

$$\begin{aligned}
 F_0\{Y(0)\} &= \min_{U(0)}[d_0\{Y(0), Y(1)\} + F_1\{Y(1)\}]; \\
 F_1\{Y(1)\} &= \min_{U(1)}[d_1\{Y(1), Y(2)\} + F_2\{Y(2)\}]; \\
 &\dots \\
 F_i\{Y(i)\} &= \min_{U(i)}[d_i\{Y(i), Y(i+1)\} + F_{i+1}\{Y(i+1)\}]; \\
 &\dots \\
 F_{T-1}\{Y(T-1)\} &= \min_{U(T-1)}[d_{T-1}\{Y(T-1), Y(T)\}].
 \end{aligned} \tag{8}$$

Таким образом, решение задачи оптимизации сводится к решению системы функциональных уравнений, что требует большого объема вычислений. Поэтому целесообразно исследование системы, описываемой уравнением (4), осуществить с помощью имитационного моделирования [5, 6].

Список использованных источников

1. Брайловский Н.О., Грановский Б.И. Управление движением транспортных средств. М.: Транспорт, 1976. 112 с.
2. Вальц В.К. Исследование закономерностей движения автомобильных потоков на городских улицах и дорогах: Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. - Челябинск, 1970. - 27с.
3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М., Транспорт, 1972. - 424 с.
4. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения. - М.: Транспорт, 1982. 240 с.
5. Михеев С.В. Автоматизированное управление дорожным движением / VIII Международная научная конференция «Математика. Компьютер. Образование» // Тезисы докладов. - Пушкино, 2001. - С. 195.
6. Михеева Т.И., Михеев С.В. Модели наследования в системе управления дорожным движением // «Информационные технологии» 2001 г.
7. Михеев С.В., Михеева Т.И., Золотовицкий А.В. Автоматизированная система контроля и управления дорожным движением // В кн. Математика. Компьютер. Образование - Дубна: МГУ, - 2000. - С. 207-214.
8. Webster F.V. Traffic signal settings. British road res. Lab. Tech. Paper. - London, 1958, № 39. 45 p.

УДК 681.3

РАСЧЕТ ПРОГРАММ КООРДИНАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Михеев С.В.

За последние годы проводилось широкое исследование проблемы координированного управления транспортными потоками (ТП) [1, 2, 4, 5]. Накопленный материал позволил установить некоторые закономерности изменения физических характеристик ТП. Схема управления должна быть

пригодной для различных условий, но достаточно простой, чтобы гарантировать надежность.

Сущность координированного управления сводится к обеспечению безостановочного проезда группы автомобилей с определенной скоростью через все регулируемые перекрестки магистрали. Для этого сдвиг фаз регулирования в направлении координации выбирается, исходя из заданной скорости движения групп и расстояния между перекрестками. Эффективность координированного управления ТП в большей мере определяется качеством расчета программ координации.

Целью расчета параметров светофорного регулирования при координированном управлении является определение длительности фаз и величин сдвигов фаз, обеспечивающих минимум обобщенного критерия, учитывающего величину задержек и число остановок транспортных средств (ТС) на перекрестках магистрали.

В соответствии с /1/ эффективность координированного управления можно повысить, если задачу расчета программ координации решать с учетом взаимного влияния соседних перекрестков, степени распада групп в зависимости от длины перегона, степени формирования групп в зависимости от величины сдвига фаз.

Наиболее простым случаем является координированное управление движением транспортного потока на магистрали с односторонним движением. В этом случае можно воспользоваться графоаналитическим методом расчета /2/ с учетом зависимости выбора сдвигов фаз. Порядок расчета будет выглядеть следующим образом:

- ✓ расчет длительности цикла на каждом перекрестке магистрали и выбор общего;
- ✓ расчет длительностей фаз на каждом перекрестке;
- ✓ расчет величин сдвигов фаз на каждом перекрестке.

Расчет длительности цикла и длительностей фаз на каждом перекрестке выполняется по общепринятому методу, предложенному Вебстером /3/, а также с учетом дополнительных ограничений, изложенных в работе В. Капитанова /4/.

Одним из параметров светофорного регулирования в рассматриваемом методе расчета программ координации является величина сдвига фаз. Выбор соответствующей величины сдвига фаз влияет на процесс преобразования групп ТС в зоне действия светофора. Поэтому рассмотрим порядок расчета этого параметра подробно с выделением основных этапов: изменение времени проезда каждого перегона по методике, изложенной М.П. Печерским и Б.Г. Хоровичем /9/, и расчет средних значений t .

Расчет величин сдвигов фаз, начиная с входного перекрестка магистрали, ведется по формуле

$$t_c = 1.2t - 5. \quad (1)$$

Необходимо отметить, что величина сдвига фаз должна быть меньше длительности цикла $t_c \leq T$. Поэтому при расчете величин сдвигов фаз следует проверять выполнение ограничения:

$$t_c - T \cdot p > 0, \quad (2)$$

где p – натуральное число.

На рисунке 1 представлена схема участка магистрали, состоящей из трех перекрестков. Исходные данные: интенсивности движения, времена проезда и длины перегонов указаны на рисунке. Схемы организации движения на всех перекрестках двухфазные, длительности первых фаз (по основному направлению) - 40 с.

Программа координации, рассчитанная с помощью метода Робертсона, при $T=60$ с дала среднюю задержку на участке за цикл $Z=220$ с и остановку групп ТС перед вторым перекрестком.

Программа координации, рассчитанная с использованием предложенной зависимости $t_c = 1.2t - 5$ при $t=60$ с дала среднюю задержку за цикл $Z=182$ с и остановку групп ТС на 2-м перекрестке. Для поперечных направлений движения задержка и остановки не рассчитывались, так как в обоих случаях они будут одни и те же. Это обусловлено тем, что длительность запрещающего сигнала не изменяется. Сравнение результатов показывает уменьшение задержки за счет использования предлагаемой модели (до 20%).

Рисунок 2 иллюстрирует план координации, построенный по изложенному методу для участка магистрали, представленного на рисунке 1. Выбор сдвига t_c большего чем время проезда t_{np} перегона между 1 и 2 перекрестками на величину $\Delta t = 5$ с обеспечивает формирование группы ТС за счет замедления лидеров. При движении лидера по траектории, показанной пунктиром, и соответствующем выборе сдвига фаз группа имела бы задержку с остановкой.

Выбор сдвига фаз t_c между 2-м и 3-м перекрестками меньше чем время проезда перегона между указанными перекрестками позволяет пропускать группу, проходящую короткий перегон без дополнительной задержки.

При расчете программ координации для магистралей с односторонним движением ТП, изложенный метод реализуется сравнительно легко. Однако наиболее распространенным случаем является КУ движения ТП на магистралях с двухсторонним движением. В этом случае возможно возникновение ситуаций, которые сложно правильно решать с помощью графоаналитического метода. Для решения подобных задач целесообразно воспользоваться методом, предложенным В. Капитановым /6/.

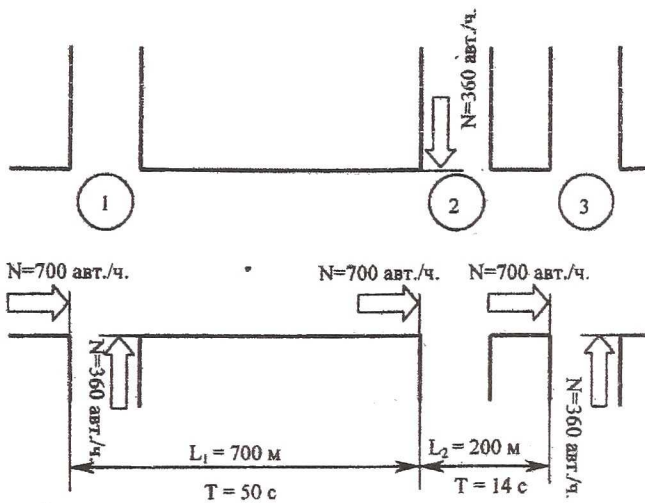


Рисунок 1. Схема участка магистрали

Пусть известны длительность цикла для программы координации и длительности фаз на каждом перекрестке магистрали. Необходимо найти сдвиги фаз на каждом перекрестке, минимизирующие величину обобщенного критерия (задержки) транспортного потока на магистрали

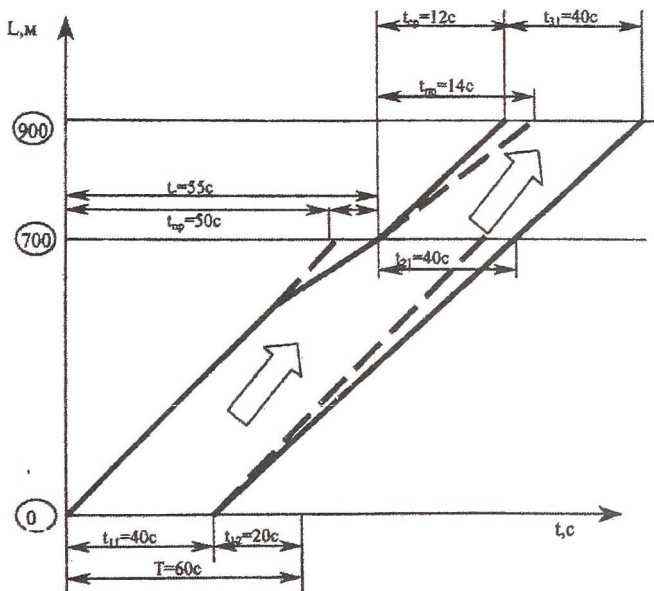


Рисунок 2 - Программа координации

$$Z = \min_{t_{c_i}} \sum_{i=1}^n [f(Z_i) + \varphi(Z'_i)], \quad (3)$$

где $f(Z_i)$ задержка ТП на i -м перекрестке для прямого направления;
 $\varphi(Z'_i)$ - задержка ТП на i -м перекрестке для встречного направления.

$$f(Z_i) = \int_0^{a_i} N_i(t - t_{c_i}) \left[t_{kp_i} + \frac{1}{S_i} \int_0^t N_i(\tau - t_{c_i}) d\tau \right] dt \quad (4)$$

$$\varphi(Z'_i) = \int_0^{a'_i} N'_i(t - T - t_{c_{i+1}}) \left[t_{kp_i} + \frac{1}{S'_i} \int_0^t N'_i(\tau - T - t_{c_{i+1}}) d\tau - t \right] dt, \quad (5)$$

где a_i и a'_i - момент окончания разгрузки очереди на i -м перекрестке для прямого и встречного направлений;

N_i и N'_i интенсивность ТП, прибывающего к i -му перекрестку в прямом и встречном направлениях;

t_{kp_i} - длительность красного сигнала светофора на i -м перекрестке;

S_i и S'_i - интенсивность разгрузки очереди на i -м перекрестке в прямом и встречном направлениях.

$$a_i - t_{kp_i} = \frac{1}{S_i} \int_0^{a_i} N_i(t - t_{c_i}) dt, \quad (6)$$

$$a'_i - t_{kp_i} = \frac{1}{S'_i} \int_0^{a'_i} N'_i(t - T + t_{c_{i+1}}) dt. \quad (7)$$

Решение полученной системы уравнений (3-7) позволяет найти сдвиги фаз, минимизирующие величину задержки на магистрали.

На основе вышеизложенных методов расчета координированного управления была построена имитационная модель [7, 8]. С помощью разработанной системы автоматизированного управления дорожным движением были рассчитаны светофорные циклы для некоторых перекрестков г. Самары, проведен расчет программ жесткого координированного управления транспортным потоком для ул. Ново-Садовой на перегоне от ул. Осипенко до ул. Шмидта.

При расчете светофорных циклов перекрестков некоторые расчетные циклы работы светофоров совпали с реально существующими.

Список использованных источников

1. Петров В.В. Формирование транспортных потоков в условиях координированного управления: Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. - М.: 1989. - 16 с.

2. Рушевский И.В. Организация и регулирование уличного движения с применением автоматических средств управления. - М.: Высшая школа, 1974. - 239 с.
3. Webster F.V. Traffic signal settings. - British road-res. Lab. Tech. Paper. - London, 1958, № 39. 45 p.
4. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками в городах. - М.: Транспорт, 1985. - 94 с.
5. Печерский М.П., Якушин Л.А. Экспериментальные исследования эффективности АСУ дорожным движением. - М.: ВНИИБД МВД СССР, 1978. - 47 с.
6. Капитанов В.Т. Расчет параметров светофорного регулирования. - М.: МВД СССР, 1981. - 96 с.
7. Михеев С.В. Таксономические модели управления дорожным движением // В кн. Актуальные проблемы радиоэлектроники - Самара: СГАУ, - 2000. - С. 91-95.
8. Михеева Т.И., Михеев С.В., Демьяненко Р.В., Журавлев Д.Ю. Информационная система «Улично-дорожная сеть города» // В кн. Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении - Самара: СГАУ, - 2001. - С. 104 - 108.
9. Печерский М.П., Хорович Б.Г. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах. - М.: Транспорт, 1979. - 176 с.

УДК 681.3

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДИСЛОКАЦИИ ЗНАКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Михеева Т.И., Калугин Н. А., Калугин А.Н.

Стремительное развитие городских инфраструктур и, в частности, сети автомобильных дорог поставило перед многими службами задачу автоматизации их мониторинга. В связи с этим, в СГАУ в сотрудничестве с городским управлением ГИБДД была начата разработка автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД). В рамках АСУДД разрабатывается система мониторинга дислокации знаков дорожного движения, предназначенная для:

- 1) упрощения процесса разработки схем организации безопасности дорожного движения;
- 2) автоматизации процессов анализа и статистической обработки данных, касающихся улично-дорожной сети (УДС) города и объектов, расположенных на ней;
- 3) разработки подсистемы экспертной дислокации дорожных знаков.

Для решения первой задачи использовались визуальные средства формирования схем организации безопасности дорожного движения. На базе существующей геоинформационной системы города Самара в среде MapInfo 5.0, был создан набор инструментов, позволяющий использовать технологию Drag and Drop для разработки дислокации объектов (рис.1). На первом этапе реализации АСУДД в качестве объектов использовались