

Abstract: *The main issue considered in this topic: observe and analyse of complex road junction with high transport loading; mathematical model for traffic signal light optimisation at the time of harshly change of traffic intensity.*

Keywords: *TRAFFIC, TRAFFIC SIGNAL LIGHT OPTIMIZATION METHOD, QUEUE LENGT.*

1. Увод

Регулирането на движението има за цели повишаване пропускателната способност, скоростта, безопасността, технико-икономическите показатели на превозите, понижаване на шума и замърсяването на територията на градовете. Във всички случаи при организация и регулиране на движението основен критерий остава безопасността на движението [6].

Важно място в системата за организация на движението заема внедряването на технически средства за управление, организация, и регулиране на движението в градовете [5].

При регулирането със светофари се цели и минимизирането на сумарните задръжки на автомобилите на всички входове на кръстовището [1]. Управлението на светофарите може да бъде: автоматично с твърд режим, при което продължителността на цикъла и разделянето му по фази са установени предварително; транспортно зависимо (гъвкаво) – продължителността на фазите и тяхната последователност се пригаждат към транспортната ситуация и смесено управление [4].

2. Предпоставки и начини за разрешаване на проблема

Повечето от съществуващите светофарни уредби в Република България работят с твърд режим, който не се изменя в продължителност на целия ден. Това създава проблеми при работата на кръстовища с циклично изменение на интензивността на транспортните потоци в определени дни и часове. Увеличаването на опашките от автомобили в тези случаи понякога нарушава работата и на предходни кръстовища на разглежданите възли. За решаване на такива проблеми с трафика е необходимо въвеждането на транспортно зависимо управление и на цели автоматизирани системи.

Транспортно зависимите и автоматизирани системи за управление на движението се явяват комплекс от технически средства за управление – транспортни детектори, устройства и средства за предаване и обработка на информация; математически средства за управление – математическо или програмно осигуряване, включващо и реализиране на конкретни алгоритми за управление на транспортните потоци и обслужващ персонал - осъществяващи функции по управление и поддръжка на техническите средства. Основен проблем при създаването на тези системи е разработването на алгоритми и избор на критерии за оразмеряване на светофарните цикли съответстващи на транспортните потоци.

Разработени са различни методи и критерии за оразмеряване на времената на светофарна уредба при кръстовища с равномерна натовареност [2, 3, 4]. Съществува проблем при оразмеряване на времената на светофарни уредби

за кръстовища, при които интензивността на транспортните потоци от дадено направление многократно надвишава интензивността на останалите потоци в определен часови интервал, при което се получават опашки от чакащи автомобили с много голяма дължина. За решаване на този проблем е възможно да се използва критерий основаващ се на минимална възможна дължина на опашката по отделните потоци на кръстовището и да се определят продължителността на зелените сигнали към всеки от потоците, така че да се минимизират образуваните опашки от автомобили в направленията със силна натовареност.

Теоретична постановка за оптимизиране се представя за кръстовище с четири входящи транспортни потока - поток 1 и поток 2, поток 3 и поток 4. Приема се, че два от потоците са главни, а останалите второстепенни с многократно по-малка интензивност от главните. За всеки от потоците има съответни стойности за продължителност на зеления сигнал – t_3 , интензивност на пристигане на автомобилите ($I_{при}$), интензивност на преминаване на автомобилите през кръстовището ($I_{пре}$) и средна дължина на опашката ($N_{ср}$).

За всеки главен поток се пресмятат две граници на продължителност на зеленият сигнал (t_3):

- време за зелен сигнал пропорционални на средните опашки на главните потоци от съществуващият сбор на времето за зелен сигнал за двата потока т.е.

$$t_31 : t_32 = N_{ср1} : N_{ср2};$$

- време за зеления сигнал, необходимо за преминаване на натрупалата се опашка от автомобили за всеки от потоците съгласно [3]. При тези времена опашката от автомобили ще успява да преминава на зелен сигнал за един цикъл $T_{ц}$;

За последователни стойности на зеления сигнал t_3 в определените му граници при избран брой цикли на работа на светофарната уредба за всеки от главните потоци се пресмята:

- дължината на опашката за цикъл, която в зависимост от интензивността на пристигане ($I_{при}$) и от интензивността на преминаване на автомобилите ($I_{пре}$), началната опашка (N_0) се увеличава или намалява с всеки последващ цикъл на светофарната уредба;

- пресмята се средната дължина на опашката ($N_{ср}$) за потока равна на сбора от стойностите на всички опашки разделен на броя на циклите за които се образуват.

Пресмятаната се извършват при запазване на постоянна стойност на сумата за зелените сигнали за двата потока при един и същ брой на циклите на светофарната уредба.

За всяка стойност на зеления сигнал се сумират средните дължини на опашките на двата главни потока, като за оптимално съотношение на зелените сигнали се избира това, при което сумата от средните дължини на опашките е минимална.

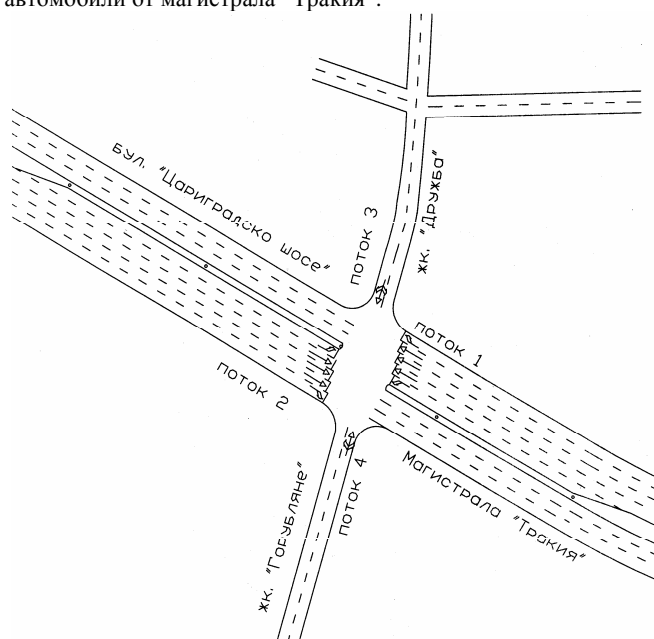
Извършва се проверка за очакваните опашки по второстепенните потоци образуващи се за времето на зелените

сигнали на главните потоци. В зависимост от резултата получените времена могат да се коригират или да се вземе решение за увеличаване продължителността на цикъла на светофарната уредба.

3. Резултати и дискусия

Разработената оптимизация е приложена за кръстовище в гр. София, кв. Дружба – пътния възел на „бул. Цариградско шосе“ и началото на магистрала „Тракия“ и връзката с жк. „Дружба“ и кв. „Горубляне“ (фиг. 1).

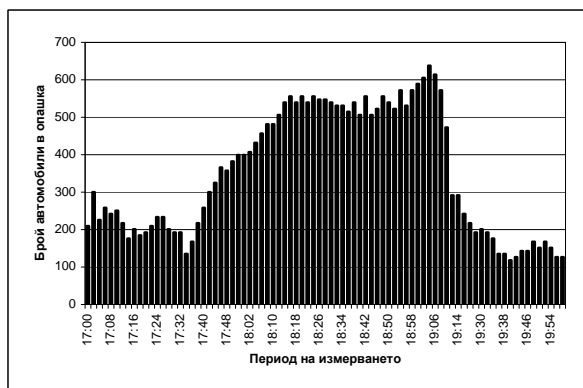
Работата на светофарната уредба е организирана с твърд режим, който не се изменя през целия ден. Устроени са четири фази, през които потоците от четирите направления се пропускат последователно един след друг с междинно време от 6 секунди. В неделя светофарният цикъл сменя продължителността на зеления сигнал за по-натовареното направление от магистрала „Тракия“, за сметка на по-слабо натовареното в същия ден от бул. „Цариградско шосе“. Независимо от това във вечерните периоди на денонощието в петък се образуват опашки от автомобили с голяма дължина на излизаци от София автомобили, а в неделя – на прибиращи се автомобили от магистрала „Тракия“.



Фиг. 1 Схема на разглежданото кръстовище в кв. Дружба, гр. София

В периода от май – юни 2009 г., в часовия интервал 17:00 – 20:00 часа са изследвани за всички потоци средните дължини на опашките, интензивността на пристигане на автомобилите; интензивността на преминаване на автомобилите през кръстовището при съществуващия светофарен цикъл.

Изменението на дължината на опашката на потока излизаци от София по бул. „Цариградско шосе“ в петък за периода от 17.00 до 20.00 часа е показан на фиг. 2.



Фиг. 2 Изменение на дължината на опашката на потока от бул. „Цариградско шосе“ в петък от 17.00 до 20.00 часа

В интервала от 17.00 до 18.00 часа в петък потокът с направление от „бул. Цариградско шосе“ е от порядъка на 300 автомобила и не се изменя значително. В интервала от 18.00 до 19.00 часа нараства постепенно до 638 автомобила и в интервала от 19.00 до 20.00 часа рязко намалява до 168 автомобила. Потокът със същото направление в неделя достига 135 броя автомобили, като в целия интервал този брой се изменя сравнително равномерно.

По същия начин в ден неделя потокът с направление от магистрала „Тракия“ в първата трета от преброяването опашката от автомобилите в постепенно се увеличава до 653. В интервала от 18.00 до 19.00 часа броя на чакащите автомобили не се изменя значително и в последния час от преброяването започва постепенно да намалява, като броят на автомобилите в опашките все още е доста голям – 504 автомобила. Потокът със същото направление в петък е многократно по-малък, достигайки до 265 броя автомобили в интервала от 17.00 до 18.00 часа, след което постепенно намалява до 92 автомобила и до 20.00 не се изменя съществено.

От изследването на потоците по останалите направления съответно от „ж.к. Дружба“ и от „кв. Горубляне“ в петък се установи, че броят на автомобилите е значително по-малък. Максималната стойност на чакащите автомобили от потока от „ж.к. Дружба“ достига 87 броя и в интервала от 19.00 до 20.00 часа автомобилите са 41. Броят на автомобилите в потока със същото направление в неделя от 17.00 до 20.00 часа достига едва 27 автомобила.

За потокът по направление от „кв. Горубляне“ е характерно, че в петък в интервала от 17.00 до 19.00 часа опашката от автомобилите достига 78, изменяйки се равномерно в много малки граници. В интервала от 19.00 до 20.00 часа тя постепенно намалява до 24 автомобила. В неделя потокът по същото направление не е толкова силно натоварен и се изменя сравнително равномерно, като чакащите автомобилите достигат 30 броя.

Интензивността на преминаване на автомобили през кръстовището по потоци е измерена чрез преброяване на автомобилите и времето за тяхното преминаване по време на зелен сигнал.

Интензивността на пристигане на автомобилите е измерена чрез преброяване на автомобилите, които пристигат към опашките на съответните потоци през три минутни интервали.

Средните стойности на измерените параметри са показани в таблица 1.

Пресмятанията са извършени по отделно за петък и неделя, за главните потоци от магистрала „Тракия“ и бул. „Цариградско шосе“. Определени се границите от времената за преминаване на цялата опашка и на основата на средната интензивност на пристигане и преминаване на автомобилите (Таблица 2). За интервала от 15секунди до 27 секунди за потока от магистрала „Тракия“ и от 44 секунди до 32 секунди за потока от бул. „Цариградско шосе“ са определени съотношенията, при които сумарните средни дължини на главните потоци са минимални (фиг. 3 и фиг. 4). Вижда се, че за петък съотношението на зелените сигнали трябва да бъде 23/36 секунди, а за неделя оптималното съотношение е 40/28 секунди съответно за потока от магистрала „Тракия“ и бул. „Цариградско шосе“.

При определения оптимален вариант на времената на зелен сигнал на главните потоци за петък се оказва, че при запазване продължителността на съществуващия цикъл на светофарната уредба от 121 секунди, времената на второстепенните потоци трябва да се намалят до 15.5 секунди, което е недостатъчно за тези потоци. Затова времето за цикъл от 121 секунди се увеличава на 127 секунди, при което се запазват съществуващите времена за второстепенните потоци.

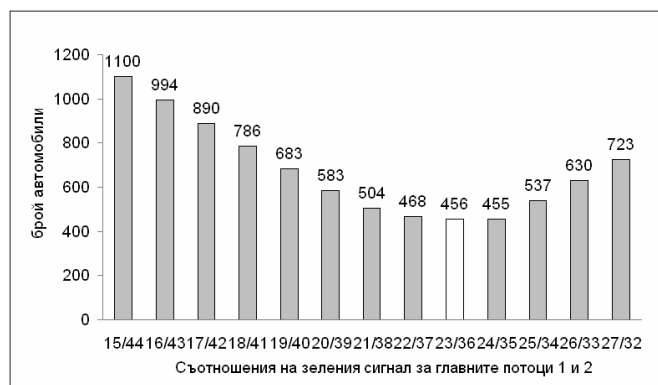
Оптималните времена за всички потоци на разглежданото кръстовище са показани в таблица 3.

Таблица 1

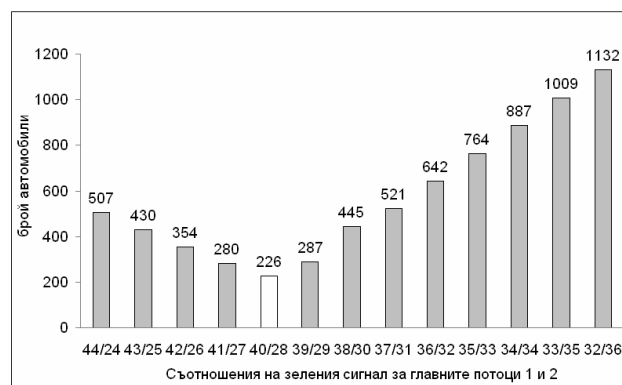
	Дименсия	Ден	Магистрала “Тракия”	Бул. “Цариградско шосе”	жк. “Дружба”	кв. “Горубляне”
Средна дължина на опашката	Бр.	Петък	72	352	56	50
		Неделя	456	103	16	14
Интензивност на пропускане	а/сек.	Петък	1,88	2,31	0,46	0,46
		Неделя	1,30	1,95	0,70	0,70
Интензивност на пристигане	а/сек.	Петък	0,35	0,67	0,08	0,08
		Неделя	0,61	0,29	0,08	0,08

Таблица 2

	Цикъл, сек.	Ден	Магистрала “Тракия”		Бул. “Цариградско шосе”		жк. “Дружба”		кв. “Горубляне”	
			тч, s	тз, s	тч, s	тз, s	тч, s	тз, s	тч, s	тз, s
Съществуващи времена	121	Петък	93	22	82	33	94	21	94	21
		Неделя	82	33	93	22	94	21	94	21
Времена за преминаване на цялата опашка	127	Петък	98	23	85	36	99	22	99	22
		Неделя	83	38	94	27	107	14	107	14
Пропорционални времена	127	Петък	106	15	77	44	99	22	99	22
		Неделя	77	44	106	15	99	22	99	22



Фиг. 3 Изменение на сумата на средните дължини на опашките за поток 1 и поток 2 за петък



Фиг. 4 Изменение на сумата на средните дължини на опашките за поток 1 и поток 2 за неделя

Таблица 3

	Цикъл, сек.	Ден	Магистрала “Тракия”		Бул. “Цариградско шосе”		жк. “Дружба”		кв. “Горубляне”	
			тч, s	тз, s	тч, s	тз, s	тч, s	тз, s	тч, s	тз, s
Оптимални времена	127	Петък	98	23	85	36	99	22	99	22
		Неделя	82	40	94	28	105	17	104	18

Чрез полученото решение за светофарната уредба се очаква намаляване броя на чакачи автомобили от потока от бул. "Цариградско шосе" в петък с около 60-70 автомобили, а на влизачите в София автомобили от магистрала "Тракия" в неделя се очаква опашката да се намали с около 300 автомобили. При това за потоците от жк. "Дружба" и кв. "Горубляне" средната опашка в петък се намалява до 37-38 автомобили и до 11-12 автомобили в неделя.

4. Заключение

Избраният критерий "сума на дължините на опашките" по направленията с големи транспортни потоци и метода за минимизацията им позволяват да се оптимизира продължителността на фазите на светофарните уредби.

Методът дава възможност да се оптимизират времената на светофарни уредби за периоди от време, през които има рязко нарастване на интензивността на някои от транспортните потоци.

Разработеният метод за оптимизация е необходима част от цялостен алгоритъм за пресмятане на времената на фази и цикли за кръстовища с циклични изменения на интензивността на входящите транспортни потоци.

Предложеното решение за продължителността на фазите на изследваното кръстовище ще подобри пропускателната му способност, ще се намали общото време за чакане, разхода на гориво на автомобилите и отделяните в атмосферата вредните емисии.

5. Литература

1. Гаврилов, А. Моделирование дорожного движения. М., Транспорт, 1980.
2. Златанов, И. Организация и безопасность на движението. С., Техника, 1980.
3. Оптимизиране на времената на фазите на сложно кръстовище в гр. София, доклади trans&MOTAUTO'08, Созопол, 2008.
4. Сотиров, Д. Проектиране на пътища. С., Техника, 1983.
5. Сытник, В. И др. Современные системы управления дорожным движением в городах. М., МАДИ, 1979.
6. Шештокас, В., Самойлов Д. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах. М., Транспорт, 1987.