

РОЗДІЛ 5

БАГАТОПРОГРАМНЕ, АДАПТИВНЕ І ДИНАМІЧНЕ СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ

5.1 Багатопрограмне світлофорне регулювання

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

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

Першу програму розраховують для інтенсивності руху, що відповідає піковому періоду доби. Щоб визначити момент переходу до другої програми, необхідно зменшити тривалість циклу першої програми на 25 %, що дозволяє розрахувати новий сумарний фазовий коефіцієнт [10]:

$$Y_1^H = 1 - \frac{1,5 \cdot L + 5}{0,75 \cdot T_{\text{Ц}}}, \quad (5.1)$$

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

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

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

Пропорційно зменшенню сумарного фазового коефіцієнта необхідно зменшити вхідні в нього розрахункові фазові коефіцієнти, уважаючи, що тенденції зміни інтенсивності руху в усіх напрямках руху на перехресті протягом доби є однаковими. Для подальших дій використовують розрахунковий фазовий коефіцієнт для найбільш завантаженої фази регулювання (звичайно це фаза, у якій здійснюється рух транспортного потоку по головному напрямку на перехресті).

Фазовий коефіцієнт для обраного напрямку є відношенням інтенсивності руху N до потоку насичення M_H (див. формулу 4.2). Уважаючи, що M_H є величиною постійною, можна визначити для цього напрямку інтенсивність N_I , що орієнтовно є нижньою границею застосування першої програми регулювання.

Формула для розрахунку значення N_I наступна:

$$N_1 = y_1^H \cdot M_H = \kappa \cdot y \cdot M_H = \frac{Y_1^H}{Y} \cdot \frac{N_{max}}{M_H} \cdot M_H = \frac{Y_1^H}{Y} \cdot N_{max} \text{ од./год.}, \quad (5.2)$$

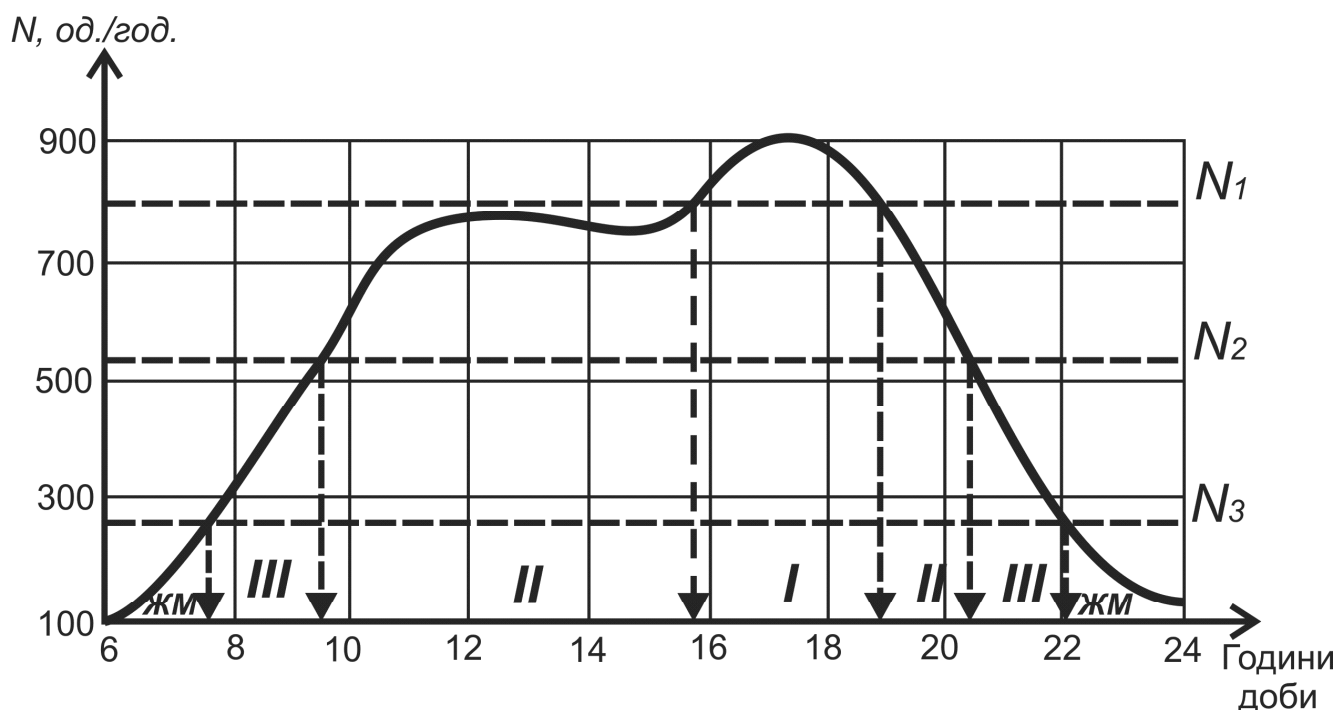
де κ – коефіцієнт пропорційності, $\kappa = \frac{Y_1^H}{Y}$;

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

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

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

За даними натурних спостережень для зазначеного напрямку будують графік зміни інтенсивності руху транспортного потоку за годинами доби (рис. 5.1). Проводячи горизонтальну лінію, що відповідає інтенсивності N_1 , і опустивши із точок її перетинання із кривою зміни інтенсивності руху транспортного потоку за годинами доби перпендикуляри на горизонтальну вісь графіка, можна визначити моменти часу перемикання з першої програми на другу й навпаки.



I, II, III - програми світлофорного регулювання на перехресті;
жм - режим жовтого мигання.

Рисунок 5.1 – Графік для визначення кількості програм світлофорного регулювання на перехресті (приклад)

Аналогічно визначаються моменти переходу до наступних програм світлофорного регулювання. При цьому у формулі (5.1) тривалість циклу

ТЗОДР, Розділ 5, Конспект лекцій, Толлок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

зменшують ще на 25 % відносно другої програми. Наприклад, для визначення моменту переходу до третьої програми в знаменнику другого члена формули (5.1) буде $-0,75 \cdot (0,75 \cdot T_{Ц})$; для визначення моменту переходу до четвертої програми $-0,75 \cdot 0,75 \cdot (0,75 \cdot T_{Ц})$ і т.д.

Перехід від однієї програми до іншої здійснюється при зниженні інтенсивності руху транспорту на перехресті. Якщо інтенсивність досягає величини, меншої ніж зазначена в умовах введення світлофорного регулювання, (що відповідає переводу світлофорів на роботу в режимі жовтого миготливого сигналу) розрахунок чергової програми припиняється.

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

5.2 Адаптивне світлофорне регулювання на перехрестях

Параметрам транспортного потоку (інтенсивність, швидкість руху) властива нестационарність, тобто мінливість протягом часу. Задача адаптивного регулювання на перехресті полягає у знаходженні для даних умов руху на перехресті оптимальних тривалостей циклу і фаз регулювання, а також у коректуванні цих тривалостей відповідно до внутрішньогодинних змін параметрів транспортних потоків, які надходять до перехрестя.

Адаптивне регулювання реалізується за допомогою детекторів транспорту, розташованих у зоні перехрестя, які й забезпечують безперервну інформацію про параметри транспортних потоків. Детектори транспорту встановлюються на кожному підході до перехрестя. Відстань від місця встановлення детекторів транспорту до стоп-лінії перебуває в межах 30 – 50 м.

Серед багатьох алгоритмів адаптивного регулювання найбільше розповсюдження отримав алгоритм пошуку розривів у транспортному потоці.

Основними параметрами управління, використовуваними в рамках даного алгоритма, являються:

- мінімальна тривалість зеленого сигналу t_{3min} ;
- максимальна тривалість зеленого сигналу t_{3max} ;
- екіпажне время (інтервал времени между автомобилями, определяющий разрыв в потоке) $t_{ек}$.

Ети параметри заранее определяются расчетом.

Мінімальну тривалість зеленого сигналу визначають часом, необхідним для переходу пішоходами проїзної частини (формула 4.8) або часом роз'їзду черги транспортних засобів, які зупинились і чекають включення зеленого сигналу світлофора між «стоп-лінією» і детектором транспорту (формула 5.3).

$$t_{3min} = \frac{3600 \cdot n_o}{M_H}, \text{ с}, \quad (5.3)$$

ТЗОДР, Розділ 5, Конспект лекцій, Толлок А.В., tolok.tt.adi@gmail.com

де n_0 – середня кількість автомобілів на смузі руху, що зупинились і чекають зеленого сигналу світлофора між «стоп-лінією» і детектором транспорту (визначається шляхом спостережень);

M_H – середнє значення потоку насичення, що доводиться на одну смугу руху в даній фазі, од./год (для наближених розрахунків відношення $3600/M_H$ можна прийняти рівним 2 с).

У якості розрахункового приймають більше значення t_{zmin} з отриманих за формулами (4.8) і (5.3), але не менш 7 с.

Максимальну тривалість зеленого сигналу t_{zmax} приймають на 20 – 30 % більше, ніж розраховану за формулою (4.6) значення основного такту t_{zi} в умовах пікового завантаження перехрестя:

$$t_{zmax} = (1,2 \div 1,3) \cdot t_{zi}, \text{ с.} \quad (5.4)$$

У плині екіпажного часу автомобіль повинен проїхати відстань від детектора транспорту ($S_{ДТ}$, м) до стоп-лінії:

$$t_{ек} = \frac{3,6 \cdot S_{ДТ}}{V_a}, \text{ с,} \quad (5.5)$$

де V_a – середня швидкість руху потоку автомобілів на підході до стоп-лінії (без гальмування), км/год.

При включенні зеленого сигналу спочатку відпрацьовується тривалість t_{zmin} . Цей час необхідний для пропуску транспортних засобів, що очікували зеленого сигналу й перебували між стоп-лінією й детектором транспорту.

Якщо до закінчення t_{zmin} у зоні детектора не з'явиться жодного автомобіля, сигнал світлофора перемикаються з зеленого на жовтий (рис. 5.2 а), тобто відбувається перехід до наступної фази регулювання.

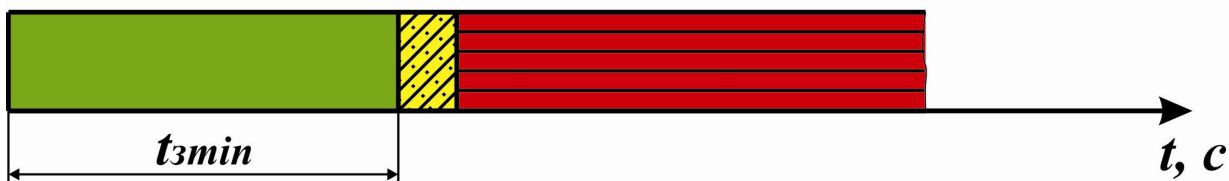
Якщо до закінчення t_{zmin} у зоні детектора з'явиться автомобіль, то зелений сигнал продовжується на час $t_{ек}$, що дозволить цьому автомобілю пройти відстань від детектора до стоп-лінії і проїхати стоп-лінію на зелений сигнал світлофора. Якщо до закінчення екіпажного часу в зоні детектора з'явиться ще один автомобіль (відсутність розриву в потоці), то починається відлік нового $t_{ек}$ і т.д.

Таким чином, кожний наступний автомобіль, що проїжджає в зоні детектора до закінчення попереднього часу $t_{ек}$ продовжує дію зеленого сигналу світлофора. Перемикання сигналів із зеленого на жовтий відбудеться в тому випадку, якщо часовий інтервал між двома автомобілями, що проїжджають зону детектора транспорту один за одним виявиться більше екіпажного часу (рис. 5.2 б).

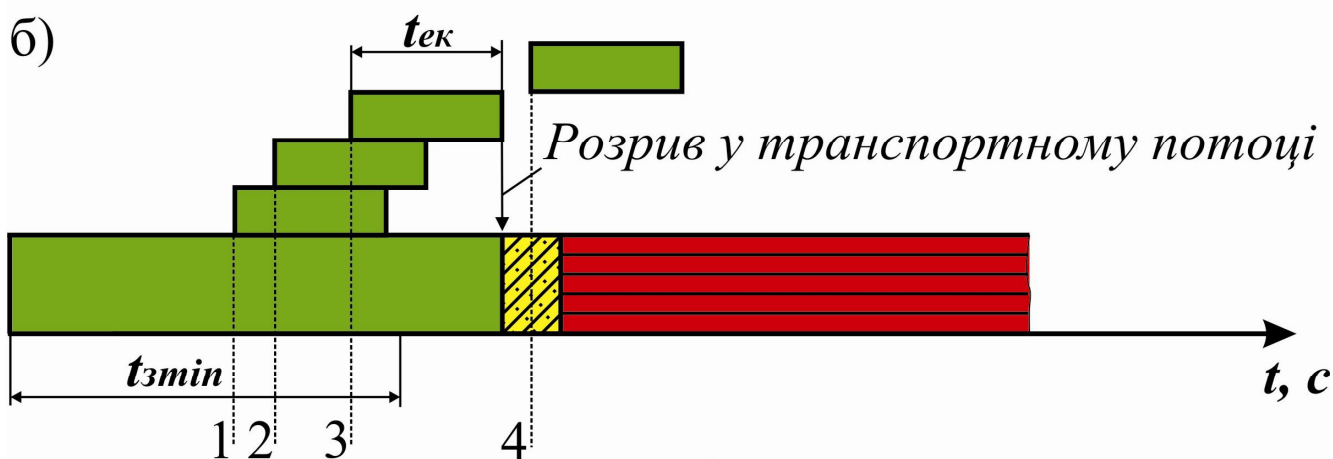
Якщо за час t_{zmax} не буде виявлений розрив у транспортному потоці, то сигнал світлофора перемикається із зеленого на жовтий (рис. 5.2 в).

Таким чином, при адаптивному регулюванні тривалості основних тактів, отже і циклу регулювання, не є постійними, а змінюються від циклу до циклу залежно від умов руху.

а)



б)



в)

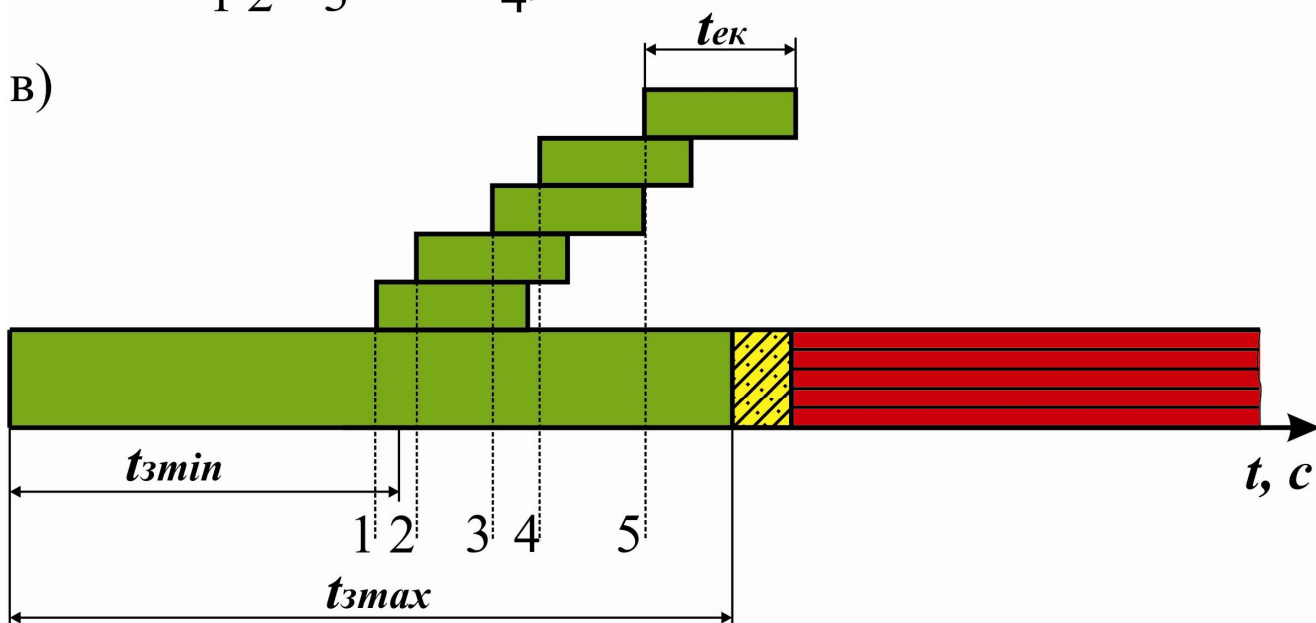


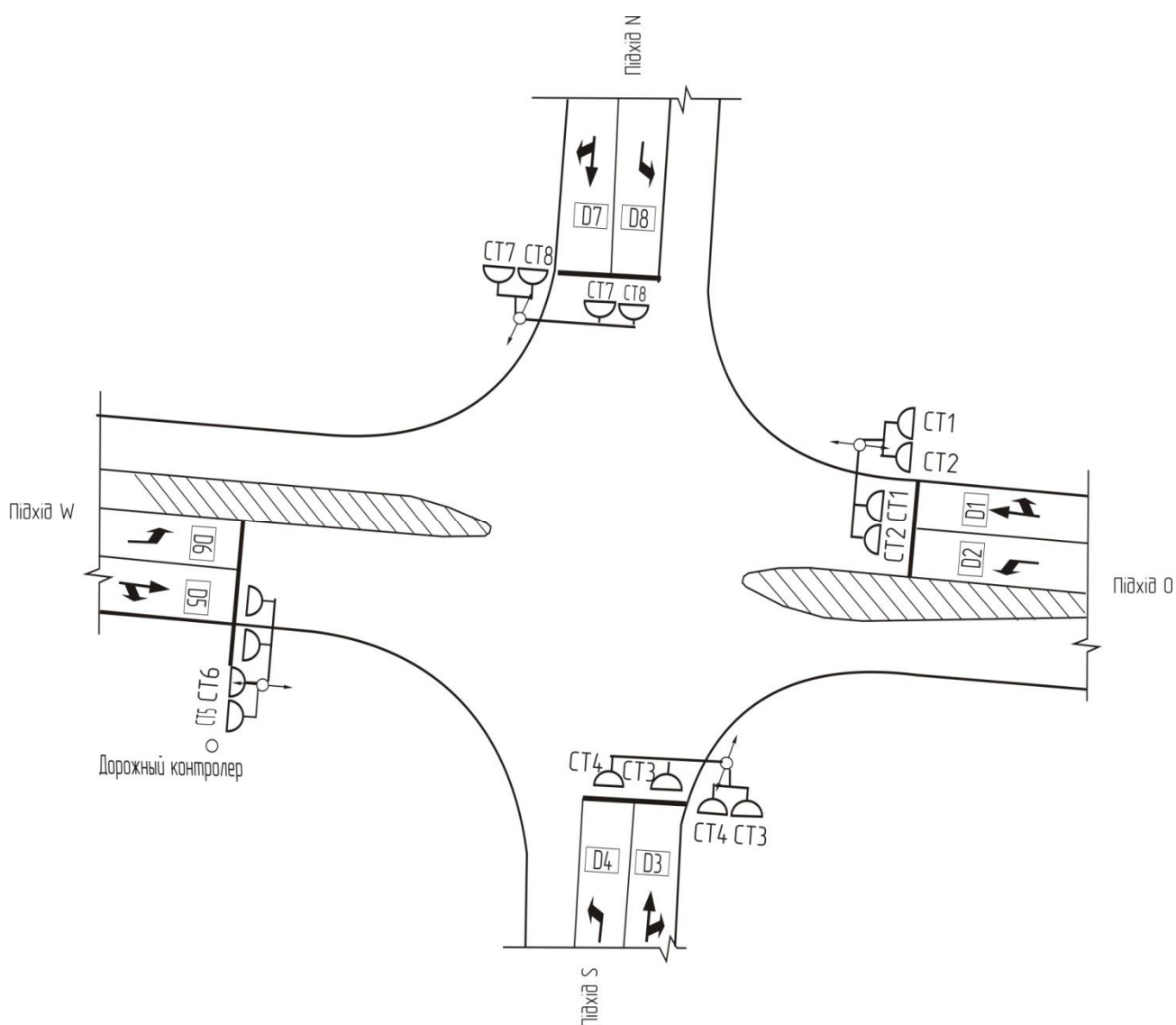
Рисунок 5.2 – Пошук розривів у транспортному потоці

а) детектор транспорту не фіксує автомобілі протягом t_{zmin} ; б) наявність розриву у транспортному потоці до закінчення t_{zmax} ; в) розрив у транспортному потоці відсутній; 1, 2, ..., 5 – моменти проїзду автомобілями зони детектора транспорту.

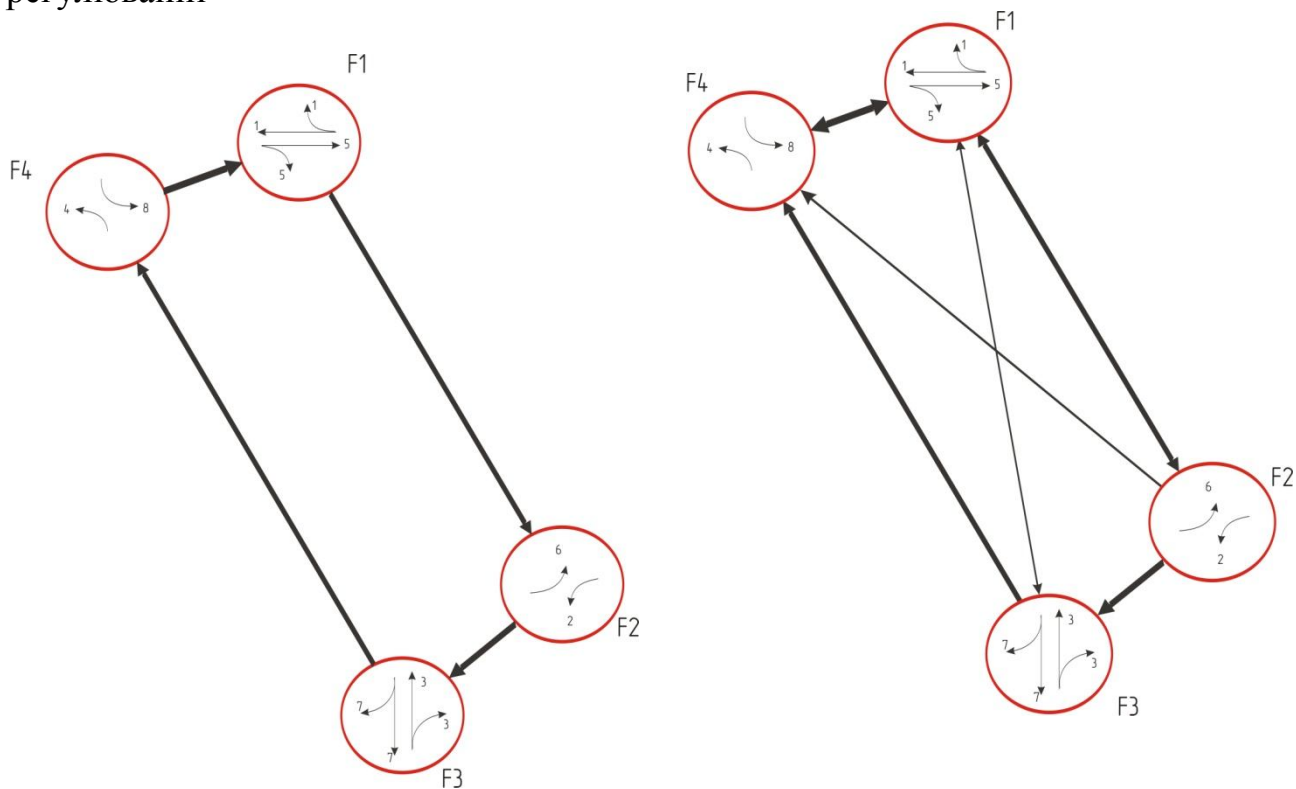
5.3 Динамічне світлофорне регулювання на перехресті

Розвитком адаптивного регулювання є динамічне світлофорне регулювання на перехресті. На відміну від адаптивного світлофорного регулювання, при динамічному світлофорному регулюванні кількість фаз у циклі є змінною величиною, тобто окремі фази при визначених умовах руху можуть бути пропущені.

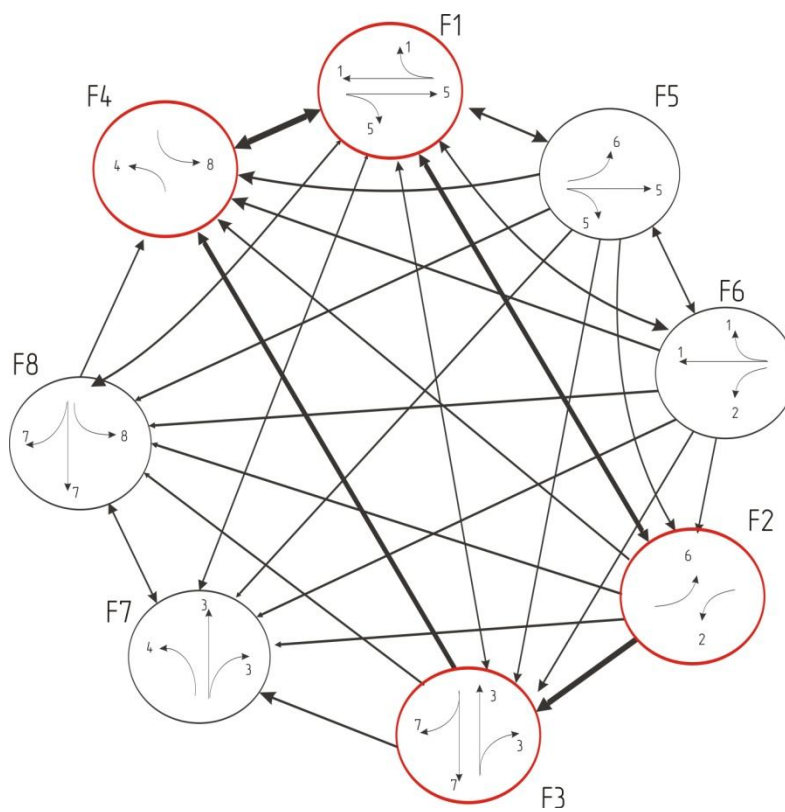
Основна мета динамічного світлофорного регулювання полягає у забезпеченні безконфліктного руху на перехресті. На жаль, на цей час науково-методичного забезпечення динамічного світлофорного регулювання не розроблено.



а) чергування фаз при адаптивному б) динамічне регулювання регулюванні



в) динамічне регулювання з фазовими переходами



Запитання для самоконтролю

1. Як визначити кількість програм світлофорного регулювання і моментів їх зміни на ізольованому перехресті?
2. Яка суть адаптивного світлофорного регулювання і які технічні засоби регулювання дорожнього руху використовуються для його реалізації?
3. Які параметри керування і як їх визначають для реалізації адаптивного світлофорного регулювання на перехресті?
3. Поясніть дію алгоритму пошуку розривів в транспортному потоці при організації адаптивного світлофорного регулювання на перехресті. Наведіть відповідні рисунки.
4. Що відрізняє динамічне світлофорне регулювання від адаптивного? Яка мета динамічного світлофорного регулювання?
5. Наведіть приклад чергування фаз з фазовими переходами при динамічному світлофорному регулюванні.