

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОТРАНСПОРТОМ НА РЕГУЛИРУЕМОМ ПЕРЕКРЁСТКЕ

**Анфилец С.В., Шуть М.В.**

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

Анализ условий движения на любом перекрестке показывает, что интенсивности транспортных потоков на подходах не постоянны, а подвержены изменениям в течение суток с ярко выраженными пиковыми периодами (одним или двумя). Кроме того, даже при постоянной интенсивности движение автомобилей носит случайный характер, имеются колебания в числе автомобилей, подходящих к перекрестку за одинаковые периоды времени.

При медленном изменении интенсивностей движения оптимальные длительности цикла и фаз, рассчитанные для условий пикового периода, для остального времени суток оказываются неоптимальными, как правило, слишком большими, приводящими к неоправданным задержкам транспорта.

Жесткое программное регулирование не способно учитывать кратковременные случайные колебания в числе автомобилей, подходящих к перекрестку [1].

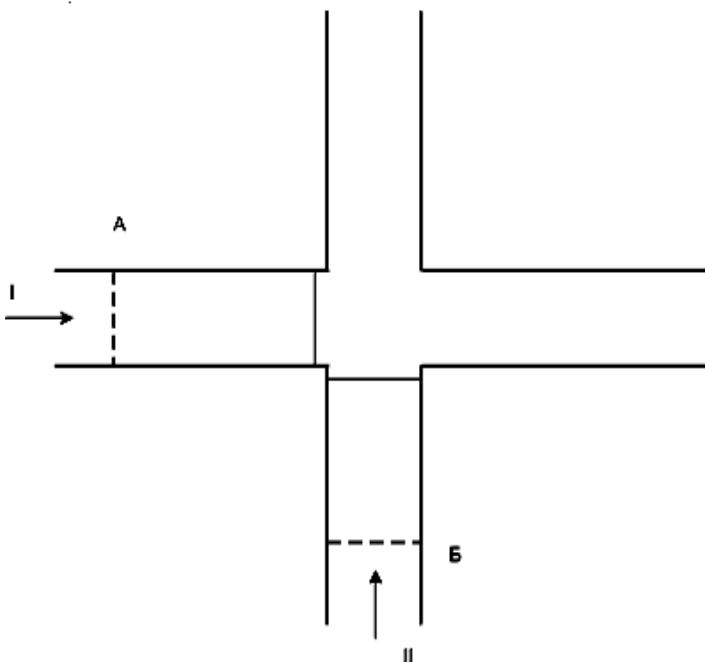
Таким образом, задача улучшения автоматического управления движением на перекрестке состоит в создании таких технических средств и алгоритмов управления, которые обеспечили бы адаптацию режимов регулирования к изменению условий движения.

Задача адаптивного управления на отдельном перекрестке состоит в постоянном нахождении оптимальных для данных средних значений интенсивностей движения длительностей цикла и фаз регулирования, а также в корректировке этих длительностей в соответствии с мгновенными колебаниями в количестве автомобилей, подходящих к перекрестку.

Наибольшее распространение среди известных эвристических алгоритмов адаптивного регулирования получил так называемый «метод поиска разрывов в транспортных потоках» [1]. Для его реализации необходима информация о проезде автомобилями определенного сечения дороги на подходах к перекрестку.

Разрывом в транспортном потоке будем называть появление интервала времени определенной длительности между моментом проезда одним из автомобилей сечения дороги и моментом проезда этого же сечения следующим за ним (по времени) автомобилем. Информация о моментах появления автомобилей в заданном сечении дороги получается с помощью детекторов транспорта, располагаемых на подходах к перекрестку на заданном расстоянии от стоп-линий.

Рассмотрим сущность метода поиска разрывов на примере Пересечения двух однополосных дорог с односторонним движением рисунок 1.



**Рис. 1. Схема перекрёстка**

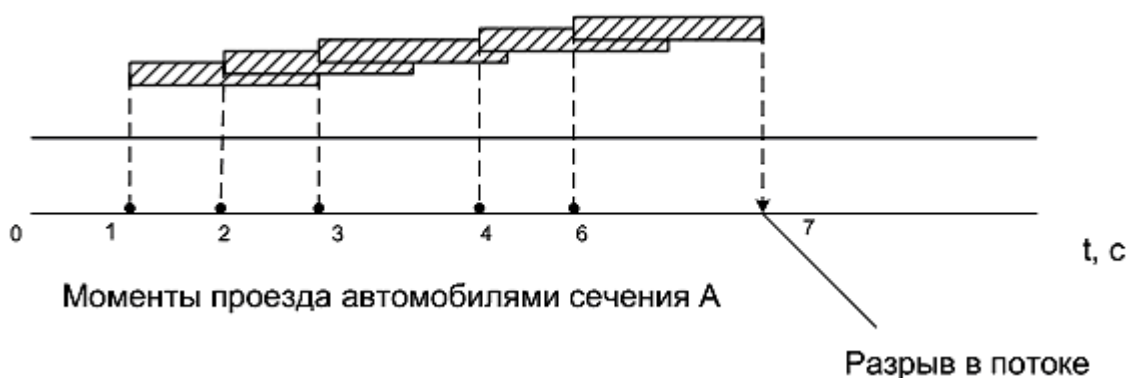


Рис. 2. Принцип поиска разрывов в транспортном потоке

Предположим, что в определенный момент времени на направлении I включен зеленый сигнал светофора. Пусть каждый автомобиль, подъезжающий к перекрестку, в момент пересечения детектора транспорта (линия А), продлевает себе длительность основного такта на интервал времени  $t_{эк}$  (экипажный интервал), равный среднему времени проезда автомобиля от сечения А до стоп-линий. Если над линией А в момент окончания очередного интервала  $t_{эк}$  не появится следующий автомобиль, то можно принять, что произошел разрыв в потоке, не меньший по длительности, чем  $t_{эк}$ . В этот момент можно оканчивать основной такт. Таким образом, сущность метода поиска разрывов (см. рисунок 2) заключается в определении момента времени, когда между стоп-линией и сечением А нет ни одного автомобиля, что позволяет прервать основной такт регулирования в этом направлении движения.

Очевидно, что если не внести каких-либо ограничений, то основной такт мог бы быть выключен сразу после включения при полном отсутствии автомобилей на подходе к перекрестку в этом направлении.

Это недопустимо с точки зрения безопасности движения, поскольку трогание первых автомобилей в очереди и их внезапная остановка могут привести к столкновениям. Поэтому вводится ограничение — длительность основного такта не может быть меньше определенной величины —  $t_{min}$  (минимальная длительность основного такта).

Если автомобили непрерывно пересекают линию А с интервалами, меньшими  $t_{эк}$ , то для пропуска конфликтующего направления через перекресток необходимо ограничить длительность основного такта также и какой-то максимальной величиной —  $t_{max}$ , производя смену такта по истечении этого временного интервала.

При многорядном и двустороннем движении принятый принцип регулирования не изменится, если отсчитывать интервалы между любыми двумя автомобилями, пересекающими выбранные сечения дороги в разрешенных направлениях движения данного такта.

Рассмотренный принцип может быть распространен не только на один основной такт, но на любое их количество. Для этого соответствующие направления движения должны быть оборудованы детекторами транспорта.

Таким образом, длительность основных тактов и цикла регулирования может меняться в зависимости от условий движения, что является основным признаком адаптивного управления. Длительность любого основного такта  $t_{oi}$  лежит в пределах:  $t_{min} \leq t_{oi} \leq t_{max}$ .

Величина минимальной длительности основного такта, т. е.  $t_{min}$  выбирается исходя из двух соображений. Во-первых, это время, необходимое для разъезда с перекрестка автомобилей, ожидавших разрешающего сигнала и находившихся между стоп-линией и детектором транспорта. Во-вторых, это время, необходимое для перехода пешеходами проезжей части (минимум до осевой линии). В качестве действующего значения величины данного такта выбирается большее из просчитанных значений. Обычно пределы изменения  $t_{min}$  составляют  $7 \div 12$  секунд.

Величина  $t_{\max}$ , или максимальная длительность основного такта, выбирается исходя из знания оптимальных длительностей основных тактов, рассчитанных для случая жесткого программного управления в условиях «пиковых» периодов.

Как уже упоминалось, величина экипажного интервала выбирается исходя из скорости движения автомобилей в зоне перекрёстка. Обычно скорость определяется натуральными наблюдениями. Затем принимается, что автомобиль с момента пересечения детектора транспорта движется до стоп-линии с постоянной скоростью, равной измеренной скорости потока. Тогда экипажный интервал равен:

$$t_{\text{ЭК}} = \frac{s_i}{v_i}, \quad (1)$$

где  $i$  – номер основного такта;  $s_i$  – максимальное расстояние от контрольного сечения до стоп-линии в данном основном такте (при наличии нескольких направлений движения);  $v_i$  – максимальная средняя скорость движения среди всех направлений движения данного основного такта.

Обычно  $t_{\text{ЭК}}$  выбирается равным 4-5 с.

При использовании более сложных модификаций алгоритма поиска разрывов в транспортных потоках длительности основных тактов изменяются не только в функции от разрывов в транспортных потоках, но и по более сложным зависимостям, требующим запоминания и использования информации об интенсивности движения, длине очереди и времени задержки автомобилей. Применяются, например, следующие алгоритмы.

1. Минимальная длительность фазы  $t_{\min}$  изменяется в соответствии с выражением  $t_{\min} = f(n_k)$  причем  $n_k$  — длина очереди на направлении, где включается зеленый сигнал в момент выключения красного сигнала. Каждый автомобиль в очереди сверх первых 10 секунд добавляет 1 секунду к величине  $t_{\min}$ .

2. Величина экипажного интервала может быть уменьшена в зависимости от длительности задержки автомобилей на конфликтующем направлении.

3. Величина экипажного интервала может быть уменьшена в зависимости от числа автомобилей, ожидающих на конфликтующем направлении.

4. Величина экипажного интервала уменьшается в зависимости от плотности потока в разрешенном направлении, измеряемой в функции от числа проездов автомобилями заданного сечения дороги за каждые 10 с основного такта.

5. Обеспечение «псевдокоординированного» управления. Появление группы автомобилей в период красного сигнала светофора, определяемое в функции от числа проездов заданного сечения дороги за каждые 10 с, уменьшает время ожидания в зависимости от размеров группы. Кроме того, в «память» алгоритма вводится «ложное» количество автомобилей, ожидающих разрешающего сигнала на основном направлении, что приводит к сокращению времени ожидания.

6. Максимальная длительность фазы определяется выражением  $t_{\max} = f(n_i)$ , где  $n_i$  — длина очереди в направлении, конфликтующем с направлением  $i$ .

Указанные функциональные зависимости подбираются эмпирически. Первый — это алгоритм выравнивания степени насыщения фаз регулирования.

Степень насыщения фаз регулирования определена как:

$$x_i = \frac{N_i T_u}{M_{\text{нл}} t_{\text{ЭФ}i}} \quad (2)$$

Сущность алгоритма заключается в таком изменении длительности фаз внутри заданной величины длительности цикла, при которой величины  $x_i$  всех фаз становятся приблизительно одинаковыми.

#### Литература

1. Кременец Ю.А., Печёрский М.П. Технические средства регулирования дорожного движения – М: «Транспорт», 1981.