насичення.....                   | 15 |
| <b>5. Лабораторна робота №5.</b> Розрахунок тривалості циклу світлофорного регулювання.....                          | 19 |
| <b>6. Лабораторна робота №6.</b> Розрахунок тривалості додаткових тактів...                                          | 22 |
| <b>7. Лабораторна робота № 7.</b> Розрахунок тривалості основних тактів СФР.....                                     | 26 |
| <b>8. Лабораторна робота №8.</b> Пофазний роз'їзд транспортних засобів....                                           | 30 |
| <b>9. Лабораторна робота №9.</b> Розрахунок потоку насичення.....                                                    | 35 |
| <b>10. Лабораторна робота № 10.</b> Побудова плану перехрестя і графіка режиму роботи світлофорного регулювання..... | 40 |
| <b>11. Лабораторна робота №11.</b> Використання дорожніх знаків.....                                                 | 42 |
| <b>12. Лабораторна робота № 12.</b> Застосування дорожньої розмітки в різних дорожніх умовах.....                    | 45 |
| <b>13. Рекомендована література.....</b>                                                                             | 54 |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**ТЕМА:** Вивчення схем нанесення дорожньої розмітки в різних дорожніх умовах

**МЕТА:** Навчитись правильно наносити дорожню розмітку, залежно від планувальних характеристик ділянки дороги, особливостей умов руху, параметрів транспортних і пішохідних потоків, інформації про ДТП

### ЗАВДАННЯ:

1. Зарисувати схеми нанесення розмітки на горизонтальних ділянках.
2. Зарисувати схеми нанесення розмітки на підйомах і спусках.
3. Зарисувати схеми нанесення розмітки на горизонтальних кривих.
4. Зарисувати схеми нанесення розмітки на перехрестях.
5. Зарисувати схему нанесення розмітки на одній ділянці дороги у м. Кам'янець-Подільський і зробити її аналіз.

### МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

#### *1. Розмітка доріг на горизонтальних ділянках*

На багато смугових дорогах (кількість смуг руху в обох напрямках не менше чотирьох) при розділенні потоків зустрічних напрямків з допомогою розділової смуги розмітка в основному позначає смуги руху і краєві смуги. Смуги руху позначають з допомогою переривчастої лінії 1.5. Якщо виникає необхідність у розвантаженні крайньої лівої смуги, то її відділяють від інших смуг лінією 1.11.

При зменшенні числа смуг руху застосовується перехідна лінія з попередньо нанесеною перед цим суцільною. Обидві лінії позначають розміткою 1.1. Між суцільною і переривчастою вводиться ділянка наближення (лінія 1.6). На смузі руху перед початком суцільної лінії наносять стрілки 1.19.

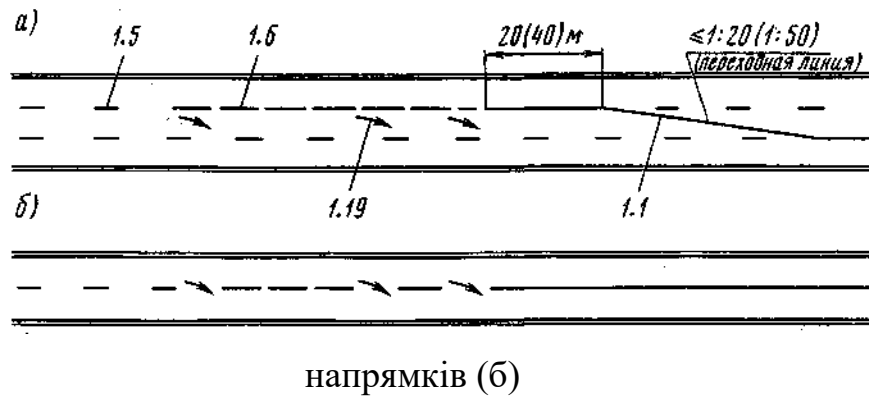


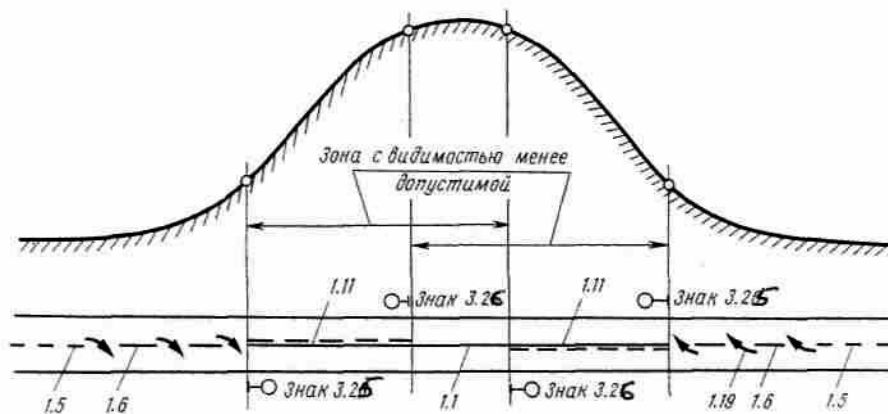
Рисунок 1.1 – Позначення наближення до звуження проїжджої частини (а) і до суцільної лінії поздовжньої розмітки, що розділяє потоки протилежних

Край проїжджої частини позначають як зі сторони узбіч, так і зі сторони розділової смуги з допомогою лінії 1.1 (віддаль від якої до краю проїжджої частини не більше 0,2м), а на автомагістралях - лінії 1.2.

При ширині дороги менше 6,5м краєву лінію не наносять.

## **2. Розмітка доріг на ділянках підйомів і спусків**

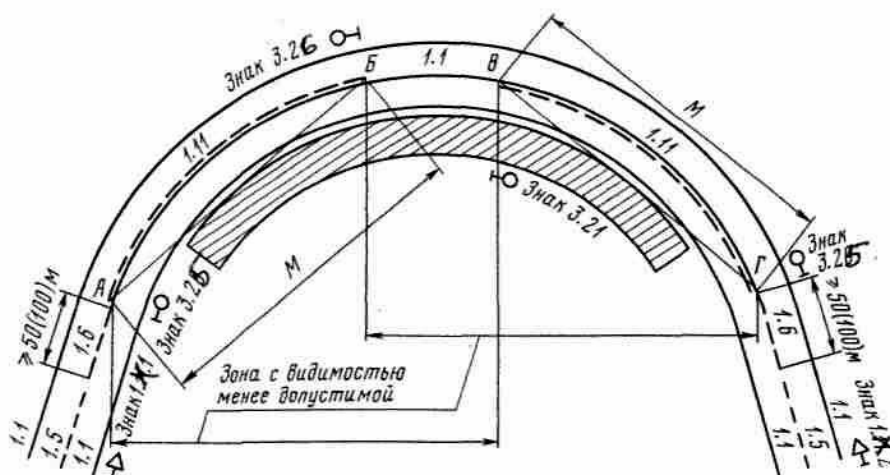
На підйомах і спусках. Позначених знаками 1.13 і 1.14, однією із основних задач розмітки є попередження виїзду на смугу зустрічного руху. На двохсмугових дорогах на початку підйому, коли видимість в межах норми, осьову лінію виконують розміткою 1.5. В цих умовах обгін необмежений. При обмежені видимості наносять розмітку 1.11, яка суцільною частиною обернена до смуги руху в напрямку підйому. На вершині підйому наносять розмітку 1.1. Обгін заборонений в обох напрямках. На підході до розмітки 1.11 наносять стрілки 1.19.



При наявності додаткової смуги в сторону підйому її відділяють з допомогою переривчастої лінії 1.5, а в зоні обмеженої видимості-двійною лінією 1.11, суцільна сторона якої повернута до додаткової смуги. За вершиною підйому додаткова смуга зливається з основною. Розмітка трьохсмугових доріг на підйомах аналогічна розмітці двохсмугових доріг з додатковою смугою. При цьому на всьому підйомі зустрічні транспортні засоби відділяють суцільною лінією 1.1, так, щоб в сторону підйому було дві смуги, а в сторону спуску - одна.

### 3. Розмітка доріг на горизонтальних кривих

На кривих малих радіусів часто бувають випадки виїзду автомобіля на зустрічну смугу.

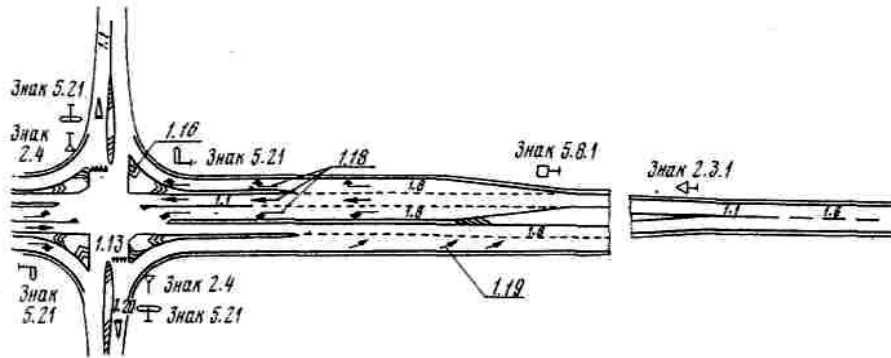


При радіусах більше 50м на двохсмугових дорогах і трьохсмугових з рухом по кривій по двох смугах можливість виїзду на смугу зустрічного руху визначається ступінню забезпечення видимості. Якщо видимість відповідає нормативним вимогам зустрічні потоки можна розділити лінією 1.5. В умовах обмеженої видимості застосовують розмітку 1.11. Суцільну частину її наносять зі сторони транспортних засобів, що рухаються в зоні з видимістю менше допустимої. Такі зони утворюються, як правило, з двох сторін при в'їздах на криву в плані. Тому типовим є застосування в якості осрової лінії розмітки **1.11** на в'їздах і розмітки 1.5 або 1.1 в середній частині кривої. Причому розмітку 1.1 застосовують, коли зони обмеження видимості перекривають одна одну. В межах ділянок кривих АБ і ВГ видимість забезпечена тільки для водіїв, що закінчують поворот. Вони можуть з метою обгону пересікти лінію 1.11 зі сторони її переривчастої частини. На ділянці **БВ** видимість не забезпечена в обох напрямках, тому зустрічні потоки розділені лінією 1.1.

#### ***4. Розмітка доріг на нерегульованих і регульованих перехрестях***

На нерегульованих перехрестях дорожня розмітка застосовується для розділення транспортних потоків протилежних напрямків, каналізації руху, позначення перехідно-швидкісних смуг, островців безпеки, направляючих островців, пішохідних переходів. У кожному конкретному випадку застосування розмітки на простих перехрещеннях двох- і трьохсмугових доріг потоки протилежних напрямків розділяють суцільною лінією 1.1 з попередньою їй лінією наближення 1.6. Перед виїздом на перехрестя наносять стоп-лінію 1.12, якщо встановлений знак 2.2 або світлофор, а за наявності знака 2.1— розмітку 1.13. Лінію 1.13 слід наносити обов'язково, коли знак 2.1 не може бути встановлений безпосередньо у перехрестя і виникає необхідність точно вказати місце, де водій повинен поступитися дорогою. Для позначення наближення до лінії 1.13 використовують розмітку 1.20, а

до лінії 1.12 — розмітку 1.21 (напис «Стоп»), якщо лінія 1.12 застосовується спільно із знаком 2.2.



Відстань між лініями 1.12, 1.13 і розміткою, що позначає наближення до них, вибирають в межах 2—25 м залежно від швидкості руху. Лінії 1.12 і 1.13 необхідно наносити можливо ближче до проїжджої частини, що перетинається, з тим, щоб забезпечити якнайкращу видимість водію перехрестя.

Межі смуг руху безпосередньо перед перехрестям позначають для заборони в цих місцях перестроювань суцільною лінією 1.1 з попередньою їй лінією наближення 1.6. Протяжність лінії 1.1 повинна перевищувати довжину черги транспортних засобів, що нагромаджуються в очікуванні можливості проїзду перехрестя. При цьому мінімальна довжина прийнята рівною 20м.

За наявності перед перехрестям спеціально виділених смуг для руху в певних напрямках на смуги наносять відповідні цим напрямкам стрілки 1.18. Застосування розмітки 1.18 повинно поєднуватися з установкою знаків 5.16 і 5.17, щоб водій своєчасно одержав інформацію про призначення кожної смуги. На перетинах з елементами каналізованого руху контури направляючих островців позначають суцільною лінією 1.1, а їх площа (цілком або частково) — розміткою 1.16. Перехідно-швидкісні смуги в зоні перехрещень і примикань відділяють від основних смуг руху розділовими смугами.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

**ТЕМА: Вивчення способів і схем встановлення дорожніх знаків на автомобільних дорогах**

**МЕТА:** Навчитись правильно вибирати висоту і спосіб встановлення знаків в населених пунктах і поза населеними пунктами

### **ЗАВДАННЯ:**

1. Зарисувати схеми встановлення знаків на автомобільних дорогах
2. Зарисувати схеми встановлення попередніх показників напрямків
3. Зарисувати схеми встановлення знаків у населених пунктах
4. Розрахувати довжину опори дорожнього знака

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

Знаки дорожні встановлюють справа по ходу руху транспортних засобів, зліва або над проїзною частиною розміщують дублюючі дорожні знаки.

Над проїзною частиною розміщують знаки 5.8.1 і 5.8.2, які вказують напрям руху по смугах, а також попередні показники напрямку 5.20.2. Розміщують над дорогою і інші основні знаки, якщо їхня інформація відноситься до окремої смуги руху (в цьому випадку ще й застосовують додаткову табличку 7.14).

Висоту і спосіб встановлення вибирають у кожному конкретному випадку із умови найкращої видимості знака. Крім того, необхідно враховувати можливість випадкового або навмисного їх пошкодження, а також забруднення лицьової поверхні брызками від автомобілів. Схеми встановлення знаків на автомобільних дорогах і в населених пунктах показані на рисунках. Всі розміри дані в метрах.

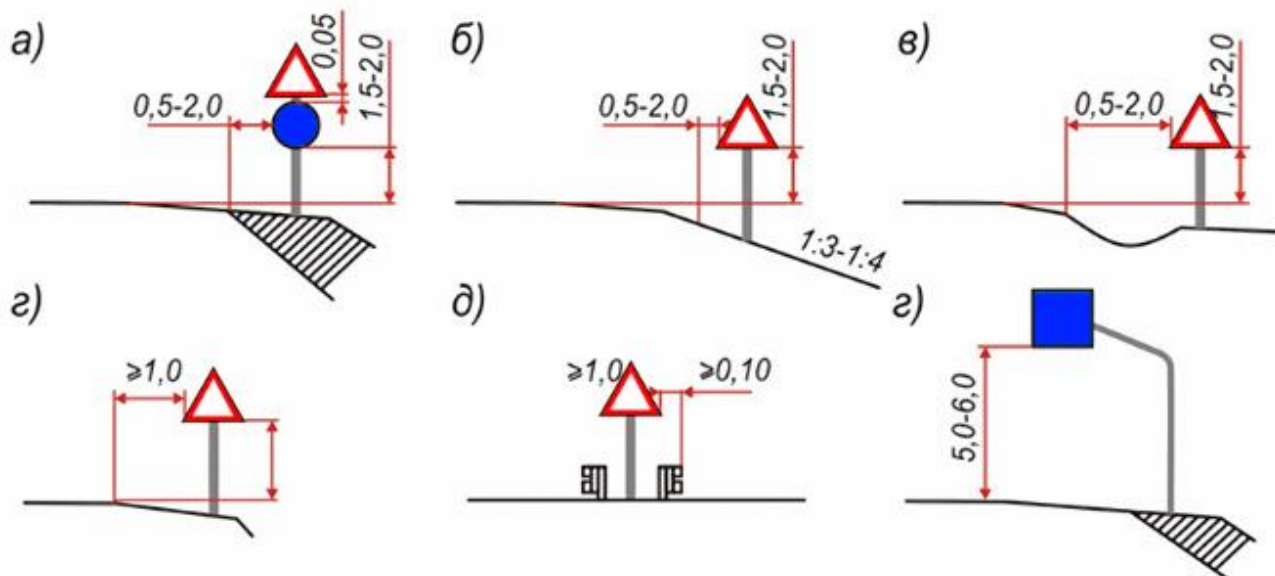


Рисунок 2.1 – Схеми встановлення знаків на автомобільних дорогах:

а – на бермі; б – на відкосі насипу; в – на смузі відводу;

г – над узбіччям; д – біля лінії огорожі; е – від кромки проїзної частини.

На автомобільних дорогах стійки знаків встановлюють за брівкою земляного полотна на бермах, присипаних до узбіччя, і відкосах насипу, а також на смузі відводу за боковою канавою або над узбіччям. При цьому віддаль від краю узбіччя до найближчої кромки знака повинна складати 0,5-2,0 м., а до кромки знаків попереднього показника напрямків – 0,5-5,0 м. В окремих випадках (як виключення) стійки знаків встановлюють на узбіччях або на розділовій смузі, зберігаючи при цьому мінімально допустиму віддаль 1 метр між проїзною частиною і краєм знака. В цих випадках знаки не повинні обмежувати видимість, а їх стійки повинні мати захисне огородження.

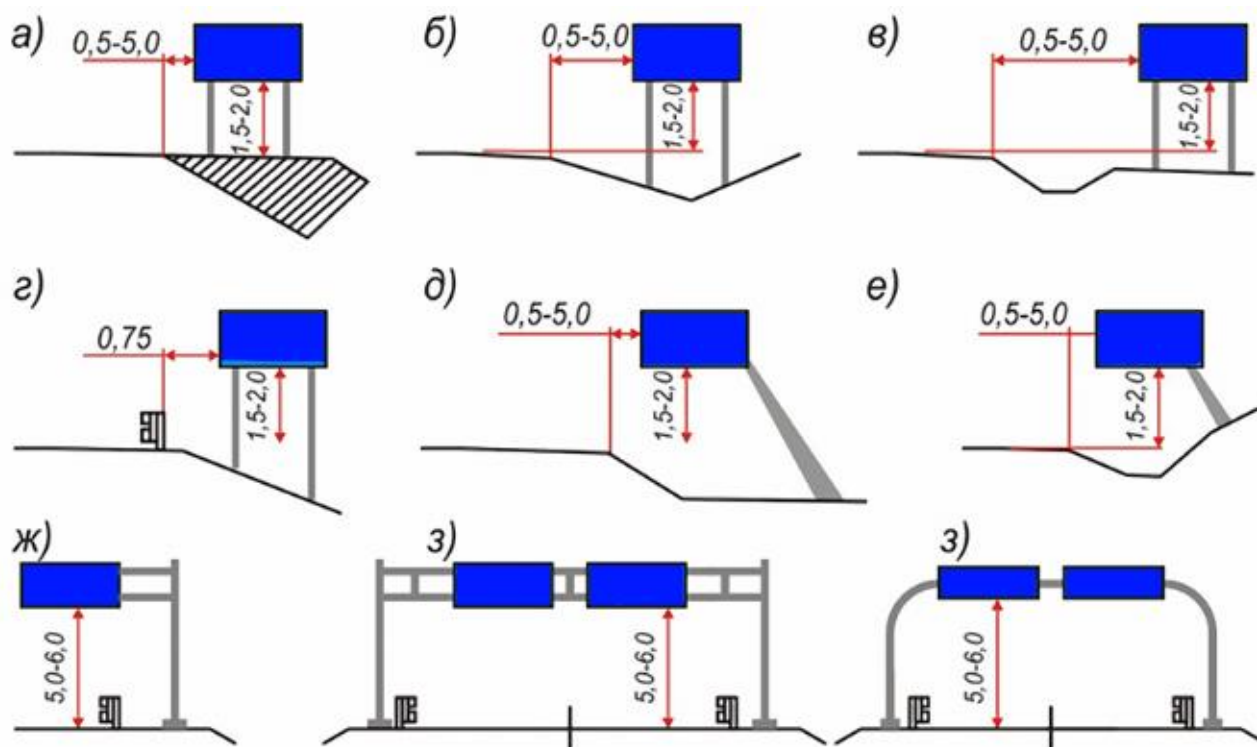


Рисунок 2.2 – Схеми встановлення попередніх покажчиків напрямків:

а – на бермі; б, г, е – на відкосах насипу; в, д – на смузі відводу;

ж – над узбіччям; з, і – над проїзною частиною.

В населених пунктах знаки встановлюють на індивідуальних стояках або колонках; на одній колонці із світлофором; на кронштейнах, прикріплених до освітлювальних стовпів; опор контактної мережі трамваїв і тролейбусів або стін будинків; на тросах-розтяжках. Допускається встановлення знаків над тумбами, розміщеними над острівцями безпеки.

Для встановлення знаків в якості несучих елементів використовують спеціальні стійки, виконані із металу, залізобетону або дерева.

Параметри дерев'яних і залізобетонних опор (висота опори, її заглиблення в ґрунт, діаметр або розміри поперечного перерізу) підбирають відповідно до вимог держстандартів.

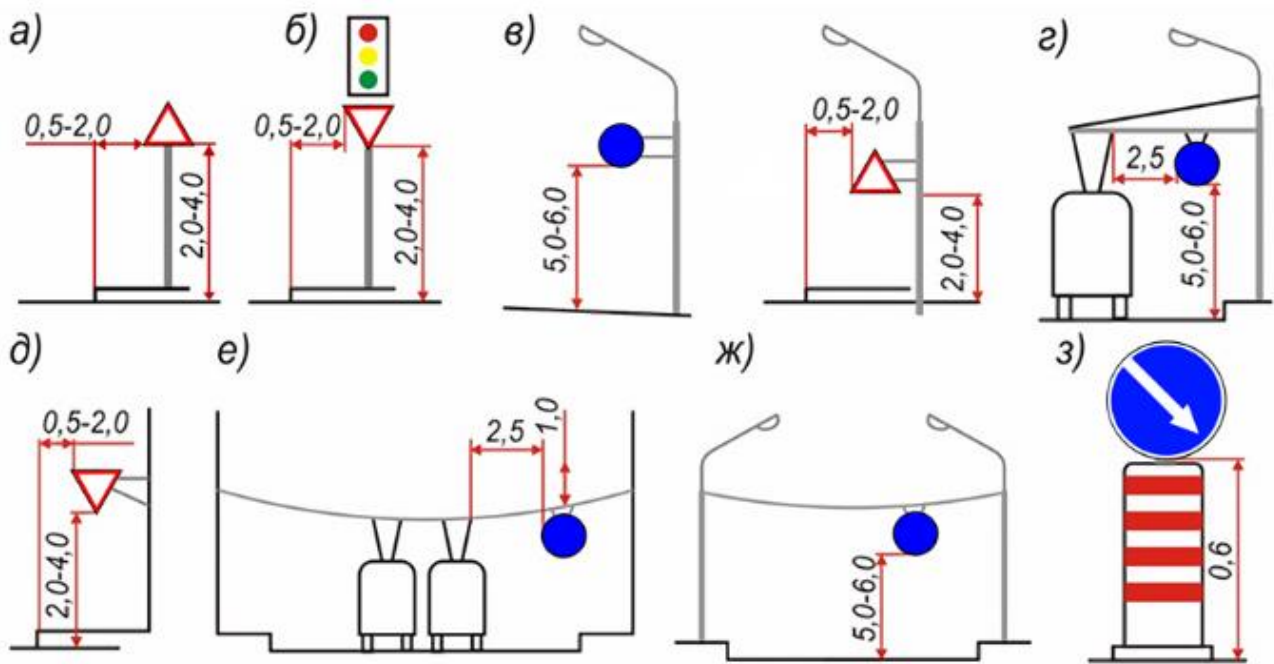


Рисунок 2.3 – Схеми встановлення знаків у населених пунктах

а – на ділянках, де неможливе бічне розміщення знака; б – коли це єдиний спосіб, що забезпечує добру видимість знака; в – при необхідності регулювання руху по окремих смугах; г – при інтенсивному русі великогабаритних транспортних засобів; д – на стінах будівель; е) – при розміщенні електроконтактної лінії; ж) – на тросах розтяжках; з) – над сигнальними тумбами із штучним освітленням

Необхідна довжина опори при різних схемах встановлення знаків розраховується по формулі:

$$L = h_1 + h_2 + h_3 + d, \quad (2.1)$$

де  $h_1$  - висота частини опори, що закрита знаком, м;

$h_2$  - висота частини опори від нижнього краю знака до поверхні дорожнього покриття, м;

$h_3$  - різниця висот між поверхнею проїзної частини і місцем встановлення опори, що приймається рівною: поза населеними пунктами – 0,2 м для опор з однією стійкою, 0,3 м для опор з двома стійками і 0,35 м для опор з трьома стійками;

$d$  - заглиблення опори в ґрунт ( $d=1,5$  м).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

**ТЕМА:** Експериментальне визначення затримки транспортних засобів на перехрестях

**МЕТА:** Навчитись визначати затримки транспортних засобів на регульованих і нерегульованих перехрестях з допомогою підрахунку кількості транспортних засобів на вході у перехрестя

**ЗАВДАННЯ:**

1. Порахувати кількість автомобілів, що стоять на підходах до перехрестя
2. Зарисувати схему перехрестя
3. Визначити середню затримку автомобіля в даному напрямку

### МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Використання теоретичних розрахункових методів визначення затримки транспортних засобів на перехрестях приводить до значних похибок, особливо коли режим роботи перехрестя близький до насичення. Експериментальний метод визначення затримки дає більш точні результати. Затримку оцінюють середнім значенням очікування одного автомобіля.

Широке розповсюдження отримали прості методи, що не вимагають апаратурного забезпечення. Один із них побудований на порівнянні часу проїзду автомобіля через перехрестя з певною інтенсивністю руху і працюючою світлофорною сигналізацією (для регульованого перехрестя) з часом необхідним для проїзду того ж перехрестя у вільних умовах (інтенсивність руху близька до нуля, проїзд відбувається на зелений сигнал або при виключених світлофорах}.

Іншим методом є підрахунок автомобілів, що стоять на вході у перехрестя через рівно достатньо малі проміжки часу  $\delta$ . Середня затримка автомобіля:

$$t = \delta \sum_1^n \frac{n_{cm}}{n_{np}}, \quad (3.1)$$

де  $n_{cm}$  - число замірів, виконаних за певний період спостережень;

$n_{np}$  - число автомобілів, що проїхали через перехрестя за цей же період.

#### Порядок виконання роботи

1. В назначений час спостереження підрахувати число автомобілів, що стоять на підході до перехрестя і чекають проїзду;
2. Повторити підрахунки через кожні 15с на протязі 5 хвилин (автомобілі, що стоять більше 15 с рахуються двічі, тричі і т.п.);
3. Протягом 5-и хвилин вести облік загального числа автомобілів, що проїхали перехрестя в даному напрямку (в тому числі і без зупинок);
4. Дані розрахунків занести в таблицю:

| Час спостережень | Число автомобілів, що стоять на даному підході до перехрестя у вказані проміжки часу, с |  |  |  | Загальне число автомобілів, що проїхали перехрестя з даного підходу |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------------------------------------|
|                  |                                                                                         |  |  |  |                                                                     |
| 1-а хвилина      |                                                                                         |  |  |  |                                                                     |
| 2-а хвилина      |                                                                                         |  |  |  |                                                                     |
| 3-я хвилина      |                                                                                         |  |  |  |                                                                     |
| 4-а хвилина      |                                                                                         |  |  |  |                                                                     |
| 5-а хвилина      |                                                                                         |  |  |  |                                                                     |
| Всього           | $\sum n_{cm}$                                                                           |  |  |  | $n_{np}$                                                            |

5. Визначити середню затримку автомобіля в даному напрямку перехрестя по вище приведений формулі.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### ТЕМА: Побудова графіка інтенсивності і розрахунок потоку насичення

**МЕТА:** Ознайомити студентів із розрахунком потоку насичення і навчитись будувати графік інтенсивності

#### Теоретичні положення

Вихідні дані для розрахунку:

- кількість фаз регулювання;
- схема ОДР в кожній фазі (пофазний роз'їзд ТЗ, пішоходів);
- геометричні параметри перехрестя;
- інтенсивності руху в кожному з регульованих напрямків.

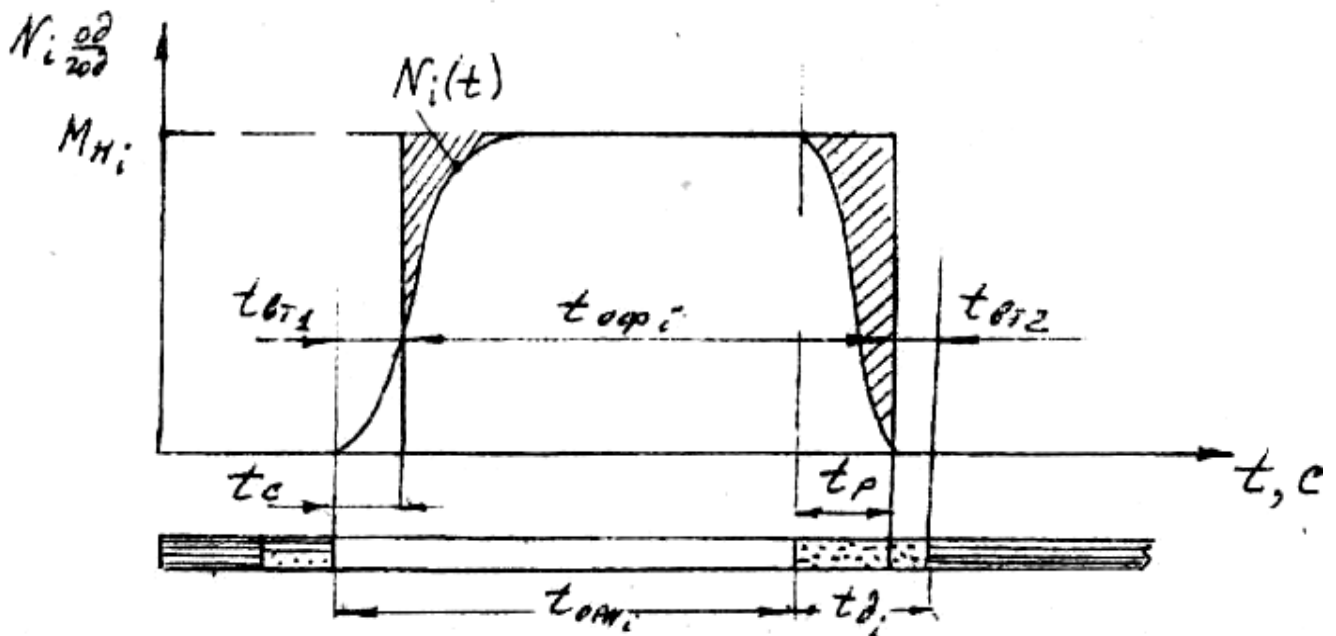


Рисунок 4.1 – Залежність інтенсивності руху від поточного часу

$t_c$  - стартові втрати (пов'язані з реакцією водія);

$t_p$  - час розвантаження перерізу чергою, що рухається протягом

початку жовтого сигналу;

$M_{H_i}$  - потік насичення;

$t_{ef_i}$  - ефективна тривалість фази регулювання

Протягом фази рух ТЗ здійснюється лише в деякому інтервалі часу, який називається ефективною тривалістю фази регулювання  $t_{ef_i}$ . При цьому протягом  $t_{ef_i}$  інтенсивність розвантаження перерізу стала і дорівнює потоку насичення  $M_{H_i}$ .

Тоді можна припустити, що решту часу, тобто  $\Phi_i - t_{ef_i} = L_i$  рух ТЗ через стоп-лінію не відбувається. Цей час  $L_i$  зветься втраченим часом фази  $i$ .

У цьому випадку кількість транспортних засобів, які проходять стоп-лінію перехрестя протягом фази, дорівнюватиме площі прямокутника розмірами  $M_{H_i} \times t_{ef_i}$ , що ідентична площі під кривою  $N_i(t)$ .

Таким чином, можна стверджувати, що

$$\Phi_i = t_{осн_i} + t_{\phi_i} = t_{ef_i} + L_i$$

звідки

$$L_i = t_{осн_i} + t_{\phi_i} - t_{ef_i},$$

чи, з рис.1

$$L_i = t_c - t_p + t_{\phi_i},$$

а інтенсивність руху протягом  $t_c$  і  $(t_{\phi_i} - t_p)$  згідно з припущенням дорівнюватиме нулю.

У свою чергу втрачений час  $L_i$  залежить ще від складу ТП, уклону, геометрії перехрестя тощо і становить для різних перехресть 0,5...7,0 с.

З іншого боку, численні експерименти доводять, що самі величини  $t_c$  і  $t_p$  для різних перехресть і напрямків практично не відрізняються і  $t_p = 3$  с, а  $t_c = 2$  с, тобто  $(t_c - t_p) = -1$ .

Для циклу, що має  $n$  фаз, втрачений час становить

$$L_i = \sum_{i=1}^n (t_{\phi_i} - 1) \quad (4.1)$$

Якщо на перехресті виділено повністю пішохідну фазу  $\Phi_{пш}$ , вона повністю входить до втраченого у циклі часу:

$$L_i = \sum_{i=1}^n (t_{\phi_i} - 1) + \Phi_{пш} \quad (4.2)$$

Прийняті умови щодо безкінечної черги ТЗ перед перехрестям призводять до розглядання повністю насиченої фази, що не завжди відбувається на практиці. У випадку, коли рух ТЗ не відбувається протягом усього діапазону  $t_{ef_i}$ , або поточна інтенсивність не досягає величини  $M_{H_i}$ , фаза називається не повністю насиченою.

*Розрахунок потоку насичення.* При відсутності каналізації на підході до перехрестя для потоку, що рухається тільки в прямому напрямку при ширині ПЧ від 5,4 до 18 м, величина  $M_H$  визначається за емпіричною формулою

$$M_H = 525H, \quad (4.3)$$

де  $H$  - ширина ПЧ, м. Якщо  $H < 5.4$  м, користуються наступною таблицею.

Таблица 4.1

|                   |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| $H$ , м           | 3,0  | 3,3  | 3,6  | 4,2  | 4,8  | 5,1  |
| $M_H$ ,<br>од/год | 1850 | 1875 | 1950 | 2075 | 2475 | 2700 |

Якщо рух каналізовано,  $M_H$  визначається для кожної смуги окремо, згідно із таблицею 4.1.

Кожний відсоток повздовжнього нахилу відповідно знаку зменшує або збільшує величину на 3%.

Якщо поворот праворуч або ліворуч виконується безконфліктно (з окремої смуги),  $M_H$  залежить від радіуса повороту

$$M_H = \frac{1800}{1 + \frac{1.525}{R}}, \quad (4.4)$$

де  $R$  - радіус повороту, м.

Для двохрядного поворотного руху

$$M_H = \frac{3000}{1 + \frac{1.525}{R}}, \quad (4.5)$$

Якщо поворотні маневри здійснюються з загальної смуги руху, значення  $M_H$  зменшується завдяки взаємному впливу ТЗ. Якщо в цьому випадку поворот здійснює менше 10% автомобілів, ним можна знехтувати, якщо більше 10% - користуються формулою

$$M_H \cdot = \frac{M_H \cdot 100\%}{\lambda + 1.75\beta + 1.25\gamma}, \quad (4.6)$$

де  $M_H$  - значення  $M_H$  для прямого напрямку, од/год;

$\lambda$  - відсоток ТЗ, що рухаються прямо;

$\beta$  - відсоток ТЗ, що рухаються ліворуч;

$\gamma$  - відсоток ТЗ, що рухаються праворуч.

На практичну величину  $M_H$  також впливають: освітленість; видимість; неупорядкований рух пішоходів; транспортні засоби, що зупинилися; лівоповоротний рух, що здійснюється просочуванням; склад ТП. З цих міркувань вводиться поняття коефіцієнтів впливу дорожніх умов  $K$ , на які множиться розрахункове значення  $M_H$ :

- добрі ДУ,  $K=1,2$ ;
- середні ДУ,  $K=1,0$ ;
- погані ДУ,  $K=0,85$ .

Експериментальне значення  $M_H$  полягає в пошуку моментів насичення тактів (фаз), розділенні зеленого сигналу на інтервали 5...6 с і підрахуванні кількості ТЗ, що минули стоп-лінію протягом цих інтервалів, з наступним переведенням і усередненням. При цьому користуються формулою:

$$M_H = \frac{3600}{n} - \left( \frac{m_1}{\Delta t_1} + \frac{m_2}{\Delta t_2} + \dots + \frac{m_n}{\Delta t_n} \right), \quad (4.7)$$

де  $n$  - кількість вимірювань;

$m_n$  - кількість приведених ТЗ, що минули стоп лінію протягом інтервалу  $\Delta t_j$ ;

$\Delta t_n$  - інтервали окремих вимірювань.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

**ТЕМА:** Розрахунок тривалості циклу світлофорного регулювання

**МЕТА:** Навчитись розраховувати тривалість циклу світлофорного регулювання

### Теоретичні положення

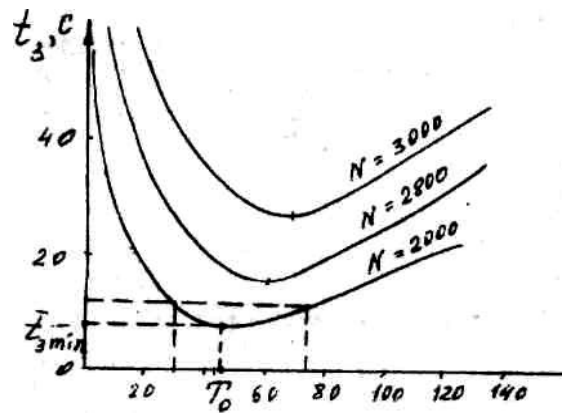
Критеріями оптимізації світлофорного регулювання служать:

- середня затримка ТЗ біля перехрестя;
- середня довжина черги біля перехрестя;
- ймовірність виникнення конфліктної ситуації;
- рівень емісії відпрацьованих газів;
- рівень транспортного шуму тощо;

Найбільшої популярності в інженерних розрахунках набула мінімізація середньої затримки одного транспортного засобу при умові забезпечення безпеки руху транспорту і пішоходів.

Задачею інженерних розрахунків режиму СФР є визначення оптимальних за безпекою руху тривалостей додаткових тактів, пішохідних фаз, основних тактів і в цілому циклу регулювання, що забезпечують мінімальну величину середньої затримки автомобілів на перехресті.

Для знаходження оптимальної тривалості циклу використовувалась імітаційна модель чотиристороннього перехрестя, де прибуття ТЗ до стоп-ліній підпорядковувалося статистичному закону Пуассона. Проводився модельний експеримент, метою якого було знаходження значень циклу регулювання, яка мінімізує сумарну транспортну затримку. Одним з результатів виявилася залежність середньої затримки умовного автомобіля  $\bar{t}_z$  біля ряду типових перехресть від тривалості циклу. Цю залежність зображено на рис. 1.



З наведеної залежності впливають наступні ключові висновки:

1. Затримка має мінімальне значення в точці  $T_0$ , яка відповідає оптимальному циклу СФР.
2. Із збільшенням тривалості циклу відносно  $T_0$  затримка зростає.
3. Із зменшенням тривалості циклу відносно  $T_0$  затримка також зростає.
4. У діапазоні  $0,75T_0 \dots 1,5T_0$  затримка перевищує мінімальне значення  $\bar{t}_{\min}$  не більше як на 10-15 відсотків.

Розглянемо просту математичну модель, завдяки якій можна отримати якісний вираз для знаходження оптимального циклу СФР.

**Мінімальна** тривалість циклу, необхідна для перепуску через перехрестя саме такої кількості ТЗ, що прибула до стоп-лінії протягом того самого періоду часу, може бути знайдена наступним чином.

Кількість автомобілів, що надходять до перехрестя з напрямку  $i$  протягом циклу дорівнює  $N_i T_{\min}$ . Кількість автомобілів, які залишають перехрестя протягом повністю насиченої  $i$ -ї фази, становить  $t_{ef} \cdot M_{H_i}$ .

Очевидно, що

$$N_i T_{\min} = t_{ef} \cdot M_{H_i},$$

звідси

$$t_{ef} = \frac{N_i}{M_{H_i}} T_{\min},$$

де величина  $\frac{N_i}{M_{H_i}} = y_i$  називається **фазовим коефіцієнтом**  $i$ -ї фази.

Тоді

$$t_{ef} = y_i \cdot T_{\min}$$

З іншого боку, величина мінімальної тривалості циклу дорівнює сумі втраченого в циклі часу і ефективних тривалостей усіх  $n$  фаз, тобто

$$\begin{aligned} T_{\min} &= L + y_1 \cdot T_{\min} + y_2 \cdot T_{\min} + \dots + y_n \cdot T_{\min} = L + T_{\min} (y_1 + y_2 + \dots + y_n) = \\ &= L + T_{\min} \sum_{i=1}^n y_i = L + T_{\min} \cdot Y \end{aligned}$$

Величина  $\sum_{i=1}^n y_i = Y$  називається **сумарним коефіцієнтом перехрестя**.

Таким чином,

$$T_{\min} = \frac{L}{1 - Y} \quad (5.1)$$

тобто тривалість **мінімального** циклу регулювання тим більша, чим більший втрачений у циклі час, і тим менша, чим більше сумарний фазовий коефіцієнт перехрестя відрізняється від одиниці.

Отримане відношення (1) може ілюструвати лише якісний зв'язок. Проте шляхом досить складних обчислень (взяти похідну від транспортної затримки, прирівняти її до нуля, розв'язати диференціальне рівняння) може бути виведена і формула для оптимального циклу СФР.

Діючими нормативними документами для розрахунку оптимального циклу СФР при двохфазному регулюванні рекомендовано формулу:

$$T_o = \frac{2L}{1 - Y} \quad (5.2)$$

Для типових перехресть з три- і багатофазною схемою роз'їзду прийнята формула:

$$T_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} \quad (5.3)$$

Якщо отримане в результаті розрахунків значення  $T_o$  менше за 25 секунд, то його округлюють до 25 с (але при цьому бажана перевірка на доцільність впровадження світлофороного регулювання за існуючими критеріями).

З практичних міркувань тривалість циклу СФР не повинна перевищувати 120 секунд, за винятком особливо складних перехресть.

Таким чином, реальний діапазон тривалості оптимального циклу

$$25 \text{ с} \leq T_o \leq 120 \text{ с}.$$

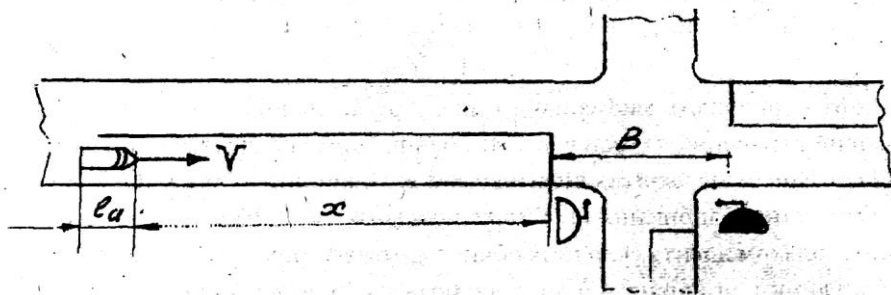
## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### ТЕМА: Розрахунок тривалості додаткових тактів

**МЕТА:** Освоїти методику розрахунку додаткових тактів

#### Методика розрахунку

Розрахунок додаткового такту  $t_0$  проводиться за умови, що ТЗ, які наближаються до перехрестя з будь-якого напрямку, при зміні сигналу з зеленого на жовтий мають до закінчення додаткового такту або зупинитися біля стоп-лінії, або повністю проїхати зону перехрестя (рис. 6.1).



Критична (мінімальна) дистанція від автомобіля до стоп-лінії, за якою водій може зупинити свій ТЗ, не вдаючися до екстреного гальмування, дорівнює

$$x_c = V\delta_1 + \frac{V^2}{2a^*}, \quad (6.1)$$

де  $\delta_1$  - термін реакції водія при гальмуванні, с;

$V$  - швидкість на підході до перехрестя, м/с;

$a^*$  - максимально можливе комфортне уповільнення,  $\text{м/с}^2$ .

З іншого боку, максимальна можлива відстань до стоп-лінії, при якій автомобіль у випадку виїзду в зону перехрестя може протягом  $t_0$  звільнити його, не вдаючись до прискорення, дорівнює:

$$x_o = Vt_o - (B + l_a), \quad (6.2)$$

де  $t_o$  - тривалість додаткового такту, с;

$B$  - ширина перехрестя між стоп-лініями, м;

$l_a$  - габаритна довжина автомобіля, м.

Якщо  $x_o > x_c$ , водій може проїхати і звільнити перехрестя або зупинитися біля стоп-лінії.

Якщо  $x_o < x_c$ , водій вже не може зупинитися і вимушений вдатися до прискорення.

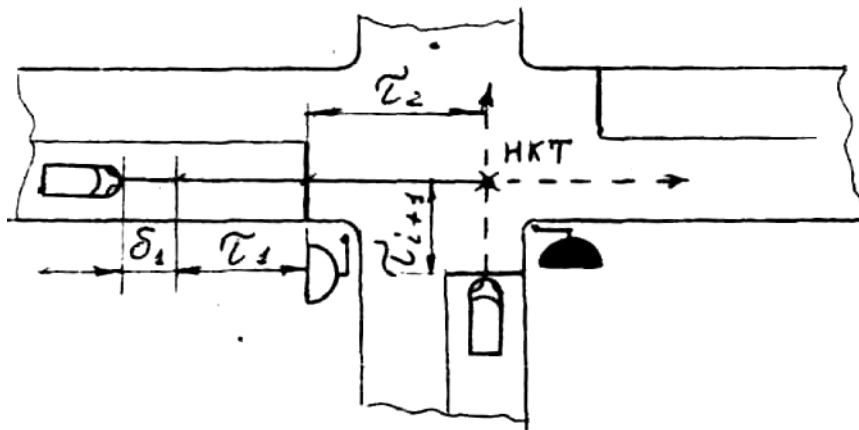
Розглянемо випадок, коли  $x_o = x_c$ . Ця відстань називається **зоною дилеми**, де водії рівно ймовірно можуть прийняти рішення про зупинку або проїзд перехрестя. Прирівнюємо  $x_o$  і  $x_c$  і розв'яжемо вираз відносно  $t_o$ . Тоді розрахункова формула для додаткового такту матиме вигляд:

$$t_o = \delta_1 + \frac{V}{2a^*} + \frac{B + l_a}{V}. \quad (6.3)$$

Отриманий вираз застосовується для розрахунку додаткових тактів і перехідних інтервалів транспортних фаз **на максимальну безпеку**. У процесі розрахунку рекомендовано приймати  $a^* = 2,5 \div 3,0 \text{ м/с}^2$ ,  $\delta_1 = 0,8 \div 1,2 \text{ с}$ .

Треба враховувати, що формула (6.3) має дещо завищені значення  $t_o$ , проте можливий також і розрахунок додаткових тактів на **максимальну ефективність**.

Тривалість додаткового такту може бути зменшена, якщо виходити з припущення, що автомобілю, який минає перехрестя, треба проминути не дальню стоп-лінію (формула 6.2), а лише **найdaleьшу конфліктну точку НКТ** з урахуванням руху ТЗ у наступній фазі (рис. 6.2).



До того ж, ТЗ, що розпочинають рух у наступній фазі, втрачають деякий час, щоб дістатися тієї ж НКТ. Таким чином, якщо відомі координати НКТ, вираз для  $t_o$  набуває вигляду:

$$t_o = \delta_1 + \tau_1 + \tau_2 - \tau_{i+1}, \quad (6.4)$$

де  $\tau_1$  - час, визначений за формулою (1);

$\tau_2$  - час руху ТЗ до НКТ, с;

$\tau_{i+1}$  - час, необхідний ТЗ, що рушить у наступній фазі, щоб дістатися НКТ, с.

Остання складова  $\tau_{i+1}$  може бути розрахована за виразом:

$$\tau_{i+1} = \sqrt{\frac{2l_{i+1}}{a} + 3}, \quad (6.5)$$

де  $l_{i+1}$  - шлях руху ТЗ до НКТ в наступній фазі, м;

$a$  - максимальне прискорення ТЗ, що розпочинає рух від стоп-лінії,  $\text{м/с}^2$ .

Протягом додаткового такту мають закінчити рух і пішоходи, які переходили вулицю на зелений сигнал світлофора. За цей час пішохід має повернутися на тротуар, звідки розпочав рух, або досягти середини ПЧ вулиці (острівця безпеки, розділової смуги). Усе це потребує максимального часу:

$$t_{o.niu} = \frac{B_{II}}{4V_{niu}}, \quad (6.6)$$

де  $B_{II}$  - ширина ПЧ на переході, м;

$V_{niu}$  - розрахункова швидкість пішохода (звичайно приймається

$$V_{niu} = 1,3 \text{ м/с}).$$

Значення  $t_o$  визначається для всіх учасників руху і напрямків кожної фази.

При цьому у фазі використовується максимальне з усіх значень  $t_{oi}$ .

Іноді на швидкісних напрямках багато смугових доріг наприкінці фази застосовують зелений проблісковий сигнал світлофора. Тривалість такого сигналу відповідає часові проїзду критичної ділянки перед перехрестям, що визначається за формулою (6.2) і становить 3-4 с (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

|                                             |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Швидкість руху перед перехрестям,<br>км/год | 50  | 55  | 60  | 70  | 80  |
| Довжина критичної ділянки, м                | 45  | 46  | 58  | 74  | 81  |
| Час проїзду ділянки, с                      | 3,1 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### ТЕМА: Розрахунок тривалості основних тактів СФР

**МЕТА:** Навчитись визначати оптимальний ступінь насичення перехрестя, розрахувати світлофорний об'єкт

#### Загальні положення

Оптимальність режиму СФР на перехресті досягається при умові, якщо всі фази циклу насичені повністю. Інакше мінімум середньої затримки на перехресті буде у випадку, коли відношення ефективних тривалостей фаз дорівнюватиме відношенню фазових коефіцієнтів відповідних фаз, тобто

$$\frac{t_{ef\phi_i}}{t_{ef\phi_{i+1}}} = \frac{y_i}{y_{i+1}}, \quad (7.1)$$

де  $i$  - номер фази.

При цьому розуміється, що величина відношення має бути однакою для всіх напрямків даної фази.

Тому вводиться поняття **ступеня насичення фази** регулювання  $x_i$ , яке визначається відношенням кількості ТЗ, що прибувають за  $T_o$ , до кількості ТЗ, які можуть залишити перехрестя протягом ефективної тривалості фази  $t_{ef\phi_i}$ .

$$x_i = \frac{N_i T_o}{M_{H_i} t_{ef\phi_i}} = y_i \frac{T_o}{t_{ef\phi_i}} = \frac{y_i}{\lambda_i} \quad (7.2)$$

Величину  $\lambda_i = \frac{t_{ef\phi_i}}{T_o}$  у виразі (7.2) називають **часткою ефективної тривалості**

**фази** в циклі регулювання.

Сумарна частка ефективних тривалостей фаз у циклі:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = \frac{t_{ef_1} + t_{ef_2} + \dots + t_{ef_n}}{T_o} =$$

$$= \frac{T_o - L}{T_o} = 1 - \frac{L}{T_o} \quad (7.3)$$

Оскільки  $T_o$  - величина стала, наведений принцип пропорційності насичення фаз може бути записаний як

$$\frac{y_i}{y_{i+1}} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i+1}}$$

для всіх  $i$ , тоді

$$\frac{y_i}{\lambda_i} = \frac{y_{i+1}}{\lambda_{i+1}},$$

тобто для всіх фаз при оптимальному режимі роботи СФР на перехресті ступінь фаз повинен бути однаковим

$$x_1 = x_2 = \dots = x_n = x_o = const ,$$

де  $x_o$  - оптимальний ступінь насичення фаз перехрестя.

Інакше кажучи, оптимальному режиму СФР відповідає **оптимальний ступінь насичення перехрестя**, математичний вираз якого знаходять наступним чином.

Сумарна частка ефективних тривалостей фаз у цьому випадку:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \frac{1}{x_o} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{Y}{x_o} \quad (7.4)$$

З іншого боку, якщо  $T_o = \frac{2L}{1-Y}$ , то  $\frac{L}{T_o} = \frac{1-Y}{2}$ .

Таким чином, з виразу (7.3) маємо

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 - \left( \frac{1-Y}{2} \right) = \frac{1+Y}{2},$$

отже

$$\frac{Y}{x_o} = \frac{1+Y}{2}$$

Звідки кінцевий вираз для оптимального ступеня насичення фаз перехрестя

$$x_o = \frac{2Y}{1+Y} \quad (7.5)$$

Виводимо математичний вираз для ефективної тривалості  $i$ -ї фази в циклі.

З виразу (7.3) маємо:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 - \frac{L}{T_o}$$

З іншого боку

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \frac{Y}{x_o}$$

з виразу (7.4), тобто

$$1 - \frac{L}{T_o} = \frac{Y}{x_o} \quad (7.6)$$

Якщо врахувати, що  $x_o = y_i \frac{T_o}{t_{efi}}$  підставити в (7.6),

$$1 - \frac{L}{T_o} = \frac{t_{efi} Y}{y_i T_o},$$

звідки

$$t_{efi} = \frac{y_i}{Y} (T_o - L) \quad (7.7)$$

Тривалість основного такту відрізняється від ефективної тривалості фази в циклі врахуванням стартових втрат  $t_c$  і часу розвантаження перерізу стоп-лінії  $t_p$ . Тоді тривалість основного такту транспортної фази визначається виразом:

$$t_{oci} = t_{efi} + t_c - t_p = \frac{y_i}{Y} (T_o - L) - 1 \quad (7.8)$$

Якщо отримана в результаті розрахунків тривалість основного такту менша за 7 с, згідно з існуючими нормативами її округлюють до 7 с, що пов'язано з можливим виникненням ланцюгових ДТП (зіткнень) у зоні стоп-лінії перехрестя.

Отримані розрахункові значення  $t_{oci}$  мають перевірятися на перепуск пішоходів і трамваїв, якщо ці маневри здійснюються в одній фазі  $i$ .

Час, необхідний для перепуску пішоходів, розраховується за емпіричною формулою:

$$t_{oc_{niu}} = 5 + \frac{B}{V_{niu}}, \quad (7.9)$$

де  $B$  - довжина переходу, м;

$V_{niu}$  - швидкість пішоходів, м/с.

Тривалість основного такту для перепуску трамвая визначається за формулою:

$$t_{oc_{mp}} = \frac{3.6(l_k + l_{mp})}{V_{mp}}, \quad (7.10)$$

де  $l_k$  - шлях руху трамвая від стоп-лінії до НКТ з ТЗ, що рушає в наступній фазі, м;

$l_{mp}$  - довжина трамвайного потягу, м;

$V_{mp}$  - швидкість руху трамвая в зоні перехрестя (приймається  $V_{mp} = 20$  км/год).

У випадку істотних розбіжностей значень  $t_{oc}, t_{niu}, t_{mp}$  (більше  $4 \div 5$  с), проводиться коректування тривалостей решти фаз циклу пропорційно фазовим коефіцієнтам (при цьому автоматично зростає тривалість циклу). Якщо ж розбіжність неістотна – тривалість основного такту призначається за найбільшим значенням.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

### ТЕМА: Пофазний роз'їзд транспортних засобів

**МЕТА:** Ознайомитись із фазними циклами роз'їзду транспортних засобів і  
Пішоходів

#### Теоретичні положення

Пофазний роз'їзд транспортних засобів забезпечує розділення конфліктуючих потоків по часу. Кількість фаз залежить від характеру конфліктних точок на перехресті та інтенсивності руху в кожному напрямку.

В процесі пофазного роз'їзду кожний учасник руху одержує право на перетин стоп-лінії, як правило, лише в одній фазі. Із зростанням їх кількості час очікування на право проїзду кожного учасника руху збільшується, як наслідок, збільшується сумарна затримка на перехресті. Крім того, кожній фазі повинна відповідати мінімум одна смуга руху на підходах до перехрестя. В протилежному випадку реалізувати пофазний роз'їзд не вдається.

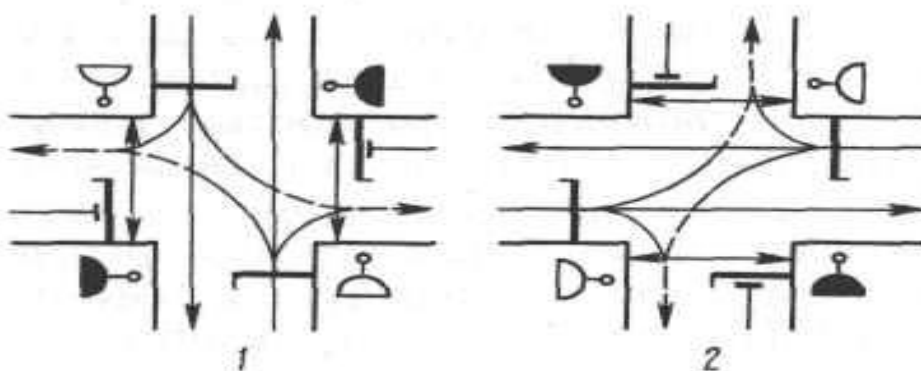


Рисунок 8.1 – Приклад двухфазного циклу

Виділення для кожної фази своєї смуги (чи смуг) руху в свою чергу приводить до недовикористання пропускної здатності смуги. Наслідком цього являється зменшення із зростанням числа фаз пропускної здатності перехрестя.

В інтересах високої пропускної здатності слід завжди стремитися до мінімального числа фаз настільки, наскільки дозволяють умови безпеки руху.

В найпростішому випадку, коли переважає рух в прямих напрямках, роз'їзд транспортних засобів може бути організований по двохфазному циклу (рис.8.1). Всі учасники руху діляться на дві групи. Черговість їх руху ліквідує на перехресті найбільш небезпечні конфліктні точки. Праві та ліві повороти, а також рух пішоходів здійснюються при наявності конфліктів у відповідності з порядком, передбаченим Правилами дорожнього руху.

На рис.8.1 з метою спрощення схем світлофори умовно розміщені тільки на найближчій стороні перехрестя справа (по ходу руху) і показані односторонні. Чорний колір світлофора на рисунку позначає червоний сигнал або увімкнену стрілку додаткової секції, відсутність забарвлення – зелений сигнал чи вимкнену стрілку. Не показані пішохідні світлофори, зелений сигнал яких працює в мигаючому режимі (існує конфлікт між пішохідними і транспортними потоками). З метою спрощення на рисунках показані тільки основні такти кожної фази регулювання. Номера фаз позначені цифрами.

Застосування трьох і більше фаз пов'язано, як правило, із високою інтенсивністю лівоповоротних потоків або пішохідного руху. Транспортний засіб, що повертає наліво при двохфазному регулюванні та інтенсивному зустрічному потоці, вимушений знаходитись в центрі перехрестя до кінця дозволяючої фази. Завершити поворот вдається лише в період проміжного такту, коли жовтий сигнал перериває рух у зустрічному напрямку. В цей порівняно короткий момент часу встигають повернути наліво лише один-два транспортних засоби. Враховуючи середню тривалість існуючих двохфазних циклів, запобігти третій фазі можна лише при інтенсивності транспортного потоку не більше 120 авт/год.

Поява третьої фази відкриває можливість для різних варіантів організації руху. Вибір варіанта залежить від інтенсивності конфліктуючих потоків і кількості смуг руху перед стоп-лінією. В одному із типових варіантів (рис.8.2) спеціальна фаза може обслуговувати два зустрічних лівоповоротних потоки. Другим варіантом являється об'єднання лівоповоротного потоку із потоком в прямому попутному напрямку, якщо останній відрізняється високою інтенсивністю і пропустити його повністю в першій фазі не вдається.

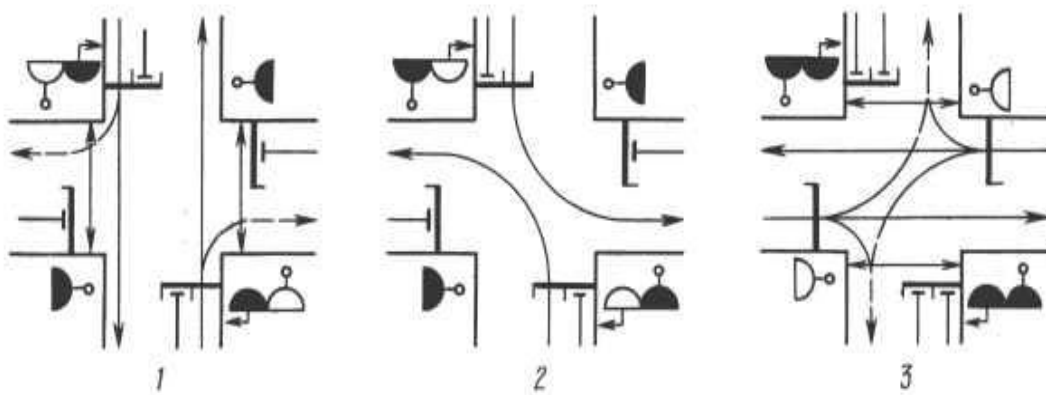


Рисунок 8.2 – Приклад трьохфазного циклу

Багатофазне регулювання (4 фази і більше) являється дуже небажаним, враховуючи пов'язані з цим зростання транспортної затримки і зниження пропускної здатності перехрестя. Звичайно для запобігання 4 фаз і більше прибігають до заборони окремих маневрів, скорочення кількості пішохідних переходів або облаштування підземних пішохідних тунелів.

При інтенсивності пішохідного руху на одному переході більше 1000чол/год доцільно забезпечити їх безконфліктний пропуск. На перехресті це досягається різними організаційними методами (рис.8.3). В ідеальному випадку в циклі регулювання виділяється спеціальна (пішохідна) фаза, на протязі якої на перехресті по всім напрямкам вмикається червоний сигнал в транспортних світлофорах, в той час як пішохідні світлофори дозволяють рух (рис.8.4).

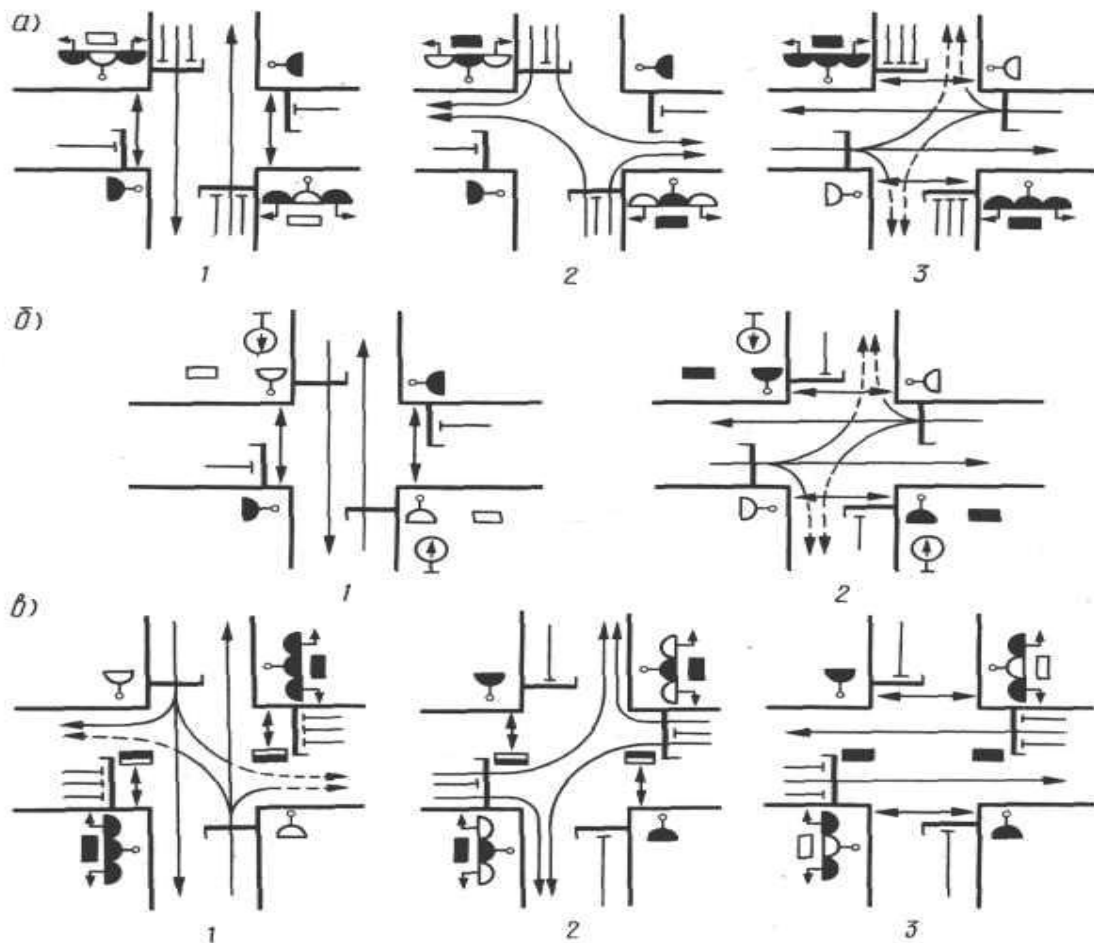


Рисунок 8.3 – Методи безконфліктного пропускання пішоходів при організації пофазного роз'їзду транспортних засобів:

а – виділення спеціальної фази для лівих і правих поворотів;

б – заборона поворотів в першій фазі;

в – поетапне пропускання пішоходів через проїзну частину

#### Основні принципи пофазного роз'їзду:

1. Стремитися до мінімального числа фаз в циклі регулювання.
2. Враховувати, що допускається суміщати в одній фазі:
  - лівоповоротний потік, конфліктує з зустрічним потоком прямого напрямку, якщо лівоповоротний потік не перевищує 120 авт/год;

- пішохідний і конфліктуючі з ним поворотні транспортні потоки, якщо пішохідний потік не перевищує 900 чол/год, а поворотні транспортні потоки не перевищують 120 авт/год.
3. Не випускати із однієї і тієї ж смуги транспортні засоби, рух яких передбачено в різних фазах, тобто смуги руху закріплюють за визначеними фазами.
  4. Домагатися рівномірного завантаження смуг. Інтенсивність руху, що в середньому приходить на одну смугу, не повинна перевищувати діапазон 600-700 од/год.
  5. При широкій проїзній частині (3 смуги руху і більше в одному напрямку) слід розглядати можливість поетапного переходу пішоходами вулиці на протязі двох слідуєчих один за один фаз регулювання.

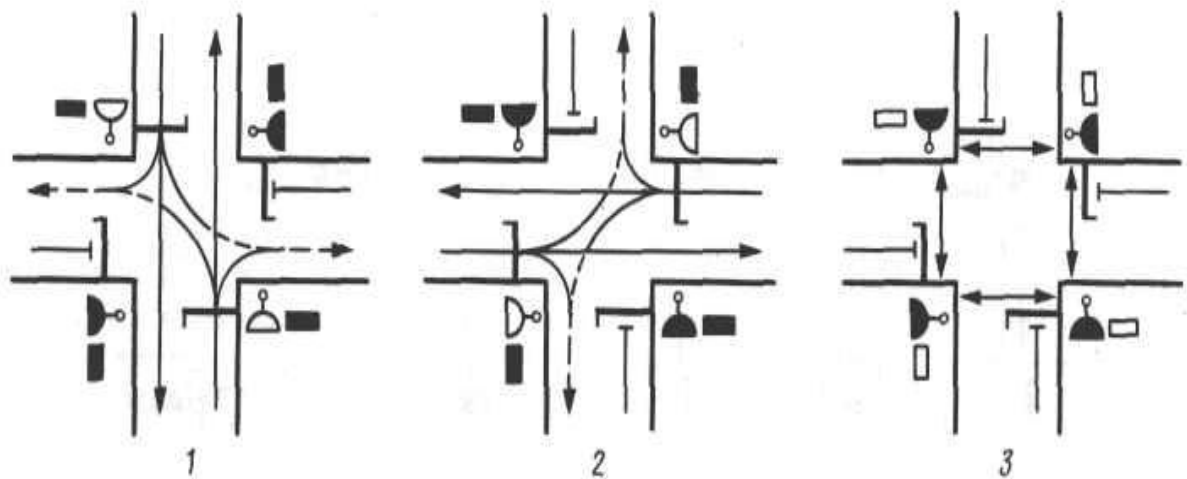


Рисунок 8.4 – Трьохфазний цикл з виділеною пішохідною зоною

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

### ТЕМА: Розрахунок потоку насичення

**МЕТА:** Провести розрахунок потоку насичення з урахуванням умов руху

#### Теоретичні положення

Вихідними даними для розрахунку являються планування і транспортні характеристики перехрестя: ширина проїзних частин, кількість і ширина смуг в кожному напрямку руху; ширина розділювальних смуг; ширина тротуарів і радіуси їх заокруглення; повздовжній нахил на підходах до перехрестя; склад транспортних потоків; картограма інтенсивності транспортних і пішохідних потоків для розглядуваних періодів суток (транспортна інтенсивність виражається в приведених одиницях); середня швидкість руху транспортних засобів на підході і в зоні перехрестя (без гальмування).

**Потоки насичення.** Потік насичення для кожного напрямку даної фази регулювання визначають шляхом натурних спостережень в періоди, коли на підході до перехрестя формуються достатньо великі черги транспортних засобів. Порядок визначення потоку насичення повинен бути наступним.

1. Одночасно із увімкненням зеленого сигналу включити секундомір і реєструвати по видам транспортні засоби, які перетинають стоп-лінію і рухаються по одній із смуг.
2. Вимкнути секундомір у момент перетину стоп-лінії останнім автомобілем черги.
3. Записати покази секундоміра і підрахувати кількість проїхавших за цей час приведених транспортних одиниць.
4. Повторити заміри 10 раз. (При достатньо довгій черзі на смузі, яка складається з 10-15 автомобілів і більше, можна обмежитись 3-5 замірами.)

5. Визначити потік насичення для даної смуги руху:

$$M_{H_{jk}} = \frac{300}{n} \left( \frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \dots + \frac{m_n}{t_n} \right), \quad (9.1)$$

де  $M_{H_{jk}}$  - потік насичення для даної смуги в даній фазі і даному напрямку

руху, од/год;

$n$  - кількість замірів;

$m$  - кількість приведених транспортних одиниць, які пройшли через стоп-лінію за час  $t$ ;

$t_1 \dots t_n$  - покази секундоміра, с;

$j$  - номер напрямку руху;

$k$  - номер смуги.

6. Повторити операції перераховані в пп. 1-5, для кожної із залишившихся смуг розглядуваного напрямку даної фази. Просумувавши одержані результати, отримати показник  $M_{H_{jk}}$  - потік насичення для одного із напрямків даної фази.

7. Визначити потік насичення  $M_{H_{jk}}$  у відповідності з методикою, викладеною у пп. 1-6, для других напрямків розглядуваної фази, а також для всіх напрямків руху інших фаз регулювання.

Для випадку руху в прямому напрямку по дорозі без повздовжніх нахилів потік насичення розраховують по емпіричній формулі, яка пов'язує цей показник з шириною проїзної частини, що використовується для руху транспортних засобів в даному напрямку розглядуваної фази регулювання:

$$M_{H_{j\text{прям}}} = 525 B_{ПЧ}, \quad (9.2)$$

де  $M_{H_{j\text{прям}}}$  - потік насичення, од/год;

$B_{ПЧ}$  - ширина проїзної частини в даному напрямку даної фази, м.

Формула (9.2) застосовується при  $5,4 \text{ м} \leq B_{\text{пч}} \leq 18,0 \text{ м}$ . Якщо ширина проїзної частини менша 5,4 м, для розрахунку можна використовувати такі дані:

|                                   |         |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|
| $M_{H_{ij}\text{прямо}}$ , од/год | . . . . | 1850 | 1875 | 1950 | 2075 | 2475 | 2700 |
| $B_{\text{пч}}$ , . . . . .       |         | 3,0  | 3,3  | 3,6  | 4,2  | 4,8  | 5,1  |

Для випадку руху транспортних засобів прямо, а також наліво і (або) направо по одним і тим самим смугам руху, якщо інтенсивність ліво- і правоповоротного потоків складає більше 10% від загальної інтенсивності руху в розглядуваному напрямку даної фази, потік насичення, отриманий по формулі (9.2) або з приведених даних, коректують:

$$M'_{H_{ij}} = M_{H_{ij}\text{прямо}} \frac{100}{a + 1.75b + 1.25c}, \quad (9.3)$$

де  $a$ ,  $b$  і  $c$  - інтенсивність руху транспортних засобів відповідно прямо, наліво і направо у процентах від загальної інтенсивності в розглядуваному напрямку даної фази регулювання.

Необхідність корекції пов'язана із зменшенням потоку насичення, так як автомобілі, що повертають наліво або направо із загальної смуги руху, затримують основний потік прямого напрямку.

Для право- і лівоповоротних потоків, які рухаються по спеціально виділеним смугам, потік насичення  $M_{H_{ij}\text{пов}}$  визначається в залежності від радіуса повороту  $R$ :

для однорядного руху

$$M_{H_{ij}\text{пов}} = \frac{1800}{1 + \frac{1.525}{R}}, \quad (9.4)$$

для двохрядного руху

$$M_{H_{ij}\text{пов}} = \frac{300}{1 + \frac{1.525}{R}}, \quad (9.5)$$

Радіус повороту може бути визначений по плану перехрестя, викресленого у масштабі. При двохрядному русі у формулу (9.5) підставляють середнє значення радіуса.

Таблиця 9.1

Поправочні коефіцієнти

| Умови руху | Опис умов                                                                                                                                                                                                                                           | Поправочний коефіцієнт |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Добрі      | Відсутній вплив пішоходів і стоячих автомобілів.<br>Добрий обзір, достатня ширина проїзної частини на виході з перехрестя. В темну пору доби освітлення перехрестя в межах норми.                                                                   | 1,2                    |
| Середні    | Наявність характеристик із груп «добрі» і «погані» умови                                                                                                                                                                                            | 1,0                    |
| Погані     | Низька середня швидкість руху.<br>Незадовільні рівнина і зчіпні якості покриття. Існує вплив стоячих автомобілів, конфліктів з транспортними потоками при поворотному русі, пішоходів. Поганий обзір перехрестя, слабе освітлення проїзної частини. | 0,85                   |

Поправочні коефіцієнти відображають умови руху на перехресті, які можна розділити на три групи: добрі, середні і погані. Віднесення умов на даному напрямку руху через перехрестя до однієї із груп тягне за собою зміну потоку насичення. Його значення, визначене по формулам (9.2)-(9.5) або по вище приведеним даним повинно бути помножено на відповідний поправочний коефіцієнт.

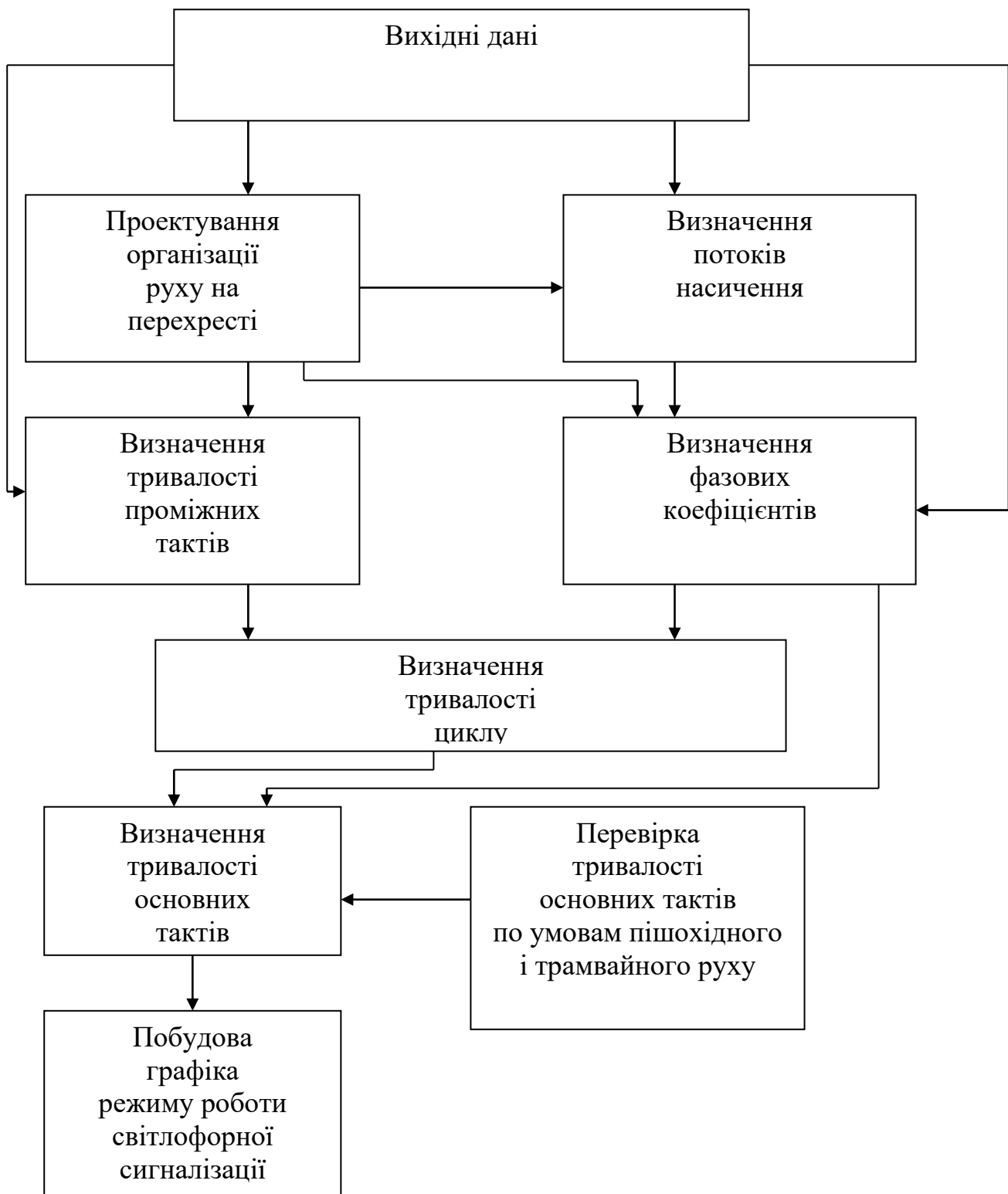


Рисунок 9.1 – Послідовність розрахунку тривалості циклу та його елементів

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

**ТЕМА: Побудова плану перехрестя і графіка режиму роботи світлофорного регулювання**

**МЕТА: Освоїти методику побудови плану перехрестя та побудувати графік роботи світлофора на основі експериментально отриманих даних**

### Теоретичні положення

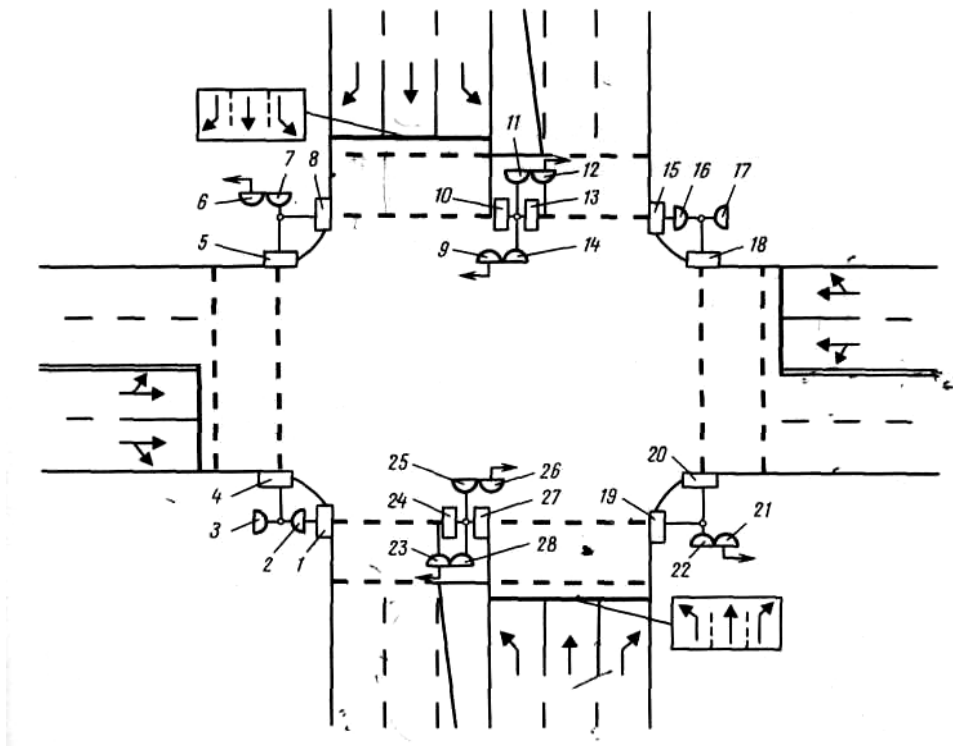


Рисунок 10.1 – План перехрестя із розміщенням технічних засобів

1-28 – номери світлофорів

**Графік режиму світлофорної сигналізації.** Порядок чергування і тривалість сигналів для кожного світлофора, встановленого на перехресті, відображають графік режиму світлофорної сигналізації. Це дозволяє використовувати його для комутації ламп світлофорів в період монтажних робіт. Кожний рядок графіка відповідає одному або декільком світлофорам з однаковим режимом роботи. У лівій частині графіка вказують номери світлофорів і додаткових секцій, що присвоюються їм в процесі проектування світлофорного об'єкта. В середній частині графіка відповідними кольорами показано чергування сигналів світлофорів. Цю частину графіка виконують в масштабі, який відображає тривалості сигналів, що записані у правій частині графіка. Масштаб вибирають довільно. Перед побудовою графіка викреслюють генплан перехрестя із нанесеними на ньому технічними засобами організації руху.

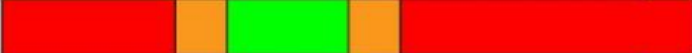
| Фаза | Номера світлофорів | Графік включення сигналів                                                            | Довготривалість |     |     |
|------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----|-----|
|      |                    |                                                                                      | t з             | t ж | t к |
| 1    | СТ 1, 3            |  | 11              | 4   | 34  |
| 2    | СТ 2,4             |  | 10              | 4   | 35  |
| 3    | СП 1,2,3,4,5,6     |  | 20              | 4   | 25  |

Рисунок 10.2 – Приклад побудови графіка увімкнення сигналів світлофора

- Завдання:** 1. Побудувати план перехрестя  
2. Побудувати графік увімкнення сигналів світлофора

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

### ТЕМА: Використання дорожніх знаків

**МЕТА:** Набути теоретичних навиків з використання дорожніх знаків в різних дорожніх умовах

### ЗАДАЧА 1

*Зробіть письмові висновки стосовно доцільності дублювання та повторення, а також дислокації дорожніх знаків для наступних умов руху:*

| №<br>варіанту<br>А | 0   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   | 9    |
|--------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Позиція<br>ДЗ      | 1,2 | 1,27 | 1,13 | 1,32 | 1,33 | 1,37 | 1,22 | 1,21 | 1,7 | 3,27 |
| Умови<br>руху      |     | в НП |      | в НП | в НП | в НП |      |      |     | в НП |
| $l_B$ , м          | 80  | -    | -    | -    | 50   | -    | -    | 90   | 60  | -    |

| №<br>варіанту<br>Б               | 0   | 1   | 2   | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9    |
|----------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| Кількість<br>смуг                | 2   | 3   | 3   | 4    | 4    | 6    | 2   | 2   | 3   | 4    |
| Наявність<br>розділової<br>смуги | -   | -   | -   | +    | +    | -    | -   | -   | -   | -    |
| N, од/год                        | 450 | 420 | 570 | 950  | 1300 | 1850 | 590 | 550 | 470 | 1550 |
| N, од/год                        | 480 | 300 | 630 | 1050 | 1100 | 1850 | 380 | 410 | 500 | 1550 |

$N$  – інтенсивність руху в прямому напрямку;

$N$  – інтенсивність руху в зворотному напрямку;

$l_B$  - дистанція видимості знаку (в решті варіантів видимість необмежена).

## ЗАДАЧА 2

**Зробіть письмовий висновок стосовно доцільності заборони обгонів на ділянці дороги за наступних умов:**

| №<br>варіанту   | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ширина<br>ПЧ, м | 9,2 | 8,1 | 6,4 | 7,4 | 6,8 | 9,4 | 7,3 | 6,2 | 8,4 | 9,3 |
| $N^*$ , од/год  | 840 | 750 | 350 | 500 | 650 | 980 | 480 | 360 | 450 | 480 |

| №<br>варіанту    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Стан<br>покриття | Сух. | Вол. | Вол. | Сух. | Сух. | Вол. | Сух. | Вол. | Вол. | Вол. |
| $P_L$            | 0,5  | 0,8  | 1,0  | 0,7  | 0,6  | 0,4  | 0,3  | 0,1  | 0,2  | 0,5  |
| $l_B$ , м        | 300  | 180  | 175  | 200  | 130  | 200  | 140  | 150  | 175  | 240  |

$N^*$  - значення пікової інтенсивності руху;

$l_B$  - відстань забезпеченої видимості;

$V_{\max}$  - максимальна припустима швидкість на ділянці;

$P_L$  - частка легкових ТЗ в потоці.

### ЗАДАЧА 3

**Розрахуйте уставку знаку обмеження швидкості руху 3.29 для горизонтальної кривої за наступних умов:**

| № варіант |         | 0    | 1    | 2   | 3    | 4   | 5    | 6   | 7    | 8   | 9    |
|-----------|---------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| Б         | $R$ , м | 250  | 120  | 75  | 180  | 106 | 65   | 80  | 50   | 61  | 98   |
|           | $\mu$   | 0.08 | 0.12 | 0.1 | 0.15 | 0.1 | 0.16 | 0.2 | 0.01 | 0.1 | 0.09 |
|           | $i$ , % | +60  | +20  | 0   | 0    | -5  | -10  | +15 | +10  | +20 | -15  |

$R$  – радіус кривої;

$\mu$  - коефіцієнт поперечного зчеплення;

$i$  - поперечний уклон.

### ЗАДАЧА 4

**Розрахуйте установку знака 3.29 на ділянці дороги, де видимість обмежена за наступних умов:**

| Варіант |              | 0   | 1   | 2   | 3   | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9    |
|---------|--------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| А       | $V_n$ , км/г | 60  | 100 | 75  | 90  | 110  | 100 | 60  | 50  | 80  | 95   |
|         | $\varphi$    | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.45 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.45 |
| Б       | $j$ , %      | +10 | +15 | +5  | -20 | -40  | +10 | -20 | +15 | -25 | 0    |
|         | Склад ТП:    |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |
|         | -легк.       | 60  | 30  | 40  | 50  | 65   | 80  | 40  | 30  | 30  | 40   |
|         | -вант.       | 40  | 50  | 45  | 40  | 35   | 20  | 25  | 50  | 60  | 30   |
|         | -автоб.      | 0   | 20  | 15  | 10  | 0    | 0   | 35  | 20  | 10  | 30   |

$V_n$  - проектна швидкість руху на ділянці;

$\varphi$  - коефіцієнт повздовжнього зчеплення;

$j$  – повздовжній уклон.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

**ТЕМА:** Застосування дорожньої розмітки в різних дорожніх умовах

**МЕТА:** Вивчити принципи застосування дорожньої розмітки в різних дорожніх умовах

### Основні теоретичні положення

#### *1. Застосування дорожньої розмітки на прямих горизонтальних ділянках*

На таких ділянках ДР застосовується для позначення осьової лінії, смуг руху, краю ПЧ, реверсивних смуг, спеціальних смуг тощо. Ширину смуг приймають згідно з діючими будівельними нормативами. Звичайно ширина смуги становить 3,75...3,5 м. Якщо ж поперечний профіль дороги не відповідає цим правилам, як виняток, може бути прийнята ширина смуги руху – 3,0 м, або, якщо вона призначена тільки для легкових автомобілів, - 2,75 м.

На багатосмугових дорогах, якщо відсутня розділова смуга у вигляді газону (рис. 12.1 а), організовують резервну зону лініями 1.1, якщо й це не вдається, застосовують лінію 1.3.

Край ПЧ на відстані 0,2...0,8 м позначається ДР 1.1 або 1.5 на автомагістралях (позначених ДЗ 5.1) – розміткою 1.2. Якщо ширина проїзної частини менша 6,5 м або коли є бордюр, крайову не позначають.

ТП зустрічних напрямків розділяють ДР 1.1 або 1.5 за 3-х смугових дорогах; якщо дорога має ділянку, де кількість смуг руху в одному напрямку зменшується, застосовується **перехідна лінія**, якій передують безперервна лінія. Обидві лінії позначають ДР 1.1 (рис. 12.1 б). Між безперервною та переривчастою лініями вводять **ділянку наближення**, яка позначається ДР 1.6.

На 3-х смугових дорогах смуги руху розділяються розміткою 1.5, при цьому можуть організовуватися спеціальні обгонні ділянки (рис. 12.2 б) за рахунок переміщення осової лінії.

На 2-х смугових дорогах ТП зустрічних напрямків розділяються ДР 1.5 або 1.1. Останню застосовують у місцях, де обгін заборонено в обох напрямках, також з використанням лінії наближення 1.6 (рис. 12.2 в).

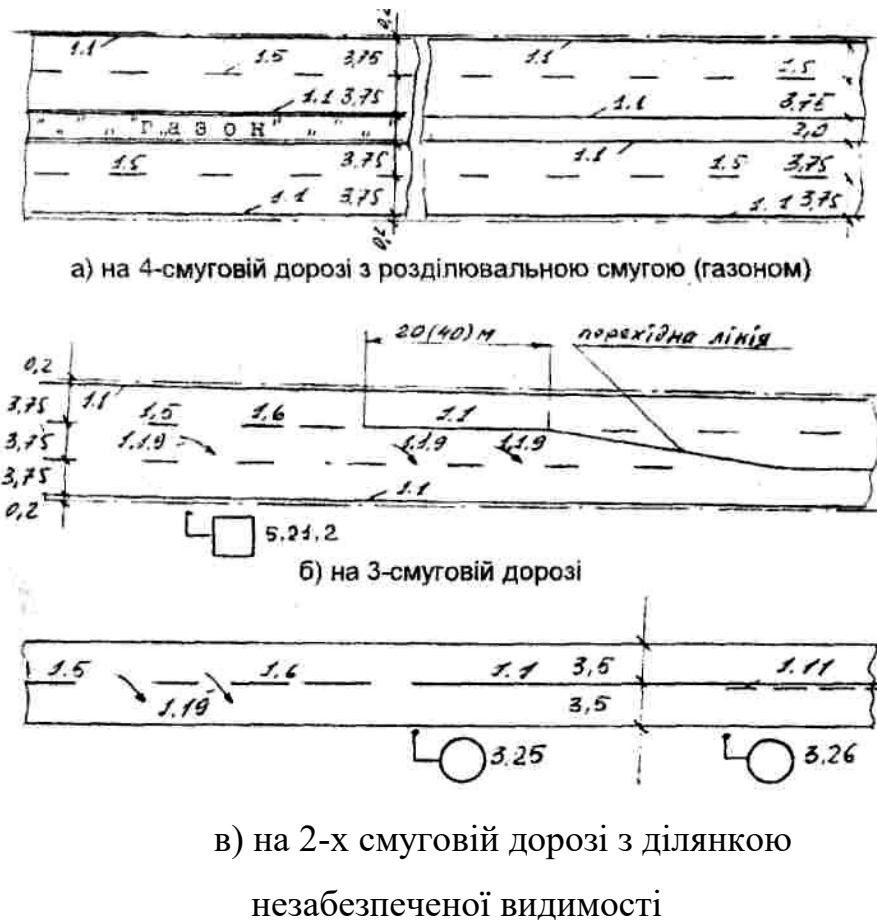


Рисунок 12.1 – ТЗОДР на прямих горизонтальних ділянках

## 2. Застосування дорожньої розмітки на підйомах та спусках

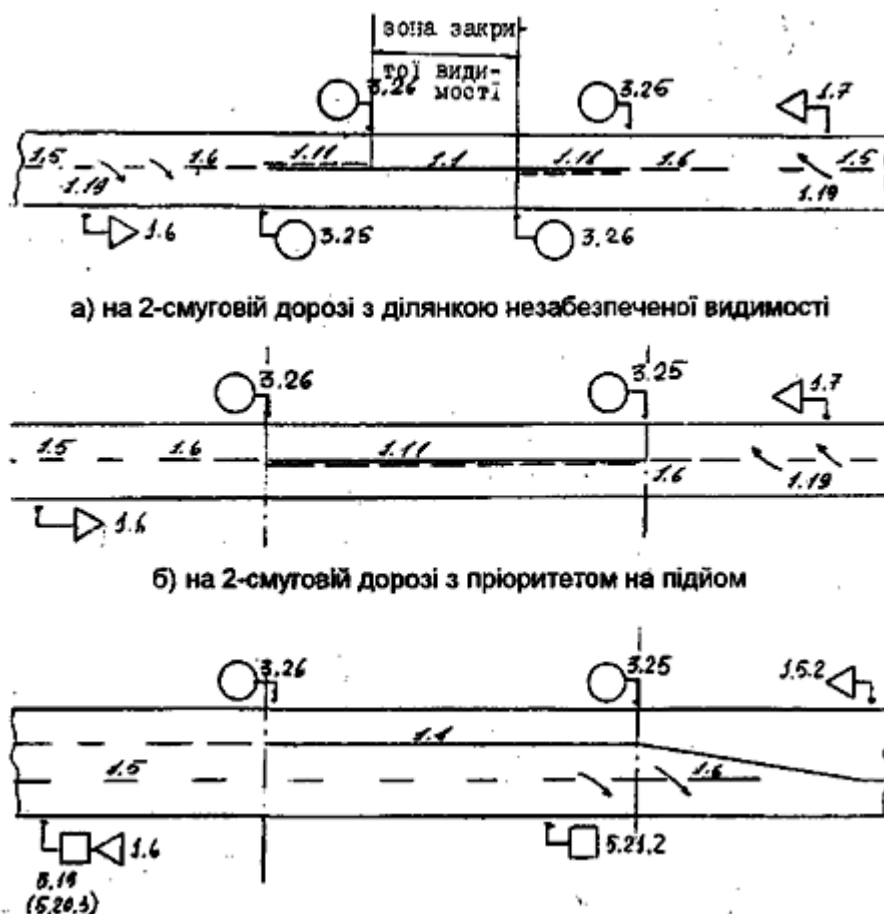
Основним керуючим впливом у цьому випадку є заборона виїзду на смугу зустрічного руху при незабезпеченій видимості, що здійснюється за допомогою ДР 1.1, 1.2, 1.11, 1.19. У цьому випадку ДР дублює керуючі впливи дорожніх

знаків у зонах незабезпеченої видимості заборонаю перестроювань проїзної частини.

На 3-х смугових дорогах, а також на 2-х смугових дорогах з додатковою смугою в сторону підйому ТП розділяються лінією 1.1 так, щоб у сторону підйому було 2 смуги руху, а сторону спуску – одна (рис. 12.2 в).

Розмітка 1.1 наноситься по всій довжині ділянки, де видимість обмежена. Якщо видимість обмежена тільки в одному напрямку (на підйом чи спуск), застосовується ДР 1.11, що дозволяє поперечне перешикування з одного напрямку.

4- і більше смугові дороги, як правило, не містять ділянок незабезпеченої видимості завдяки високій категорійності, тому ДР на них не відрізняється від випадку прямих горизонтальних ділянок.



в) на 3-х смуговій дорозі (або на 2- смуговій з виділенням смуги в сторону підйому)

Рисунок 12.2 – ТЗОДР на підйомах і спусках



Розмітка на багатосмугових дорогах, як правило, не відрізняється від горизонтальних ділянок, тільки розділення зустрічних ТП виконується розділовою смугою або лінією 1.3.

#### *4. Застосування дорожньої розмітки на нерегульованих перехрестях*

У цьому випадку ДР застосовується для розділення ТП протилежних напрямків, каналізації руху, позначення перехідно-швидкісних груп, островців безпеки, направляючих островців, пішохідних переходів, місць зупинки перед ДЗ 2.1, 2.2 та ін. У кожному конкретному випадку застосування ДР залежить від типу перехрещення та прийнятої схеми ОДР. Наприклад, рис. 12.4.

Лінія 1.13 чи 1.12 обов'язково наноситься, якщо знаки 2.1 чи 2.2 з якоїсь причини не можуть бути встановлені саме в місці, де треба зупинитися чи дати дорогу.

Попереджувальна ДР 1.20, 1.21 наноситься на відстані 2...25 м від відповідних ДЗ 2.1, 2.2 в залежності від швидкості руху. Лінії 1.13, 1.12 треба наносити з урахуванням максимальної дистанції видимості конфліктного напрямку, тобто якнайближче до ПЧ, яка пересікається, і обов'язково перпендикулярно до осі ПЧ.

Направляючі островці позначаються ДР 1.1, 1.16, вони повинні забезпечувати злиття й розгалуження ТП за плавними траєкторіями. Якщо неможливе застосування островців, користуються ДР 1.7, що особливо доцільно і зручно для великогабаритних ТЗ.

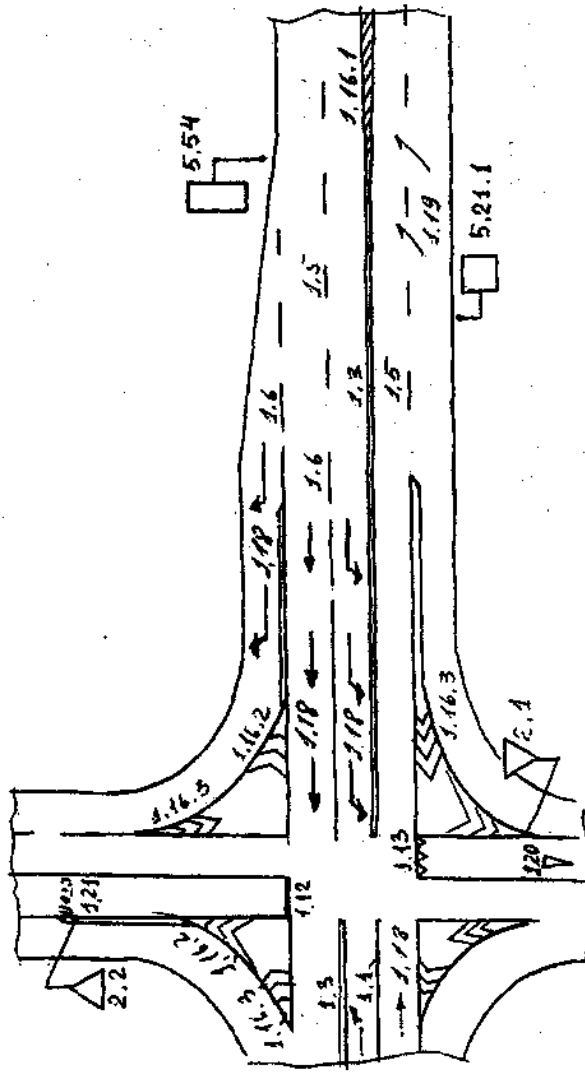


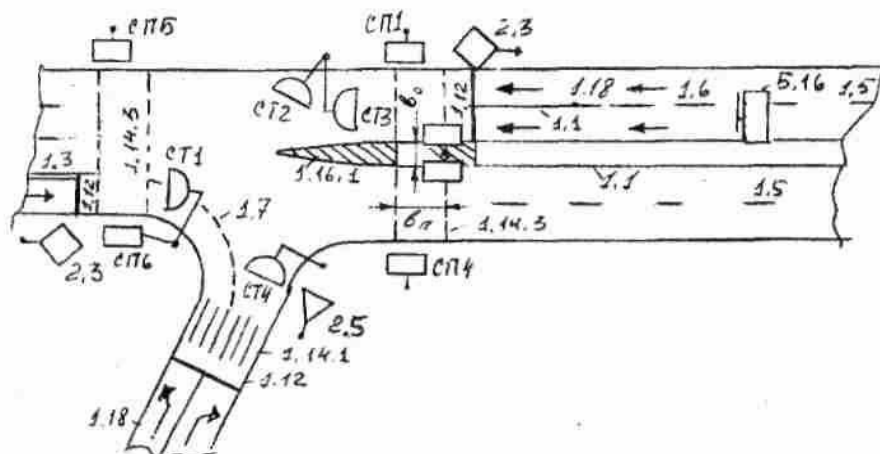
Рисунок 12.4

##### 5. Застосування дорожньої розмітки на регульованих перехрестях

Задачі дорожньої розмітки в цьому випадку аналогічні пункту 4. У місцях зупинки ТЗ перед світлофорами на головних і другорядних дорогах наносять стоп-лінії 1.12 на відстані до найближчого краю пішохідної розмітки 1.14...1.14.3 не менше 1,0 м.

Розмітка смуг 1.7 і вигляд стріл 1.18 мають відповідати пофазовому роз'їзду ТЗ і пішоходів.

Острівці безпеки влаштовуються при ширині ПЧ понад 14,0 м. Ширина острівця визначається шириною розділової смуги, а за її відсутності приймається не менше 2,0 м.



Якщо пішохідний рух через острівця керується світлофорами, ширина острівця може бути розрахована за формулою:

$$b_0 = \frac{N_{III} \cdot f_{III} \cdot T_u}{3600 \cdot b_H}, \quad (12.1)$$

(звичайно приймають  $0,3 \text{ м}^2$ );

$b_{\Pi}$  - ширина переходу, м;

$T_{\text{ц}}$  - тривалість світлофорного циклу, с.

#### 6. Застосування дорожньої розмітки у місцях зупинок і стоянок ТЗ

У зоні зупинок маршрутних ТЗ треба забезпечити плавний під'їзд до зупинок, виїзд на основну ПЧ і безпеку переходу пішоходами.

Відповідно до нормативних актів на дорогах усіх категорій у зоні автобусних зупинок влаштовуються перехідно-швидкісні смуги, які відділяються від основної смуги лінією 1.1 або розділовою смугою для вищих категорій. На ділянках перешикування ці смуги відокремлюють одну від одної пунктирною ДР 1.8. На ПШС на початку може наноситися ДР 1.23.

Зони зупинок маршрутних ТЗ на основній смузі доцільно позначати жовтою ДР 1.17.

При влаштуванні позавуличних стоянок ТЗ розмітку застосовують для позначення меж стоянки, стояночних місць, а також організації в'їзду-виїзду. При відсутності розділових островців і ПШС між ПЧ і стоянкою може наноситися ДР 1.11. Мінімальні розміри стояночних місць нормуються стандартами.

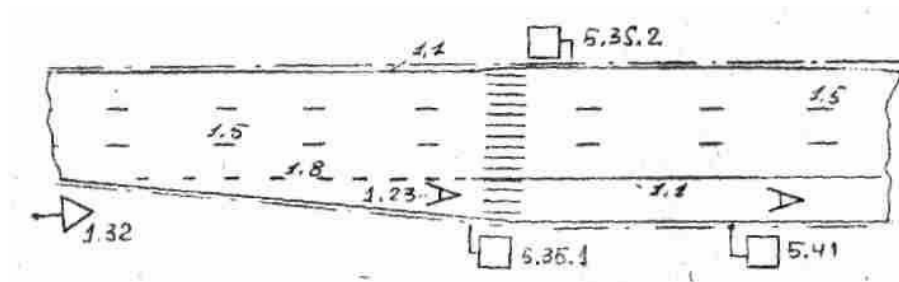


Рисунок 12.6

Для позначення місць заборони стоянки ТЗ або їх зупинки застосовують ДР жовтого кольору – 1.4, 1.10, але ці керуючі впливи потрібно розглядати як дублювання дій заборонних знаків 3.34, 3.35 та зональних 3.38, 3.39.

Пішохідні переходи в зонах зупинок маршрутних ТЗ необхідно влаштовувати з урахуванням видів транспорту. Так, зупинки автобусів, тролейбусів потрібно «виносити» за перехрестя на 50 м, а зупинки трамваїв (якщо колії розташовані посередині ПЧ на розділовій смузі) навпаки – бажано організовувати перед перехрестям. Це призводить до підвищення безпеки руху пішоходів, оскільки при цьому пішохід обходить трамвай спереду, а автобус і тролейбус – ззаду. При нагоді потрібно розташовувати зупинки ТЗ у спеціально влаштованих заїзних «кишенях».

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна**

1. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В.П. Поліщука; О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін.. – К.: Знання України, 2016. – 467 с.
2. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під аг. Ред.. Дмитриченко М. Ф. – кн. IV: Організація дорожнього руху / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін.. – К.: Знання України, 2017. – 452 с.

### **Допоміжна**

1. ДСТУ 2586 – 94. «Знаки дорожні. Правила застосування. Загальні технічні умови». – К.: Держстандарт, – 2004.
2. ДСТУ 2587 – 94. «Розмітка дорожня. Правила застосування. Загальні технічні умови». – К.: Держстандарт, – 2004.
3. ДСТУ 4092 – 2002. «Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки». – К.: Держстандарт, – 2004.

# 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. КОМАРНІЦЬКИЙ

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

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

---