

РОЗДІЛ 3 ОСНОВИ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

3.1 Основні поняття про режим світлофорного регулювання

Світлофорний об'єкт – локальна ділянка вулично-дорожньої мережі, на якій послідовність руху конфліктуючих транспортних потоків або транспортних і пішохідних потоків регулюється світлофорною сигналізацією.

При проведенні натурних досліджень, проектуванні й розрахунках режиму світлофорного регулювання необхідно виходити з наступного змісту основних понять (рис. 3.1):

такт – період дії певної комбінації світлофорних сигналів;

основний такт – період часу, протягом якого дозволений рух певної групи транспортних і пішохідних потоків;

проміжний такт – період часу, протягом якого йде підготовка до передачі права на рух наступній групі транспортних і пішохідних потоків;

фаза регулювання – сукупність основного такту й наступного за ним проміжного такту;

цикл регулювання – періодично повторювана послідовність всіх фаз;

режим світлофорного регулювання – кількість, послідовність й тривалість окремих тактів і фаз, а також тривалість циклу регулювання;

схема пофазного роз'їзду - графічне представлення розподілу конфліктуючих транспортних і пішохідних потоків у часі;

циклограма світлофорного регулювання – графічне представлення послідовності й тривалості горіння сигналів світлофорів на всіх дозволених напрямках руху транспорту й пішоходів на перехресті або регульованому пішохідному переході, розташованому на перегоні вулиці.

Відповідно до ДСТУ 4092 [8] у складі основних тактів безпосередньо перед вимкненням зеленого сигналу треба передбачати миготіння зеленого сигналу протягом 3 с. Частота миготіння – 1 с.

Проміжний такт призначений для звільнення зони світлофорного об'єкту від транспорту і пішоходів, що рухалися в попередньому основному такті. У період його дії можливий рух транспортних засобів, водії яких, перебуваючи в безпосередній близькості від «стоп-лінії», не змогли вчасно зупинитися в момент його включення. Це пояснюється тим, що неможливо миттєво зупинити транспортний засіб. Тому метою застосування проміжного такту є забезпечення безпеки руху в перехідний період, коли рух попередньої групи потоків уже заборонений, а наступна група дозвіл на рух ще не одержала.

Звичайно, проміжний такт позначається жовтим сигналом світлофора. Згідно з діючим нормативним документом [4] тривалість жовтого сигналу світлофора повинна бути 3 або 4 с. Разом з тим зустрічаються випадки, коли транспортному засобу, що проїхав «стоп-лінію» у момент вимкнення зеленого сигналу, потрібно для звільнення зони перехрестя більш 4 с (наприклад, на перехрестях, де необхідно перетнути широку проїзну частину). У таких випадках після основного такту передбачаються два або три проміжні такти (рис. 3.2).

Сукупність таких проміжних тактів одержала назву «перехідний інтервал». Тривалість перехідного інтервалу повинна бути не більш 8 с.

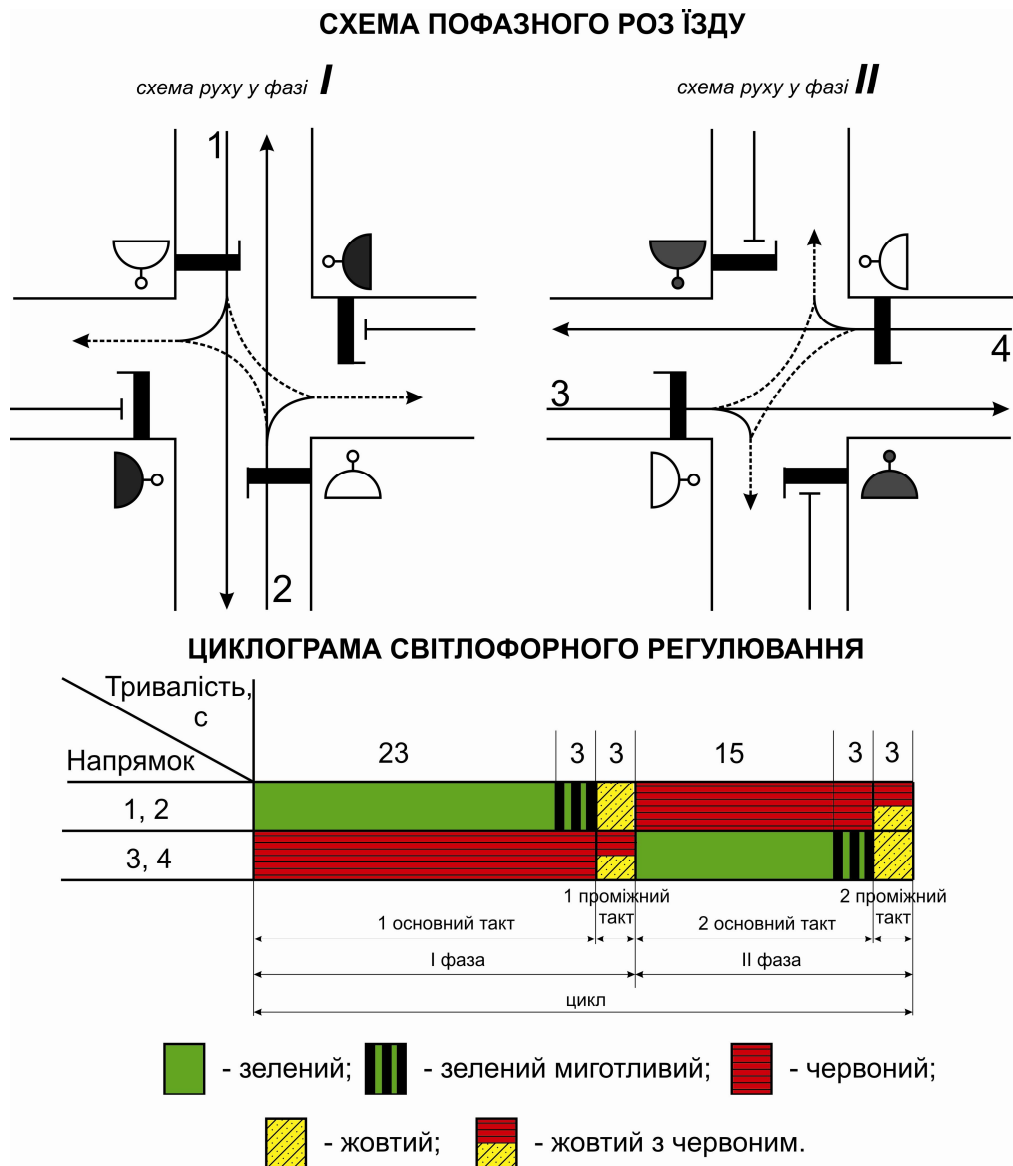


Рисунок 3.1 – Схеми для пояснення основних понять про режим світлофорного регулювання

При розробці проекту організації дорожнього руху схему пофазного роз'їзду й циклограму роботи світлофорної сигналізації на ділянці ВДМ необхідно представляти так, як показано на рис. 3.3. На рис. 3.3 наведено приклад двофазного світлофорного циклу. Приклади трифазного світлофорного регулювання з виділеною фазою для лівоповоротного руху і з виділеною фазою для пішохідного руху на перехресті наведені відповідно на рисунках 3.4 і 3.5.

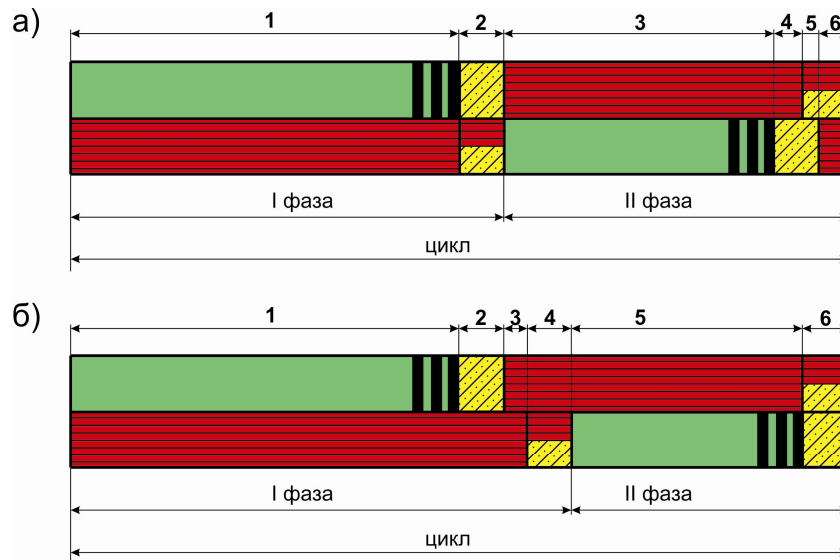
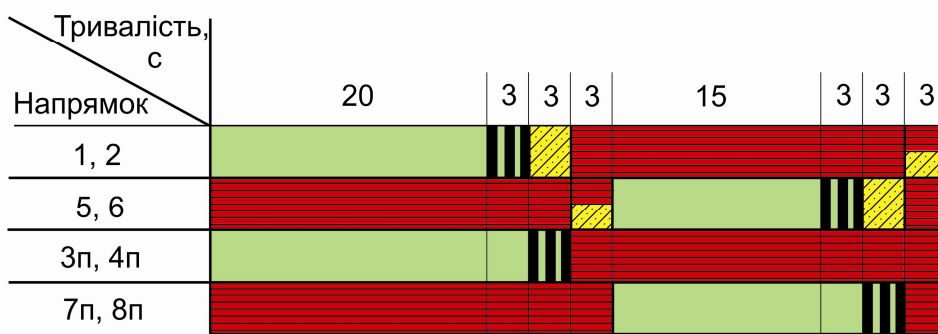
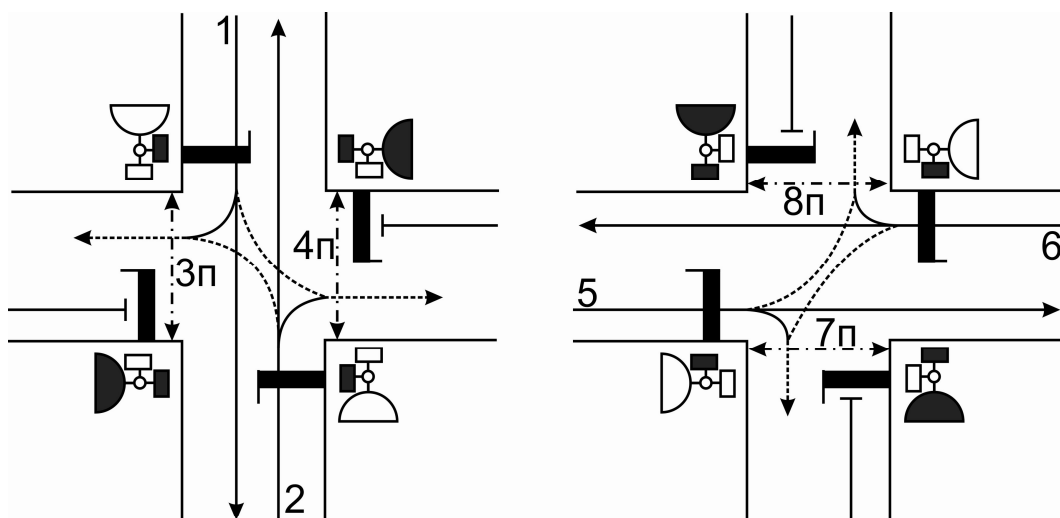


Рисунок 3.2 – Структура світлофорного циклу

а) з одним проміжним тактом (такт 2) у першій фазі й із трьома проміжними тактами (4, 5, 6) у другій фазі; б) із трьома проміжними тактами (2, 3, 4) у першій фазі й з одним проміжним тактом (6) у другій фазі; 1 – 6 – номери тактів.



- зелений;
 - зелений миготливий;
 - червоний;
 - жовтий;
 - жовтий з червоним.

Рисунок 3.3 – Приклад двофазного світлофорного регулювання

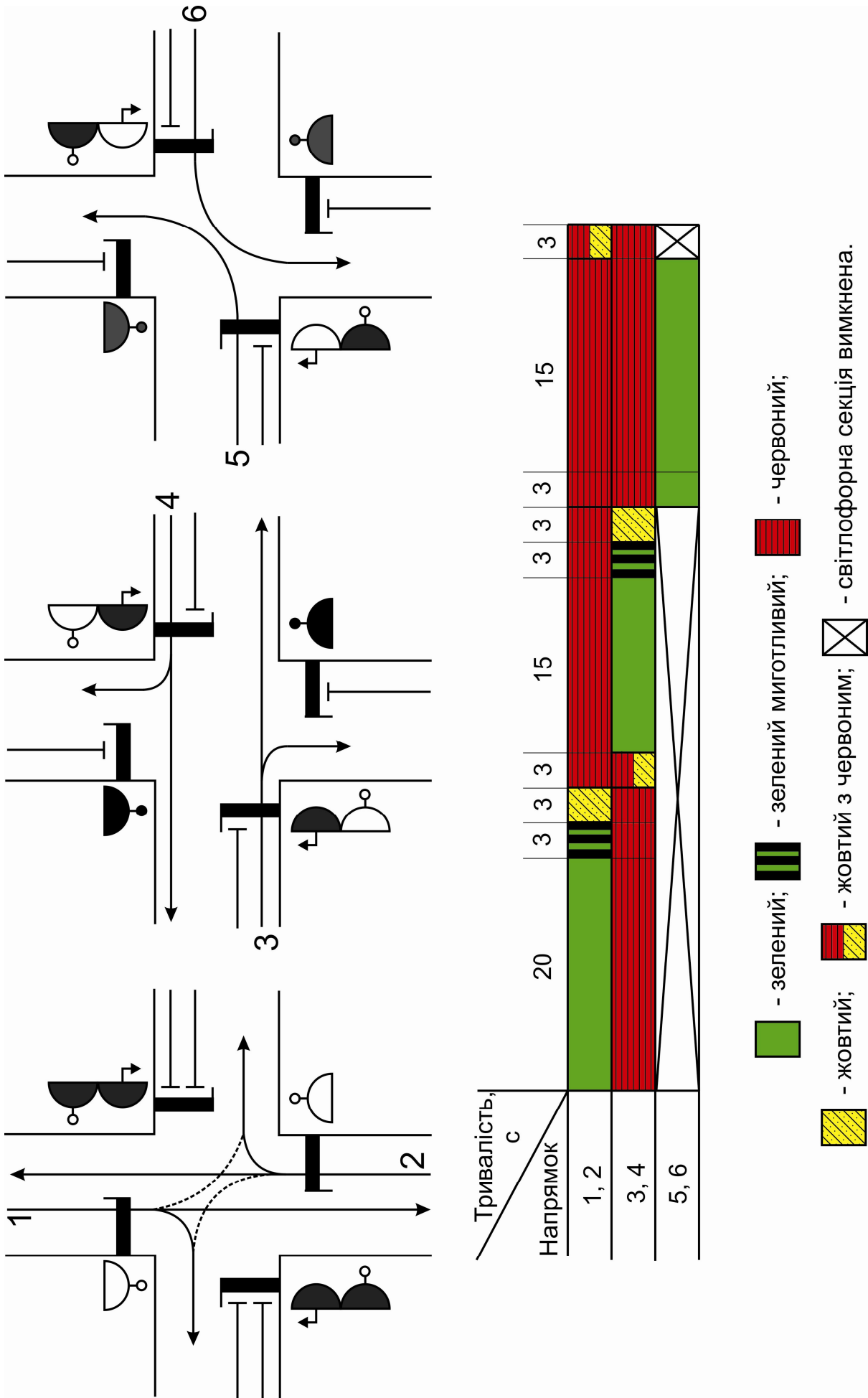


Рисунок 3.4 – Приклад трифазного світлофорного регулювання з виділеною фазою для лівоповоротного руху

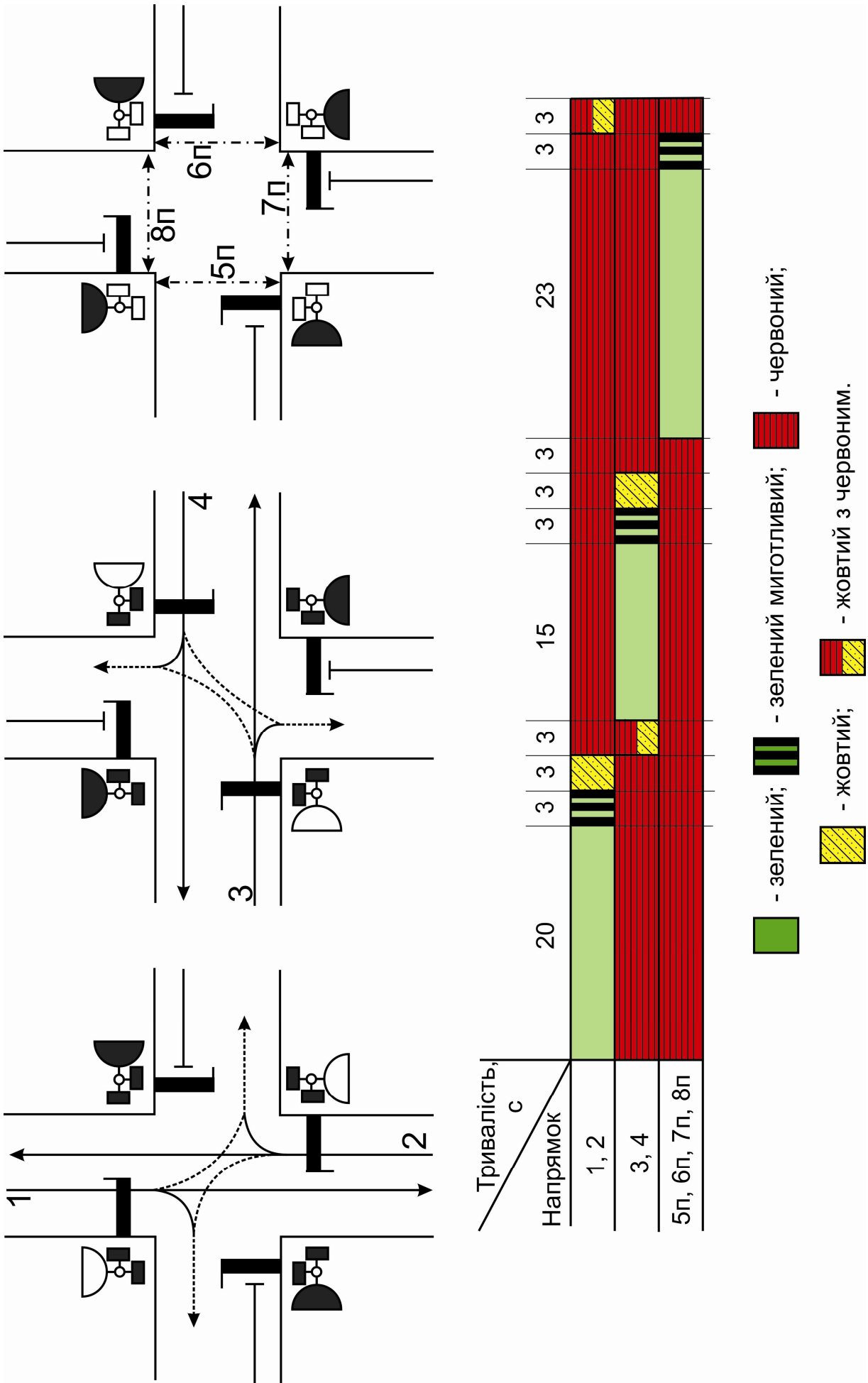


Рисунок 3.5 – Приклад трифазного світлофорного регулювання з виділеною фазою для пішохідного руху

3.2 Методи світлофорного регулювання

Розрізняють два стратегічні принципи світлофорного регулювання:

- ізольоване (локальне) світлофорне регулювання;
- координоване (системне) світлофорне регулювання.

Ізольоване світлофорне регулювання реалізується на одному світлофорному об'єкті. Режим регулювання на такому світлофорному об'єкті не залежить від режимів світлофорного регулювання на суміжних світлофорних об'єктах.

Координоване світлофорне регулювання реалізується на двох і більше світлофорних об'єктах. При цьому режими світлофорного регулювання на всіх цих світлофорних об'єктах узгоджуються між собою.

Під режимом світлофорного регулювання розуміють кількість, послідовність й тривалість окремих тактів і фаз, а також тривалість циклу регулювання.

Уведемо наступні позначення:

$T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу світлофорного регулювання, с;

n – кількість фаз у циклі регулювання;

t_{ϕ} – тривалість фази регулювання, з;

$t_{\phi 1}: t_{\phi 2}: \dots: t_{\phi n}$ – співвідношення тривалостей фаз регулювання в циклі;

ПФ – послідовність фаз у циклі регулювання.

Залежно від того, чи залишаються наведені вище характеристики режиму світлофорного регулювання постійними протягом деякого досить великого проміжку часу (не менш 1 години), можна виділити такі методи регулювання на світлофорному об'єкті (рис. 3.6): жорстке регулювання, адаптивне регулювання, динамічне регулювання.



Рисунок 3.6 – Методи регулювання на світлофорному об'єкті

3.3 Поняття про потік насичення, ефективну тривалість циклу світлофорного регулювання і втрачений час у циклі

Для розуміння суті понять «потік насичення» і «ефективна тривалість циклу світлофорного регулювання» розглянемо перехрестя вулиць, на якому організоване двофазне світлофорне регулювання (рис. 3.7 а).

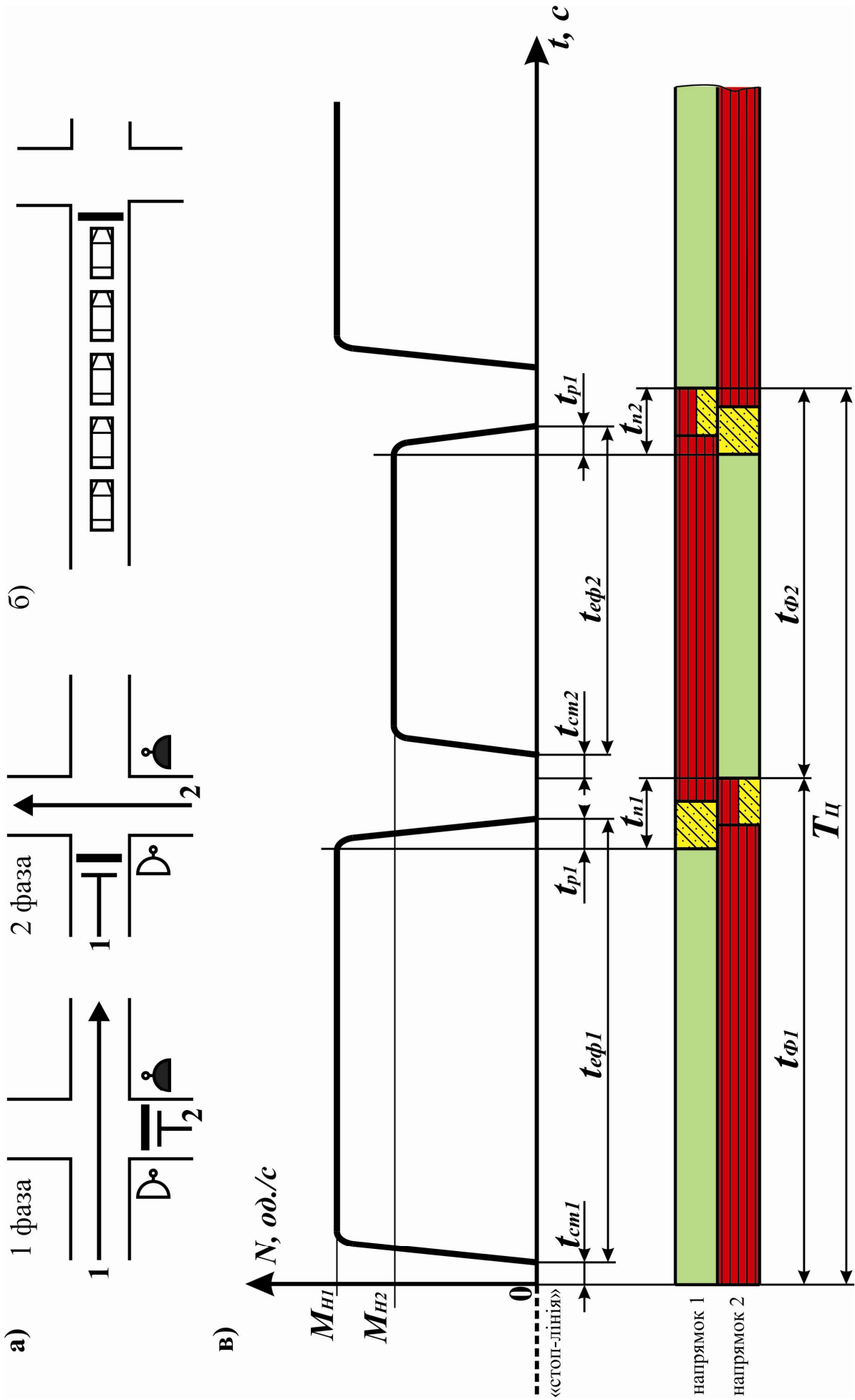


Рисунок 3.7 – Схема для пояснення поняття: потік насичення і ефективна тривалість циклу світлофорного регулювання

Нехай на першому напрямку руху під час червоного сигналу світлофора перед «стоп-лінією» скопилася черга автомобілів (рис. 3.6 б).

У першій фазі після включення зеленого сигналу світлофора водій першого автомобіля в черзі витрачає якийсь час на початок руху з місця (час його реакції) і прискорення руху. Через проміжок часу t_{cm1} (рис. 3.6 в) перший автомобіль перетинає «стоп-лінію». Проміжок часу t_{cm1} називають стартовою затримкою.

Потім інтенсивність руху транспорту через перетин «стоп-лінії» поступово збільшується за рахунок того, що наступні автомобілі із черги проїжджають «стоп-лінію» з більшою швидкістю й, отже, інтервал руху між ними зменшується.

Через якийсь час інтервал руху між автомобілями досягає свого найменшого значення й стабілізується. При цьому величина інтенсивності руху через «стоп-лінію» досягає свого найбільшого значення. Максимально можлива інтенсивність руху транспорту в перетині «стоп-лінії» при роз'їзді черги транспортних засобів за час горіння зеленого сигналу світлофора називається потоком насичення (M_n). За даними американського керівництва HCM 2000 потік насичення досягається після проїзду «стоп-лінії» четвертим автомобілем із черги.

Після включення жовтого сигналу світлофора величина інтенсивності руху транспорту починає зменшуватися й через проміжок часу t_{p1} досягає значення «0». Проміжок часу t_{p1} називають часом «прориву» на жовтий сигнал світлофора транспортних засобів, які вчасно не змогли зупинитися у «стоп-лінії».

Аналогічний процес роз'їзду черги транспортних засобів спостерігається й у другій фазі регулюванні. Звертаємо вашу увагу на те, що значення потоку насичення в другій фазі (M_{n2}) може відрізнятись від значення потоку насичення в першій фазі (M_{n1}). Справа в тому, що потік насичення є характеристикою, що залежить від багатьох факторів: ширини проїзної частини (смуги руху); поздовжнього ухилу на підходах до перехрестя; стану дорожнього покриття; наявності лівих і правих поворотів зі смуги руху; наявності на перехресті пішохідного руху і т.д. Тому для кожної смуги руху транспорту на світлофорному об'єкті потік насичення необхідно визначати індивідуально.

Аналіз процесу роз'їзду черги транспортних засобів дозволяє підійти до визначення поняття «ефективна тривалість фази».

Рух транспорту через «стоп-лінію» починається пізніше моменту включення зеленого сигналу світлофора й закінчується пізніше моменту його вимикання. Проміжок часу у фазі, у пліні якого фактично здійснюється рух транспорту через «стоп-лінію» називається ефективною тривалістю фази t_{ef} (рис. 3.6 в).

Проміжок часу у фазі, у пліні якого рух транспорту через «стоп-лінію» не здійснюється називається втраченим часом фази $t_{вч}$.

Для прикладу на рис. 3.6 в у першій фазі світлофорного регулювання втрачений час складе:

$$t_{вч1} = t_{ф1} - t_{ef1} = t_{ст1} + t_{п1} - t_{p1}, \text{ с} \quad (3.1)$$

Експериментальні дослідження показують, що t_p у середньому більше t_{cm} на 1 с [2, 3]. Однак для практичних розрахунків приймають $t_{cm} \approx t_p$, і тому за

формулою (3.1) $t_{\text{вч}} \approx t_n$. Тобто, втрачений час у фазі регулювання можна приблизно вважати рівним перехідному інтервалу.

Втрачений час у циклі регулювання складається із втраченого часу у кожній з його фаз. Для циклу, який складається з n фаз, втрачений час буде:

$$L = \sum_{i=1}^n t_{\text{пi}} \text{ , с} \quad (3.2)$$

Якщо у циклі світлофорного регулювання на перехресті виділено пішохідну фазу, то тривалість цієї фази ($t_{\text{Фпiш}}$) повністю входить до втраченого часу у циклі:

$$L = \sum_{i=1}^n t_{\text{пi}} + t_{\text{Фпiш}} \text{ , с} \quad (3.3)$$

На закінчення цього підрозділу зробимо ряд висновків, отриманих у результаті аналізу процесу роз'їзду черги транспортних засобів:

1. При проектуванні режиму світлофорного регулювання необхідно прагнути до максимізації ефективної тривалості циклу й мінімізації втраченого часу у циклі.

2. Черга автомобілів, що накопичуються перед «стоп-лінією» на червоний сигнал світлофора, повинна бути досить великою (більш 4-х автомобілів) для того, щоб була можливість досягти при роз'їзді такої черги величини інтенсивності руху через «стоп-лінію», рівної потоку насичення. Інакше кажучи, з'являється можливість повною мірою реалізувати пропускну здатність фази.

3.4 Методи визначення розрахункових параметрів для проектування режиму світлофорного регулювання

3.4.1 Методи визначення потоку насичення

3.4.1.1 Експериментальні методи визначення потоку насичення

Потоки насичення слід визначати натурними спостереженнями на місці в періоди, коли на даному підході до перехрестя формуються досить великі пачки транспортних засобів.

Для визначення величини потоку насичення сучасні керівництва пропонують різні методики його виміру в польових умовах. Розходження методик обумовлене різним розумінням поняття потоку насичення. Однак у більшості методик в основі експериментального визначення потоку насичення лежить фіксація кількості автомобілів у черзі перед світлофором і часу роз'їзду цієї черги після включення зеленого сигналу світлофора. Різниця методик, що пропонуються, в основному, полягає в тому, які часові інтервали роз'їзду черги транспортних засобів використовуються при розрахунку потоку насичення й коли фіксуються моменти часу проходження автомобілем над «стоп-лінією» (проходження над «стоп-лінією» задньої осі автомобіля, передньої осі, переднього бампера й т.д.) (табл. 3.1).

Очевидно, що використання різних методів приводить до різної величини потоку насичення.

Таблиця 3.1. - Методи визначення потоку насичення

Метод	Частина автомобіля, що фіксується як момент часу проходження автомобілем «стоп-лінії»	Інтервали часу, що враховуються
Метод В.Ф. Вебстера	Передній бампер	Без перших і останніх 6-ти с сигналу світлофора, що дозволяє рух
НСМ 1985	Задня вісь	Починаючи із четвертого автомобіля фіксуються інтервали між проходженням «стоп-лінії» один за одним автомобілів із черги
НСМ 2000	Передня вісь	Починаючи з моменту часу проходження «стоп-лінії» четвертим автомобілем і закінчуючи останнім із черги
Канадський метод	Передній бампер	Починаючи з моменту часу включення зеленого сигналу світлофора й закінчуючи часом проходження «стоп-лінії» останнім автомобілем із черги. Фіксують кількість автомобілів за кожні 5 с.
Метод з німецького керівництва	Передній бампер	З моменту часу включення зеленого сигналу до моменту часу вимикання жовтого. Фіксуються всі автомобілі.

Нижче приводиться методика визначення потоку насичення, що використовується в Україні [4].

Потоки насичення слід визначати натурними спостереженнями на перехресті в періоди, коли на даному підході до перехрестя формуються черги не менш ніж з чотирьох автомобілів на смугу руху. Потік насичення визначається для кожної смуги руху. Порядок визначення потоку насичення на смузі руху повинен бути наступним:

1) зафіксувати останній автомобіль у черзі транспортних засобів на смузі руху, що зупинились у світлофора чекаючи включення зеленого сигналу;

2) одночасно з включенням зеленого сигналу включити секундомір і реєструвати за типами транспортні засоби, що перетинають стоп-лінію і рухаються по одній із смуг руху з підходу, що досліджується;

3) вимкнути секундомір у момент часу перетину стоп-лінії передніми колесами останнього автомобіля з пачки транспортних засобів, що стояли біля перехрестя в очікуванні зеленого сигналу;

4) записати показання секундоміра і підрахувати кількість приведених транспортних засобів, що пройшли перехрестя з урахуванням останнього транспортного засобу;

5) повторити виміри протягом 10-15 світлофорних циклів;

6) визначити потік насичення для смуги руху, що досліджується, за формулою:

$$M_{nij} = \frac{3600}{n} \left(\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \dots + \frac{m_n}{t_n} \right), \quad (3.4)$$

де M_{nij} – потік насичення для смуги руху, що досліджується, у фазі i та напрямку j , од./год;

n – кількість замірів;

$m_1, m_2 \dots m_n$ – кількість приведених транспортних одиниць, що пройшли стоп-лінію відповідно у 1, 2 та n -ному замірах;

$t_1, t_2 \dots t_n$ – тривалість часу роз'їзду черги транспортних засобів, які стоять біля перехрестя в очікуванні зеленого сигналу, відповідно у 1, 2 та n -ному замірах, c (показання секундоміра);

7) повторити перераховані вище операції для кожної зі смуг руху, що залишилися.

Результати досліджень записуються у спеціальну форму (табл. 3.2).

3.4.1.2 Теоретичний метод визначення потоку насичення

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 [3]:

$$M_H = M_{H\text{прямо}} \cdot \frac{100}{a + 1,75 \cdot b + 1,25 \cdot c}, \quad \text{од./год}, \quad (3.5)$$

де $M_{H\text{прямо}}$ – потік насичення при русі транспортного потоку по смузі тільки прямо, од./год; приймається по табл. 3.3 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 3.3 – 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 (3.5) застосовують у випадку, якщо $a < 90$ % [3]. В іншому випадку приймають, що $M_H = M_{H\text{прямо}}$.

Таблиця 3.2 – Форма для запису даних експериментального дослідження потоку насичення

Дата _____ День тижня _____ Пост № _____ Смуга руху _____ Час спостереження з _____ до _____	Схема перехрестя									
Тип транспортних засобів	Кількість транспортних засобів в черзі перед світлофором, m_i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Легкові автомобілі										
Мотоцикли з коляскою										
Мотоцикли без коляски та мопеди										
Автобус										
Автобус зчеплений										
Тролейбус										
Тролейбус зчеплений										
Вантажні автомобілі, вантажопідйомністю до 2 тонн від 2 до 6 тонн від 6 до 8 тонн від 8 до 14 тонн понад 14 тонн										
Автопоїзд вантажопідйомністю до 12 тонн від 12 до 20 тонн від 20 до 30 тонн понад 30 тонн										
Разом в приведених одиницях										
Тривалість часу роз'їзду черги, t, c										
Виконавець _____										

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 [3]:

$$M_H = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{R}}, \text{ од./год}, \quad (3.6)$$

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

– для дворядного поворотного руху [3]:

$$M_H = \frac{3000}{1 + \frac{1,525}{R}}, \text{ од./год}. \quad (3.7)$$

3.4.2 Розрахунок тривалості перехідного інтервалу у 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 повинна бути такою, щоб транспортний засіб, що підходить до перехрестя, при зміні сигналу світлофора із зеленого на жовтий мав можливість або зупинитися у стоп-лінії, або 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 [4]). З урахуванням цього положення формулу для визначення тривалості перехідного інтервалу можна записати у вигляді:

$$t_{II} = t_1 - t_2, \text{ с}, \quad (3.8)$$

де t_1 – проміжок часу, протягом якого водій транспортного засіб має можливість або зупинитися у стоп-лінії, або минути саму дальню конфліктну точку (ДКТ) на перехресті, с; тобто, за час t_1 транспортний засіб має можливість або зупинитися на відстані $S_{зш}$, або проїхати відстань S_l (рис. 3.8);

t_2 – проміжок часу, протягом якого транспортні засоби або пішоходи, що почали рух на зелений сигнал світлофора в наступній фазі регулювання, пройдуть (пройдуть) відстань до ДКТ (відстань S_2 на рис. 3.8), с.

Для розуміння суті розрахунку тривалості перехідного інтервалу розглянемо схему на рис. 3.8.

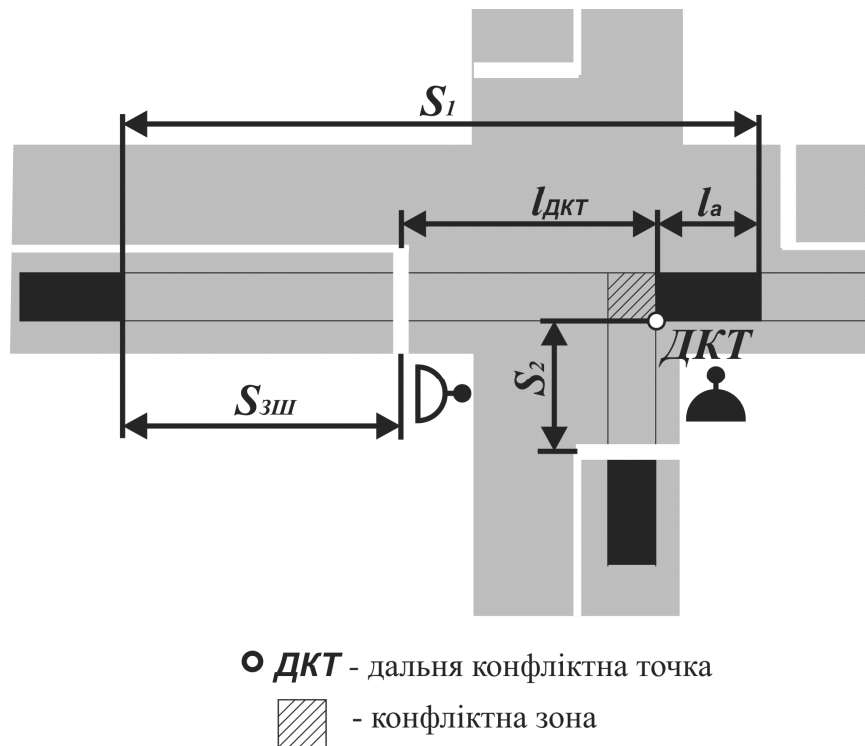


Рисунок 3.8 – Схема до розрахунку тривалості перехідного інтервалу

Зупинитися у стоп-лінії автомобіль зможе тільки в тому випадку, якщо відстань від нього до стоп-лінії буде рівною або більшою зупинного шляху ($S_{3ш}$, рис. 3.8). Таким чином, критична (мінімальна) дистанція від автомобіля до стоп-лінії, за якої водій може зупинити свій автомобіль не вдаючись до екстреного гальмування, дорівнює:

$$S_{3ш} = V \cdot t_p + \frac{V^2}{2a_y} \quad , \quad (3.9)$$

де V – середня швидкість руху транспортного потоку у даному напрямку, $м/с$;

t_p – час реакції водія при гальмуванні, $с$;

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

З іншого боку, максимальна можлива відстань до стоп-лінії, при якій автомобіль у випадку в'їзду в зону перехрестя може протягом t_1 проїхати саму дальню конфліктну точку на перехресті не вдаючись до прискорення, дорівнює:

$$S_0 = S_1 - l_{ДКТ} - l_a = V \cdot t_1 - (l_{ДКТ} + l_a) \quad , м, \quad (3.10)$$

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

l_a – габаритна довжина автомобіля, $м$.

Якщо $S_0 > S_{3ш}$, водій може зупинитися біля стоп-лінії.

Якщо $S_0 < S_{3III}$, водій вже не може зупинитися біля стоп-лінії з комфортним уповільненням і вимушений проїхати стоп-лінію і звільнити перехрестя.

Розглянемо випадок, коли $S_0 = S_{3III}$. Цей випадок зветься зоною дилеми, коли водії рівноімовірно можуть прийняти рішення про зупинку або проїзд перехрестя. Прирівняємо S_0 і S_{3III} і розв'яжемо вираз відносно t_I :

$$t_1 = t_p + \frac{V}{2a_y} + \frac{l_{ДКТ} + l_a}{V}, \text{ с.} \quad (3.11)$$

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:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_n}}, \text{ с,} \quad (3.12)$$

де a_n – середнє прискорення в'їзду автомобіля на перехрестя, м/с^2 ;

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

$$t_2 = \frac{S_2}{V_K}, \text{ с,} \quad (3.13)$$

де V_K – швидкість координації на магістралі, м/с .

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:

$$t_2 = \frac{S_2}{V_{niu}}, \text{ с,} \quad (3.14)$$

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

З урахуванням (3.11), (3.12) і (3.14) формула (3.8) для визначення тривалості перехідного інтервалу прийме вид:

– якщо в ДКТ конфліктують транспортні потоки:

$$t_{II} = t_p + \frac{V}{2a_y} + \frac{l_{ДКТ} + l_a}{V} - \sqrt{\frac{2S_2}{a_n}}, \text{ с,} \quad (3.15)$$

– якщо в ДКТ конфліктують транспортний і пішохідний потоки:

$$t_{II} = t_p + \frac{V}{2a_y} + \frac{l_{ДКТ} + l_a}{V} - \frac{S_2}{V_{niu}}, \text{ с,} \quad (3.16)$$

У процесі розрахунків рекомендується приймати $t_p = 0,8 \dots 1,2 \text{ с}$ [2], $a_y = 2,5 \dots 3 \text{ м/с}^2$ [2, 14], $a_n = 2 \dots 2,5 \text{ м/с}^2$ [2, 4], $V_{niu} = 1,3 \text{ м/с}$ [2, 4], $l_a = 6 \text{ м}$ [21]. 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 [4]. Правоповоротний рух при визначенні тривалості перехідного інтервалу в розрахунках не враховується [4].

Так як перша й остання складові у формулах (3.15) і (3.16) у більшості випадків за значеннями близькі друг до друга, 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 [3, 10]:

$$t_{II} = \frac{V}{7,2a_y} + \frac{3,6(l_{ДКТ} + l_a)}{V}, \text{ с.} \quad (3.17)$$

У формулі (3.17) V вимірюється в км/год , $l_{ДКТ}$ і l_a – у м , a_y – у м/с^2 .

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 [4, 10, 5]:

$$t_{II}^{niu} = \frac{B}{2 \cdot V_{niu}}, \text{ с,} \quad (3.18)$$

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.

Запитання для самоконтролю

1. Наведіть визначення таких понять: такт, основний такт, проміжний такт, фаза регулювання, цикл регулювання, режим світлофорного регулювання.
2. Що таке схема пофазного роз'їзду і циклограма світлофорного регулювання? Наведіть приклад цих графічних побудов.
3. Що таке проміжний інтервал, яка мета його застосування і які основні вимоги до нього при розробці режиму регулювання на світлофорному об'єкті?
4. Наведіть приклад схеми пофазного роз'їзду і циклограми світлофорного регулювання при організації на перехресті трифазного світлофорного регулювання з виділеною пішохідною фазою.
5. Наведіть приклад схеми пофазного роз'їзду і циклограми світлофорного регулювання при організації на перехресті трифазного світлофорного регулювання з виділеною фазою для лівоповоротного руху з однієї з вулиць перехрестя.
6. Які існують методи світлофорного регулювання залежно від того, чи залишаються характеристики режиму світлофорного регулювання постійними протягом деякого досить великого проміжку часу?
7. Дайте визначення поняття «потік насичення». Наведіть відповідну схему для пояснення цього поняття.
8. Що таке «ефективна тривалість циклу світлофорного регулювання» і «втрачений час у циклі»? Наведіть відповідну схему для пояснення цих понять.
9. Як експериментально визначити потік насичення?
10. Які формули використовуються для орієнтовних розрахунків потоку насичення?
11. Яка ідея лежить в основі розрахунку тривалості перехідного інтервалу у фазі регулювання? Виведіть формули для розрахунку тривалості перехідного інтервалу у фазі регулювання.