

RESEARCH OF THE MAIN INPUT PARAMETERS FOR THE IMPLEMENTATION OF COORDINATED LIGHTING CONTROL ¹

Илиян Андреев – докторант

Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“

Технически университет – София, България

Tel.: +359 (2) 985 11 608

E-mail: i.andreev@tu-sofia.bg

Резюме: *Пътното движение в големите градове е с неравномерна интензивност на транспортните потоци поради урбанизацията на нови площи, в които се изгражда нова транспортна мрежа. Тези постоянни промени създават предпоставки за интензивно движение в сутрешните и вечерните пикови часове. Това допълнително намалява пропускателната способност, защото заложените циклограми в светофарните уредби в голямата и част не се адаптират спрямо интензивността на движението, а са константа. За да се намалят задръжките и да се повиши пропускателната способност на транспортните потоци, е необходимо да се облекчи преминаването на транспортните потоци през светофарните уредби. Един от начините за повишаване на пропускателната способност на светлинно регулираните кръстовища е да се координират последователно светофарните уредби, така че да се осъществи преминаването на автомобилите през тях без задръжки. За тази цел е избрана отсечка в град София, на която да се определят основните входни параметри пропускателна способност и интензивност на транспортните потоци за разработване на алгоритъм за координирано светлинно регулиране.*

Ключови думи: *Транспортни потоци, Интензивност, Светофарни уредби, Задръжки, Пропускателна способност*

ВЪВЕДЕНИЕ

Интензивността I_a и пропускателната способност P са едни от основните параметри на транспортните потоци. Интензивността представлява броя на транспортните средства, които преминават през определено сечение на пътя за определено време.

Интензивността се характеризира с неравномерност. Интензивността на транспортните потоци е различна за часовете от денонощието, дните от седмицата и месеците от годината.

Пропускателната способност представлява максималното количество автомобили, които могат да преминат през определено сечение или даден участък от пътя за определено време. Пропускателната способност се влияе от метрологичните условия, състоянието на пътя, психофизиологичното състояние на водачите.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Измерване на интензивността и пропускателната способност на транспортните потоци, преминаващи през светлинно регулирани кръстовища

За целта на изследването е използвано безпилотно летателно средство (дрон) „DJI AIR 2S“ (Фиг. 1). Максималната му скорост на изкачване е 6 m/s в режими на управление S – спортен и N – нормален, максималната скорост на спускане е 6 m/s в режими S и N, максимално време на полет без вятър 31 минути, максимално време за висене без вятър 30 минути, максимална скорост на полета близо до морското равнище, без вятър 19 m/s при режим на управление S, 15 m/s при режим на управление N и 5 m/s при режим на управление T, устойчивост на вятър $8,5 \div 10,5$ m/s, максимален ъгъл на наклон 35° при режим S, максимална ъглова скорост $250^{o/s}$ – режим S и $90^{o/s}$ – режим N.

Безпилотното летателно средство е оборудвано с камера със сензор 1" CMOS, Ефективни пиксели: 20 MP, 2,4 μ m размер на пиксела. Видео резолюция 5,4K: 5472×3078 @ 24/25/30 fps,

¹ Докладът е представен на пленарната сесия на 25 октомври 2024г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОСНОВНИТЕ ВХОДНИ ПАРАМЕТРИ ЗА ВЪВЕЖДАНЕ НА КООРДИНИРАНО СВЕТИННО РЕГУЛИРАНЕ

4K Ultra HD: 3840×2160 @ 24/25/30/48/50/60 fps, 2,7K: 2688x1512 @ 24/25/30/48/50/60 fps, FHD: 1920×1080 @ 24/25/30/48/50/60/120 fps.

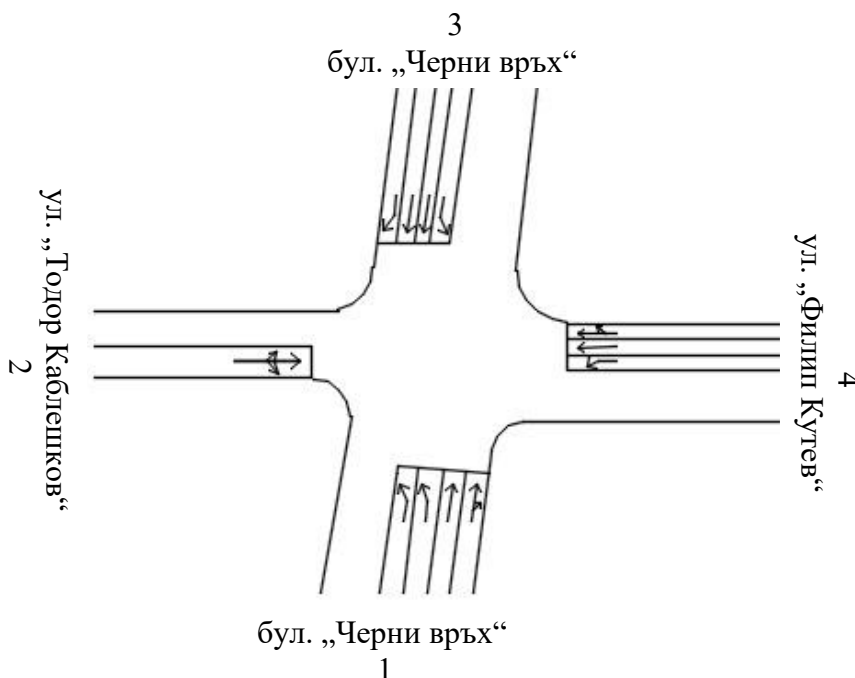


Фиг. 1. Безпилотно летателно средство „DJI AIR 2S“

Заснети са транспортните потоци в гр. София на ул. „Филип Кутев“. Заснемането е реализирано през месец август 2024 г. в часовия диапазон 08:00 ч. ÷ 09:00 ч. и 17:30 ч. ÷ 18:30 ч., когато движението е с най-висока интензивност и се образуват задръжки.

Кръстовището на бул. „Черни връх“ и ул. „Филип Кутев“ се състои от четири входящи улици. Платното за движение свързващо ул. „Тодор Каблешков“ и бул. „Черни връх“ се състои от една лента за движение.

За целите на изследването, транспортните потоци се обозначиха с номера на входовете и изходите на кръстовището, показано на Фиг. 2.



Фиг. 2. Схема на кръстовището на бул. „Черни връх“ и ул. „Филип Кутев“

Интензивността на автомобилите е измерена чрез преброяване на автомобилите от заснетите видеоматериали. Резултатите в приведени единици за час са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Интензивност по потоци [I_d], Е/час,

Вход №	Период на измерване	Интензивност [I_d], Е/час
1	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	1493,6
2	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	265,2
3	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	873,8
4	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	618,0
1	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	1266,2
2	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	239,2
3	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	1276,0
4	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	556,6

Пропускателната способност е определена от заснетите видеоматериали, както следва:

- Запомня се последният от спрелите автомобили в опашката, с включване на разрешаващия сигнал за потегляне се задейства хронометър, който се спира, когато последния от спрелите автомобили пресече с предната броня стоп линията;
- Ако по време на потеглянето на опашката се приближат и други автомобили и преминат заедно с опашката на зелен сигнал се включват към общия брой преминали;
- Ако опашката от втомобили е голяма и не може да се изтегли по време на зеления сигнал хронометърът се спира в края на зеления сигнал.

След извършване на измерванията се изчилява действителната пропускателна способност по следната формула:

$$S = \frac{3600}{n} \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{t_i}, \text{ Е/ч} \quad (1)$$

където:

- n – брой измервания;
- m_i – брой преминали приведени единици за всяко измерване;
- t_i – времето, за което преминават приведените единици m_i .

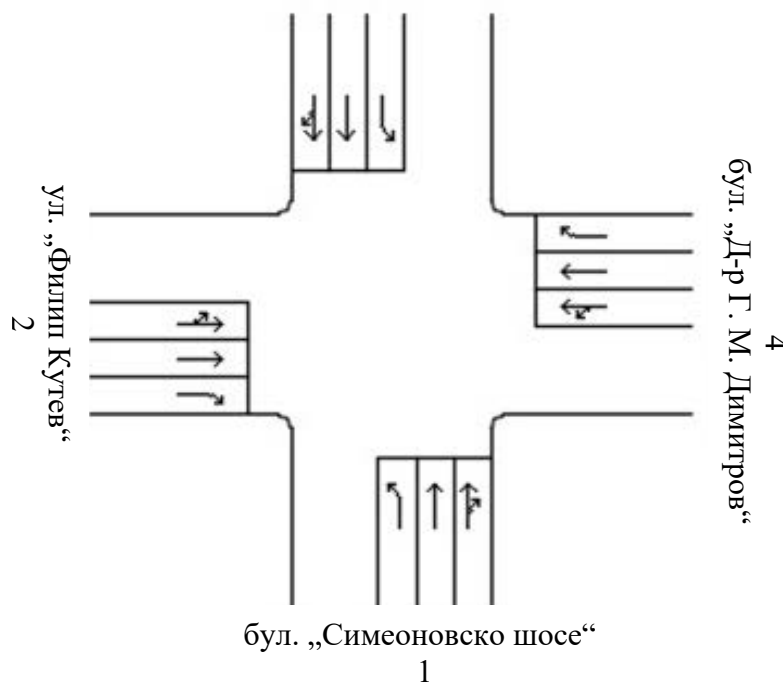
Действителната пропускателна способност на кръстовището на бул. „Черни връх“ и ул. „Филип Кутев“ е показана в Таблица 2.

Таблица 2. Пропускателна способност по потоци [P], Е/час

Вход №	Период на измерване	Пропускателна способност [P] Е/час
1	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	3612,81
2	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	1167,46
3	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	5004,45
4	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	3245,71
1	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	3093,64
2	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	1081,90
3	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	6488,78
4	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	2880,20

Кръстовището на бул. „Симеоновско шосе“ и ул. „Филип Кутев“ се състои от четири входящи улици с по три ленти за движение.

За целите на изследването, транспортните потоци се обозначиха с номера на входовете и изходите на кръстовището, показано на Фиг. 3.



Фиг. 3. Схема на кръстовището на бул. „Симеоновско шосе“ и ул. „Филип Кутев“

Експериментално установената интензивност на автомобилите в приведени единици за час е представена в Таблица 3.

Таблица 3. Интензивност по потоци [I_a], Е/час

Вход №	Период на измерване	Интензивност [I_a], Е/час
1	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	717,0
2	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	308,2
3	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	286,0
4	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	329,0
1	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	752,0
2	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	586,0
3	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	360,0
4	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	284,0

Действителната пропускателна способност на кръстовището на бул. „Симеоновско шосе“ и ул. „Филип Кутев“ е показана в Таблица 4.

Таблица 4. Пропускателна способност по потоци [P], Е/час

Вход №	Период на измерване	Пропускателна способност [P], Е/час
1	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	4098,98
2	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	3554,44
3	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	3010,07
4	08:00 ч. ÷ 09:00 ч.	2603,11
1	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	4684,62
2	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	4481,20
3	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	3767,77
4	17:30 ч. ÷ 18:30 ч.	2362,14

ИЗВОДИ

От извършеното изследване през месец август 2024 г. се установи, че на кръстовището на бул. „Черни връх“ и ул. „Филип Кутев“ интензивността е с най-висока стойност на вход 1.

Вход 3 има най-висока пропускателна способност, тъй като лентите за десен и ляв завой са отделни. Автомобилите завиващи на ляво и дясно не възпрепятстват автомобилите, преминаващи направо.

На кръстовището на бул. „Симеоновско шосе“ и ул. „Филип Кутев“ най-висока интензивност и пропускателна способност има вход 1.

Направеното изследване, постигнатите резултати и техният анализ се явяват основа на модел за определяне на параметрите при въвеждане на координирано светлинно регулиране.

REFERENCES

Saliev, D., Mladenov, G., Belchev, D. (2020). Traffic flows passage optimization through a light regulated crossroad in the town of Plovdiv, PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2020, volume 59.

Saliev, D., Mladenov, G., Tsakmanov, A. (2023). Traffic light signal time optimization for crossroad in city Botevgrad, PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2023, volume 62.

Saliev, D., Mladenov, G., Babcheva, S. (2021). Improving the passing conditions through a crossroads in the city of Sofia with high transport loads, PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2021, volume 60, book 4.2.

Signal timing on a shoestring, https://ops.fhwa.dot.gov/publications/signal_timing/03.htm (посетен на 25.09.2024).

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

Eom, M., Kim, BI. The traffic signal control problem for intersections: a review. Eur. Transp. Res. Rev. 12, 50 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00440-8> (посетен 01.10.2024).

Cesme, B., Urbanik II, T., (2021) Signal Coordination: Are We Really Coordinating For All Users, <https://www.kittelson.com/ideas/pros-and-cons-of-signal-coordination/> (посетен 02.10.2024).

<https://store.dji.bg/en/dji-air-2s-fly-more-combo.html> (посетен на 17.10.2024)

Madzharski, E., Saliev, D., Mladenov, G. (2016). Traffic and transportation modeling and analysis. Sofia: Publishing House on Technical University of Sofia, (Оригинално заглавие: Маджарски, Е., Салиев, Д., Младенов, Г., 2016. Моделиране и анализ на трафика и превози. София: Издателство на Технически университет – София).