

FRI-20.21-1-SITSTL-08

---

## TRAFFIC LIGHT SIGNAL TIME OPTIMIZATION FOR CROSSROAD IN CITY OF BOTEVGRAD<sup>1</sup>

---

### **Assoc. Prof. Durhan Saliev, PhD**

Department of Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport,  
Technical University of Sofia, Bulgaria  
Tel.: +359 (2) 965-2308  
E-mail: durhan\_saliev@tu-sofia.bg

### **Ass. Prof. Georgi Mladenov, PhD**

Department of Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport,  
Technical University of Sofia, Bulgaria  
Tel.: +359 (2) 965-2308  
E-mail: gmladenov@tu-sofia.bg

### **Aleksandar Tsakmanov, Student**

Department of Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport,  
Technical University of Sofia, Bulgaria  
Tel.: +359 (2) 965-2308  
E-mail: acakmanov@tu-sofia.bg

***Abstract:** The publication presents a study and subsequent optimization of the times of individual signals at a light-regulated intersection in the city of Botevgrad. The research conducted is imposed given the requirements of the optimization algorithm being used. The subsequent work and the achieved results show a significant improvement in the passage of transport flows through the studied intersection. The implementation of the optimized times for green signals guarantees the achievement of benefits of a different nature, consistent with the reduction of the waiting time of cars, the reduction of the travel time of the driver and passengers and others related to the amount of fuel used and the harmful emissions emitted of the cars.*

***Keywords:** Traffic flows, Traffic research, Traffic lights, Waiting time.*

## **ВЪВЕДЕНИЕ**

Придвижването на населението в градовете поставя изисквания свързани с осигуряване на възможните варианти за неговото осъществяване, които се отнасят до обществения и индивидуалния транспорт. Предпочитанията на пътуващите при избора на вида транспорт определя в голяма степен решенията на специалистите относно подобряване условията на движение. Това се осъществява в съответствие с повишените в последните години нужди предвид увеличаване на населението в градовете, което се допълва и от всекидневно пътуващите от съседни населени места до градовете с цел работа, повишената автомобилизация и други.

Основа за вземане на правилни решения в това отношение са данните, които е необходимо да се събират относно основните показатели на транспортните потоци (Todorov, T., 1982). Това е необходимо да се извършва на различни участъци от пътната мрежа, за които да се определя и възможностите за пропускане на движението във връзка с оценка и оптимизиране на времето за транспортни задръжки на кръстовища, независимо от вида на тяхното регулиране (Guler S., 2016).

Съвременните подходи за осъществяване на целите по отношение на намаляване на негативните последици от повишения брой придвижвания с автомобили в градовете

---

<sup>1</sup> Докладът е представен на пленарната сесия на 27 октомври 2023 в секция УИТСТЛ с оригинално заглавие на български език: ОПТИМИЗИРАНЕ ВРЕМЕНАТА НА СВЕТЛИННИТЕ СИГНАЛИ НА КРЪСТОВИЩЕ В ГРАД БОТЕВГРАД

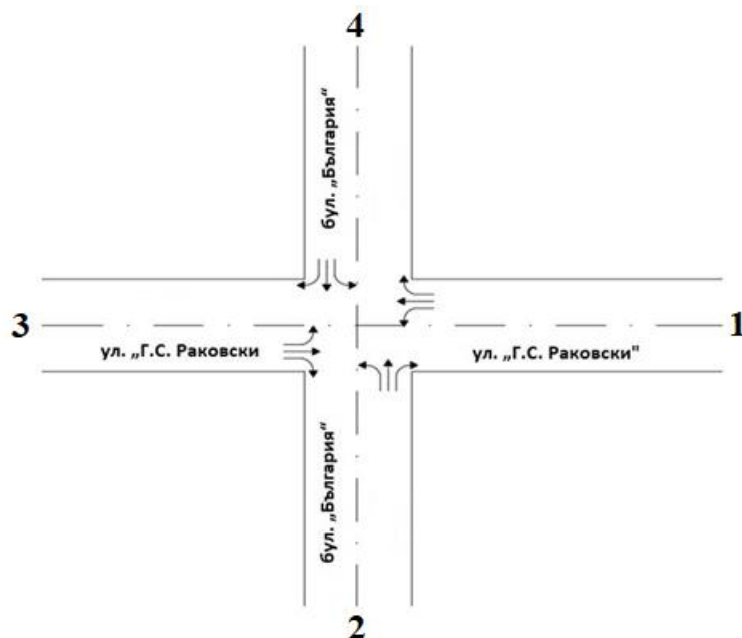
включват осъществяване на значителен по обем изследвания, анализ и оптимизиране на условията на протичане на движението, които да дадат възможност за прилагане в съответствие със съвременните постижения на науката и техниката. В световен мащаб се предлагат различни решения за управление на светлинно регулирани кръстовища с използването на мобилните средства за комуникация и обмен на информация (Kareem T., Jabbar M., 2018), изграждане на системи за управление на светофарни уредби посредством различни приложения (Fangzhou Q., Yang J., 2015) и разработени програмни продукти (Alaidi A., etc., 2020).

В тази насока е и настоящата публикация, която представя изследване и последваща оптимизация на времената на разрешаващите преминаването на транспортни потоци сигнали през светлинно регулирано кръстовище в град Ботевград. Използван е алгоритъм за оптимизация, подробно представен в дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“, защитен в Технически университет – София през 2013 година (Saliev D., 2013).

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Обект на изследване е едно от най-натоварените кръстовища на територията на град Ботевград. Това е четириклонното кръстовище образувано при пресичането на бул. „България“ и ул. „Георги Сава Раковски“. То се намира в непосредствена близост до центъра на града и индустриалната му зона, в която работят повече от 3 хиляди души, които освен от града пристигат и от съседни населени места.

Преминаването на транспортните потоци през кръстовището се регулира със светлинни сигнали. Схема на разглеждания участък от уличната мрежа и номерирането с цел обозначаване на транспортните потоци е показано на Фиг. 1. Всеки от клоновете на кръстовището е с по две ленти за движение – една за входящите и една за изходящите транспортни потоци, които са с ширина от по 4 метра.



Фиг. 1. Схема на кръстовището на бул. „България“ и ул. „Георги Сава Раковски“ в град Ботевград и обозначаване на транспортните потоци

След проведени предварителни наблюдения се установи, че по време на вечерните пикови периоди на денонощието, между 17:00 и 18:00 натоварването с автомобили на разглежданото кръстовище е голямо. За някои от потоците се образува опашка от автомобили с дължина, която пречи на нормалното функциониране на съседни кръстовища.

Това налага вземане на обосновани на науката решения относно подобряване условията на преминаване на автомобилите през кръстовището в изследвания период.

За целите на оптимизацията с използването на разработен алгоритъм за това е необходимо провеждане на изследвания за установяване на параметри за следните показатели на пътнотранспортното движение:

- Средните дължини на опашките за всички клонове;
- Режима на светлинно сигнално регулиране.

#### Изследване за установяване на дължините на опашките по клонове

Изследването за дължините на опашките включва преброяване на натрупалите се спрели автомобили при забраняващ преминаването сигнал на светофарната уредба до момент на преминаване към разрешаващ преминаването сигнал. Измерването е проведено в дните вторник и сряда, които не се различават съществено по стойностите на показателите на пътнотранспортното движение, в интервала от 17:00 до 18:00 часа. Стойностите за средни дължини на опашките по клонове са показани в Таблица 1.

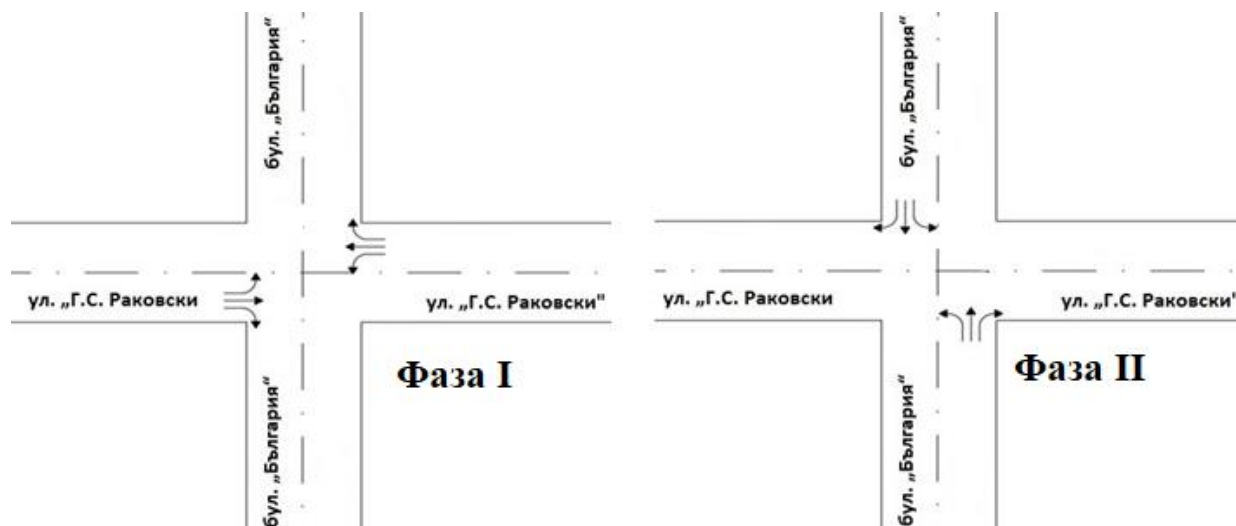
Таблица 1.

Стойности за средните дължини на опашките по клонове

Клон №	Средна дължина на опашката, бр.
1	5.05
2	10.7
3	6.925
4	9.95

#### Изследване за установяване на режима на светлинно сигнално регулиране

Наблюденията за режима на светлинно сигналното регулиране на кръстовището показват, че движението се пропуска в две фази (Фиг. 2) със съответна последователност продължителност на основните тактове, забранителни сигнали и междинни времена. Стойностите са показани в Таблица 2 и са онагледени на циклограмата, отнасяща се до пропускаването на транспортните потоци на Фиг. 3.

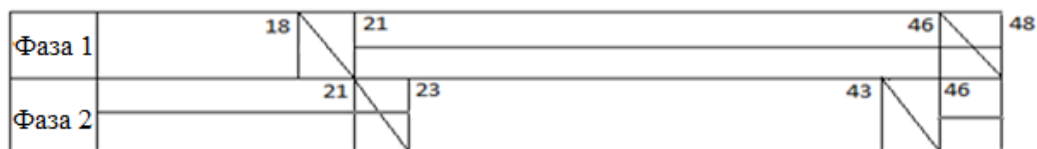


Фиг. 2. План на фазите на кръстовището на бул. „България“ и ул. „Георги Сава Раковски“ в град Ботевград

Таблица 2.

Продължителност на основните тактове, червени сигнали и междинните времена на разглежданото кръстовище

Фаза №	Продължителност на основните тактове, сек.	Продължителност на червен сигнал, сек.	Продължителност на междинно време, сек.
1	18	27	5
2	20	25	5



Фиг. 3. Циклограма на кръстовището на бул. „България“ и ул. „Георги Сава Раковски“ в град Ботевград

### Оптимизация на преминаването на транспортните потоци през кръстовището

Оптимизация на преминаването на транспортните потоци през кръстовището се осъществява с използването на алгоритъм за оптимизация на времената на фазите при пропускане на движението в две фази (Saliev D., 2013). Алгоритъмът изисква входни данни относно продължителността на червените сигнали и средните дължини на опашките, които се образуват по време на съответните фази.

Оптимизацията се извършва в рамките на продължителността на съществуващия цикъл на светофарната уредба, при което се отчита времето за промяна, с което разполагаме (разликата от времената за цикъл и сумата на междинните времена). Съобразно това се определя времето за чакане на кръстовището при възможните варианти на разпределение на времето за зелен сигнал в рамките на времето за промяна за отделните фази, които в този случай са 37. Стойностите са показани в Таблица 3 и са онагледени на Фиг. 4.



Фиг. 4. Време за чакане на кръстовището при различни варианти на разпределение на времето за зелените сигнали

Времена за чакане при различни варианти на разпределение на времето за зелените сигнали

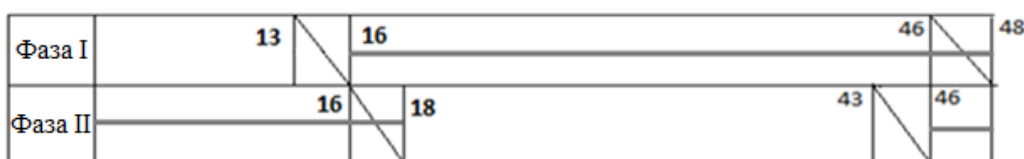
Вариант №	Време за чакане на потоците, преминаващи по време на Фаза I, сек.	Време за чакане на потоците, преминаващи по време на Фаза II, сек.	Общо време за чакане на кръстовището, сек.
1	0,4433	580,678	581,121
2	1,3293	550,116	551,445
3	2,6583	520,38	523,038
4	4,4303	491,47	495,900
5	6,6453	463,386	470,031
6	9,3033	436,128	445,431
7	12,4043	409,696	422,100
8	15,9483	384,09	400,038
9	19,9353	359,31	379,245
10	24,3653	335,356	359,721
11	29,2383	312,228	341,466
12	34,5543	289,926	324,480
13	40,3133	268,45	308,763
14	46,5153	247,8	294,315
15	53,1603	227,976	281,136
16	60,2483	208,978	269,226
17	67,7793	190,806	258,585
18	75,7533	173,46	249,213
19	84,1703	156,94	241,110
20	93,0303	141,246	234,276
21	102,333	126,378	228,711
22	112,079	112,336	224,415
23	122,268	99,12	221,388
24	132,900	86,73	219,630
25	142,574	75,567	219,141
26	155,493	64,428	219,921
27	167,454	54,516	221,970
28	179,858	45,43	225,288
29	192,705	37,17	229,875
30	205,995	29,736	235,731
31	219,728	23,128	242,856
32	233,904	17,346	251,250
33	248,523	12,39	260,913
34	263,585	8,26	271,845
35	279,090	4,956	284,046
36	295,038	2,478	297,516
37	311,429	0,826	312,255

Изчисленията показват, че вариантът с най-малко време за чакане на всички автомобили на кръстовището е № 25 при съществуващ вариант с № 20. Продължителността на отделните времена при оптималния вариант са показани в Таблица 4 и са онагледени с циклограмата, отнасяща се до транспортните потоци на Фиг. 5.

Таблица 4.

Продължителност на основните тактове, червени сигнали и междинните времена на разглежданото кръстовище след оптимизацията

Фаза №	Продължителност на зелен сигнал, сек.	Продължителност на червен сигнал, сек.	Продължителност на междинно време, сек.
1	13	30	5
2	25	18	5



Фиг. 5. Циклограма на кръстовището на бул. „България“ и ул. „Георги Сава Раковски“ в град Ботевград след оптимизацията

Постигнатото намаление на времето за чакане при оптимизирания вариант на продължителност на времената на отделните сигнали на светофарната уредба на разглежданото кръстовище се очаква да достигне стойности от около 100 часа в рамките на една година, което се отнася единствено до намалението за часовия диапазон на проведените изследвания от 17:00 до 18:00 часа. Това от своя страна ще доведе до ползи от друг характер, свързани с количеството на изразходваното гориво и отделяните вредни емисии в зоната на кръстовището обект на изследване и оптимизация.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от проведеното изследване и последващата оптимизация показват нуждата от прилагането им по отношение на промяна времената на съществуващите сигнали. Постигнатото намаление на времето за чакане се очаква да провокира реципрочно намаление на времената за пътуване, количеството на използваното гориво и отделяни вредни емисии от автомобилите, преминаващи през разглежданото кръстовище в град Ботевград.

## REFERENCES

Todorov, T. (1982). *Urban planning, urban traffic and street network*. Sofia: Tehnica, 51-52. (**Оригинално заглавие:** Тодоров, Т., 1982. *Градоустройство, градско движение и улици*. София: Издателство „Техника“.)

Ministry of Regional Development and Public Works. (2015). *Ordinance № 17 of July 23, 2001 on regulation of traffic on roads with light signals*, The State Gazette was published. No. 72 of August 17, 2001, as amended by the State Gazette No. 18 of March 5, 2004, as amended and supplemented by the State Gazette No. of 15 May 2015. (**Оригинално заглавие:** Министерство на регионалното развитие и благоустройството, 2015. *Наредба № 17 от 23 юли 2001 г. за регулиране на движението по пътищата със светлинни сигнали*, Обн. ДВ. бр.72 от 17 Август 2001г., изм. ДВ. бр.18 от 5 Март 2004 г., изм. и доп. ДВ. бр.35 от 15 Май 2015 г.) Available on 30.09.2021 at: <https://lex.bg/en/laws/ldoc/-549154303>.

Saliev D., (2013). *Modeling Of Road Traffic In Case Of Dangerous Occurrences*. Dissertation thesys. Technical university of Sofia, 2013 (**Оригинално заглавие:** Салиев, Д. Н, *Моделиране на пътнотранспортното движение при настъпване на аварийни ситуации*, Дисертация за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“, София, ТУ-София, 2013.)

Guler S., (2016). *Methodology for estimating capacity and vehicle delays at unsignalized multimodal intersections*. International Journal of Transportation Science and Technology, Volume 5 Issue 4, December 2016, Pages 257-267, <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2017.03.002>.

Kareem T., Jabbar M., (2018). *Design and Implementation Smart Traffic Light Using Gsm and Ir*, Iraqi Journal for Computers and Informatics Vol. [44], Issue [2], DOI:10.25195/2017/4423.

Fangzhou Q., Yang J., (2015). *Design and Implementation of Traffic Lights Control System Based on FPGA*, International Conference on Chemical, Material and Food Engineering (CMFE-2015).

Alaidi A., etc., (2020). *Design and Implementation of a Smart Traffic Light Management System Controlled Wirelessly by Arduino*, International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM) – eISSN: 1865-7923, Vol 14, No 07 (2020).

Ma D., etc., (2012). *A Method for Queue Length Estimation in an Urban Street Network Based on Roll Time Occupancy Data*, Mathematical Problems in Engineering, Special Issue: Modeling and Simulation in Transportation Engineering, <https://doi.org/10.1155/2012/892575>.