

## МОДЕЛЬ ЧОТИРИФАЗНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПОТОКОМ

**Славич В. П.**, к.т.н., доцент кафедри транспортних систем і технічного сервісу Херсонського національного технічного університету, м. Херсон, Україна, e-mail: vslavich@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7882-4198;

**Савченко М. О.**, студент кафедри транспортних систем і технічного сервісу Херсонського національного технічного університету, м. Херсон, Україна, e-mail: maxsava2004@gmail.com.

*У статті представлено розробку математичної моделі спеціальної системи управління світлофорною сигналізацією дорожнього перехрестя транспортної мережі міста. Суть системи полягає в визначенні основних параметрів режимів світлофору в залежності від встановлених наперед критеріїв. В якості таких критеріїв у роботі приймаються наступні: 1) мінімальна пропускна здатність підходів до перехрестя, що визначається кількістю транспортних засобів, що здатна проїхати за час дозволеного сигналу світлофору – причому це значення є узагальненим для всіх підходів; 2) максимальне завантаження перехрестя, що визначається кількістю транспортних засобів, що накопичуються під час горіння заборонено сигналу світлофорної сигналізації, яке також є узагальненим для всіх підходів. Дані викладення доцільні до використання для будь-яких перехресть, для яких необхідно регулювати зазначені два параметри з метою покращення дорожньо-транспортної ситуації, а саме для випадків, коли на певному перехресті встановлені за замовчуванням параметри світлофорного управління не відповідають наявній інтенсивності автомобільного потоку, а також для випадків, коли при наявних параметрах відбувається зайве накопичення на одному чи на декількох підходах транспортних засобів, тобто приводе до заторних ситуацій. Дана модель запропонована для х-подібних перехресть зі встановленою 4-х фазною світлофорною системою управління. Така модель управління дозволить вирішувати дві важливі проблеми перехресть – невідповідну пропускну здатність та зменшення заторів.*

**Ключові слова:** транспортний потік; дорожній рух; перехрестя; система управління транспортним потоком; світлофорна сигналізація; пропускна здатність перехрестя; транспортна мережа.

**DOI: 10.33815/2313-4763.2024.1.28.196-204**

**Вступ.** Системи управління світлофорною сигналізацією можна поділити системи з так званим жорстким управлінням та системи, що здатні міняти свої параметри в залежності від вхідних умов [1, 2].

Жорстке управління – цей тип системи працює за заздалегідь встановленим розкладом. Сигнали світлофорів переключуються відповідно до фіксованого часового інтервалу, без урахування актуальних умов на дорозі (таких як інтенсивність трафіку або час доби). Жорстке управління часто використовується на малих перехрестях або там, де підсумковий трафік прогнозований і стабільний.

Інтелектуальне управління – цей тип системи здатний адаптуватися до змінюваних умов дорожнього руху. Він використовує різноманітні сенсори (такі як камери, петлі, акустичні датчики тощо) для збору даних про трафік і пішоходів. Ці дані аналізуються алгоритмами, які визначають оптимальний розклад світлофорних циклів з метою мінімізації заторів і часу очікування.

Інтелектуальні системи управління мають ряд переваг порівняно з жорсткими системами, таких як:

1) Оптимізація трафіку. Інтелектуальне управління може значно зменшити час очікування і затори, оскільки реагує на поточні умови.

2) Енергоефективність. Зменшення часу роботи світлофорів при низькому трафіку дозволяє зменшити споживання енергії.

3) Адаптація до змін. Інтелектуальні системи можуть швидко адаптуватися до змін у трафіку в реальному часі, забезпечуючи більш гнучке управління.

Тому інтелектуальне управління світлофорами можна вважати більш передовим та ефективним рішенням, особливо в умовах густого міського трафіку і великої кількості перехресть.

**Постановка проблеми.** Однією з проблем міських перехресть у випадку жорсткого управління є такий параметр, як кількість транспортних засобів, що встигає проїжджати за час горіння дозволеного сигналу світлофора. Цей параметр є важливим для ефективності роботи світлофора. Цей параметр може бути критичним у міських умовах, де велика кількість автомобілів може утворювати затори, якщо час, присвячений руху, недостатній для відведення всім транспортним засобам.

При жорсткому управлінні світлофорами важливо забезпечити, щоб час, виділений на рух автомобілів, був достатнім для того, щоб уникнути заторів і забезпечити плавний рух транспорту. Це може вимагати ретельного налаштування часів циклів світлофорів, урахування пікових навантажень і взаємодії з іншими світлофорами на маршруті.

Тому розроблення та впровадження систем управління транспортним потоком на перехресті, що дозволяють враховувати кількість транспортних засобів, що встигає проїжджати за час горіння дозволеного сигналу світлофора, є важливою задачею. Збалансоване управління світлофорами дозволяє оптимізувати рух транспорту в місті, знижувати викиди вуглецю та час очікування, сприяючи загальній ефективності транспортної інфраструктури.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У сучасний період існують різноманітні методи інтелектуального управління світлофорною сигналізацією. Аналіз наукових робіт українських [6–8, 14, 15] та закордонних [9–13] дослідників, присвячених цій проблемі, вказує на застосування різних підходів та методів регулювання транспортного руху на перехрестях у різних країнах.

Проблеми оптимізації режимів світлофорного регулювання досліджувалися як вітчизняними, так і закордонними вченими, зокрема В. П. Поліщуком, В. І. Єресовим, О. П. Дзюбою, Ю. О. Кременцем, М. П. Печерським, Є. Ю. Форнальчиком, М. С. Фішельсоном, В. Т. Капітановим, Є. О. Рейценом, а також Ф. Вебстером, Х. Іносе, Т. Хамадою та іншими дослідниками.

Слід зазначити, що в проаналізованих роботах не зустрічаються моделі управління транспортним потоком на перехресті, яка б могла змінювати режими управління під зазначені вище критерії – наперед заданої фіксованої кількості автомобілів, яка має встигнути проїхати за час дозволеного сигналу, та наперед заданого фіксованого числа автомобілів, більше за яке не має їх накопичуватися за час забороненого сигналу, в умовах 4-фазного регулювання на перехресті. Розробці такої моделі і буде присвячено дану роботу.

**Мета та задачі дослідження.** Мета цієї роботи полягає в створенні такої моделі управління світлофорною сигналізацією на міському перехресті, яке має класичну х-подібну конфігурацію, та на якому встановлено 4-х фазний режим управління, яка може змінювати параметри робочого режиму світлофору відповідно до двох наступних критеріїв – заданої наперед фіксованої кількості автомобілів, які можуть проїхати за час горіння дозволеного сигналу, та максимального завантаження перехрестя, що визначається кількістю транспортних засобів, що накопичуються під час горіння забороненого сигналу світлофорної сигналізації.

Зазначена параметр кількості машин на практиці встановлюється експериментально для певного перехрестя, виходячи з задач, які необхідно вирішити. Наприклад, коли на одному підході (чи декількох) встановлені параметри сигналізації не відповідають наявній інтенсивності транспортного потоку. Тому застосування подібної системи дозволить вирішувати зазначену проблему дорожнього руху.

**Виклад основного матеріалу.** Нехай задане деяке транспортне перехрестя, що має х-подібну конфігурацію, з чотирма підходами до нього.

Кожний підхід має транспортний потік зі своїми власними характеристиками. Перехрестя управляється світлофорною сигналізацією зі встановленими на нею 4-х фазним режимом управління.

У даній роботі буде розглядатися саме 4-х фазна система, коли для кожного з наявних потоків надається окрема фаза регулювання. Випадки 2-х фазних систем управління авторами розглядатиметься в інших наукових роботах.

Для моделювання буде застосовано клітинковий спосіб [3, 4, 5], коли транспортна мережа представляє собою сукупність клітинок, по яким переміщуються автомобілі. Цей спосіб моделювання приблизний, але з певною точністю здатен відображати процес для встановлення взаємозв'язків між його параметрами.

Цей метод є досить поширеним у транспортних моделях для аналізу потоків та оптимізації роботи світлофорів.

До основних принципів клітинкового моделювання транспортної мережі можна віднести наступні:

1. Клітинкова структура. Транспортна мережа поділяється на клітинки (або сегменти), через які рухаються транспортні засоби. Кожна клітина може мати власні характеристики, такі як довжина, максимальна ємність, середня швидкість руху тощо.

2. Потік автомобілів. Кожен підхід до перехрестя моделюється як вхідний потік автомобілів, що надходить до перехрестя через відповідні вхідні клітинки.

3. Фази світлофора. Для кожного напрямку руху задаються фази світлофора, які регулюють рух автомобілів через вихідні клітинки (виходи перехрестя).

4. Управління світлофором. Часові інтервали фаз світлофора розподіляються таким чином, щоб максимізувати потік або мінімізувати затори в системі, враховуючи обмеження ресурсів (наприклад, часу світлофорних циклів).

Процес моделювання:

1. Ініціалізація. Початкові умови встановлюються для кожної клітинки (вхідні і вихідні потоки, максимальні швидкості, ємності).

2. Рух автомобілів. Автомобілі переміщуються між клітинками відповідно до заданих правил (наприклад, залежно від поточної швидкості та довжини клітинки).

3. Світлофорне управління. Залежно від поточного часу інтервалів фаз світлофора, автомобілі з вхідних клітинок вибирають напрямок руху через перехрестя.

4. Оцінка продуктивності. Збираються дані про потік автомобілів через виходи перехрестя, середні часи очікування і пропускні здатності для кожного напрямку.

Важливі аспекти:

1. Керування оптимізацією. Мета моделювання – знайти оптимальні параметри світлофорів (час фаз, послідовність фаз), які максимізують пропускну здатність або знижують середні часи очікування.

2. Валідація моделі. Модель потребує валідації через порівняння прогнозованих результатів з реальними даними або іншими відомими моделями.

Тому клітинковий підхід до моделювання транспортного перехрестя дозволяє досліджувати і покращувати ефективність роботи світлофорної системи з урахуванням різних потоків автомобілів. Це важливий інструмент для планування міської інфраструктури та розвитку транспортних систем.

Наступним кроком введемо необхідні вхідні параметри моделі зазначеного транспортного перехрестя:

$\Delta t$  – час, за який один транспортний засіб переміщується на одну клітинку мережі (секунди);

$I_1$  – інтервали між транспортними засобами відповідно для першого підходу перехрестя (секунди);

$I_2$  – інтервали між транспортними засобами відповідно для другого підходу перехрестя (секунди);

$I_3$  – інтервали між транспортними засобами відповідно для третього підходу перехрестя (секунди);

$I_4$  – інтервали між транспортними засобами відповідно для четвертого підходу перехрестя (секунди);

$k_1$  – кількість клітинок від початку мережі до центру перехрестя для першого підходу (одиниць);

$k_2$  – кількість клітинок від початку мережі до центру перехрестя для другого підходу (одиниць);

$k_3$  – кількість клітинок від початку мережі до центру перехрестя для третього підходу (одиниць);

$k_4$  – кількість клітинок від початку мережі до центру перехрестя для четвертого підходу (одиниць).

Введемо змінний параметр  $m$  – кількість транспортних засобів, що має проїхати перехрестя за час горіння дозволеного сигналу.

Для виведення подальших залежностей побудуємо схему руху транспортних засобів на одному з підходів перехрестя (рис. 1).

1	$\Delta t_0$	1													
2	$\Delta t_1$		1												
3	$\Delta t_2$			1											
4	$\Delta t_3$				1										
5	$\Delta t_4$	2				1									
6	$\Delta t_5$		2				1								
7	$\Delta t_6$			2				1							
8	$\Delta t_7$				2				1						
9	$\Delta t_8$	3				2				1					
10	$\Delta t_9$		3				2				1				
11	$\Delta t_{10}$			3				2					1		
12	$\Delta t_{11}$				3				2						
13	$\Delta t_{12}$	4				3				2					
14	$\Delta t_{13}$		4				3				2				
15	$\Delta t_{14}$			4				3					2		

Рисунок 1 – Схема руху машин на дозволений сигнал світлофора на одному з підходів перехрестя

Зафіксуємо номери машин та розглянемо проаналізуємо динаміку їх переміщення та положення в мережі в фіксовані часові проміжки.

У початковий момент часу в системі з'являється перший автомобіль у крайній клітинці та починає рухатись зі швидкістю одна клітинка за час  $\Delta t$ .

Введемо наступні функції:

$T_1^d(i; m)$  – тривалість дозволеної фази в залежності від кількості транспортних засобів, що зможе проїхати перехрестя за час горіння дозволеного сигналу, де  $i$  – номер підходу перехрестя,  $i = \overline{1,4}$ .

$T_1^z(i; m)$  – тривалість забороненої фази в залежності від кількості транспортних засобів, що зможе проїхати перехрестя за час горіння дозволеного сигналу, де  $i$  – номер підходу перехрестя,  $i = \overline{1,4}$ ;

$T_1^p(m)$  – тривалість світлофорного циклу в залежності від кількості транспортних засобів, що зможе проїхати перехрестя за час горіння дозволеного сигналу.

Тоді виходячи з наведеної схеми, можна отримати наступні залежності для кожного з підходів:

$$\begin{cases} T_1^d(1; m) = ((k_1 + 1) + (m - 1) \cdot I_1) \cdot \Delta t \\ T_1^d(2; m) = ((k_2 + 1) + (m - 1) \cdot I_2) \cdot \Delta t \\ T_1^d(3; m) = ((k_3 + 1) + (m - 1) \cdot I_3) \cdot \Delta t \\ T_1^d(4; m) = ((k_4 + 1) + (m - 1) \cdot I_4) \cdot \Delta t \end{cases}$$

Очевидно, що тривалості заборонених фаз будуть визначатися наступною системою:

$$\begin{cases} T_1^z(1; m) = T_1^d(2; m) + T_1^d(3; m) + T_1^d(4; m) \\ T_1^z(2; m) = T_1^d(1; m) + T_1^d(3; m) + T_1^d(4; m) \\ T_1^z(3; m) = T_1^d(1; m) + T_1^d(2; m) + T_1^d(4; m) \\ T_1^z(4; m) = T_1^d(1; m) + T_1^d(2; m) + T_1^d(3; m) \end{cases}$$

Тоді повний світлофорний цикл визначається за допомогою наступного виразу:

$$T_1^p(m) = \sum_{i=1}^4 T_1^d(i; m) = \sum_{i=1}^4 (((k_i + 1) + (m - 1) \cdot I_i) \cdot \Delta t).$$

Тепер розглянемо визначення параметрів світлофорного регулювання в залежності від довжини черги, що накопичилась на червоній фазі.

Введемо змінний параметр  $n$  – кількість транспортних засобів, що накопичується на підході перехрестя за час горіння забороненого сигналу.

Для виведення подальших залежностей побудуємо схему накопичення транспортних засобів на одному з підходів перехрестя (рис. 2).

Введемо наступні функції:

$T_2^z(i; n)$  – тривалість світлофорної фази в залежності від кількості транспортних засобів, що накопичується за час горіння забороненого сигналу, де  $i$  – номер підходу перехрестя,  $i = \overline{1,4}$ .

$T_2^d(i; n)$  – тривалість дозволеної фази в залежності від кількості транспортних засобів, що накопичується за час горіння забороненого сигналу, де  $i$  – номер підходу перехрестя,  $i = \overline{1,4}$ ;

$T_2^p(n)$  – тривалість світлофорного циклу в залежності від кількості транспортних засобів, що накопичується за час горіння забороненого сигналу.



$$T_2^p(n) = \sum_{i=1}^4 T_2^z(i; n) = \sum_{i=1}^4 ((I_i - 1) \cdot n \cdot \Delta t).$$

**Висновки.** Таким чином, у роботі запропоновано розробку моделі управління світлофорною сигналізацією міського перехрестя, яка може змінювати свої параметри роботи в залежності від поставлених вхідних умов.

Такою умовою є пропускна здатність дозволеної фази світлофорного регулювання, коли в залежності від обраної для певного перехрестя величини кількості транспортних засобів, що має встигати проїхати за час горіння дозволеного сигналу, підбирається оптимальна її тривалість.

Також, такою умовою є тривалість забороненої фази, світлофорного регулювання, коли її час горіння підбирається таким чином, щоб на підходах до перехрестя не накопичувалось транспортних засобів більше встановленого фіксованого значення.

Дана модель запропонована для х-подібних перехресть зі встановленою 4-х фазною світлофорною системою управління.

Така модель управління дозволить вирішувати дві важливі проблеми перехресть – невідповідну пропускну здатність та зменшення заторів.

**Перспективи подальших досліджень.** Проведені дослідження показали необхідність удосконалення системи управління світлофорною сигналізацією міських перехресть. Запропонована модель застосовується для окремого перехрестя, що підлягає дослідженню і оптимізації.

У подальшому планується розширення моделі та застосування для випадків перехресть зі встановленою 2-х фазною світлофорною системою управління, що здатна буде охоплювати не тільки одне перехрестя, але й цілу групу взаємопов'язаних перехресть, які будуть групуватися за різними ознаками, наприклад, самим логічним – сусіднім розташуванням.

Це дозволить покращити стан дорожнього руху не тільки на локальних ділянках, але й на транспортній мережі в цілому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Єресов В. І. Особливості розрахунку режимів світлофорного регулювання при здійсненні управління за сигнальними групами / В. І. Єресов, В. Е. Трушевський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. № 4(3). С. 9–13.
2. Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху / за заг. ред. В. П. Поліщука; О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін. К., 2014. 467 с.
3. Славич В. П., Дербеденєв А.В. Модель функціонування транспортного затору та визначення часу його подолання // Вісник ХНТУ. 2019. №2(69). С. 169–173.
4. Славич В. П. Модель визначення довжини черги транспортних засобів при заданих параметрах світлофорного регулювання // Проблеми інформаційних технологій. 2014. №02(016). С. 122–124.
5. Славич В. П., Лівандовський В. С. Модель системи управління світлофорною пішохідною сигналізацією // Комунальне господарство міст. 2021. Т. 6, №166. С. 227–231.
6. Трушевський В. Е. Особливості корекції елементів циклу світлофорного регулювання з метою гарантування безпеки руху пішоходів / В. Е. Трушевський, С. В. Грицай // Автошляховик України. 2014. № 5. С. 20–22.
7. Форнальчик Є. Ю. Техніко-технологічний аналіз регульованих перехресть з магістральними вулицями / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. Луцьк : ЛНТУ, 2014. № 46. С. 558–564.
8. Шевченко В. В. Обґрунтування ефективного напрямку розвитку систем світлофорного управління з жорсткими циклами регулювання // Вісник машинобудування та транспорту, 2022. Том 16 №2. С. 110–119.
9. Farzaneh M. Modeling traffic dispersion [Text] / M. Farzaneh, H. Rakha / Virginia Polytechnic Institute and State University. November 2005. 139 p.

10. Sacks G. Impact of front-of-pack ‘traffic-light’ nutrition labelling on consumer food purchases in the UK [Текст] / G. Sacks, M. Rayner, B. Swinburn // Health promotion international. 2009. Vol. 24, Issue 4. P. 344–352.
11. Tubaishat M. Adaptive traffic light control with wireless sensor networks / M. Tubaishat, Y. Shang, H. Shi // Proceedings of IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2007. P. 187–191.
12. Zabyshnyi Y. O. Influence of exhaust for air condition in cities / Y. O. Zabyshnyi, Y. M. Semchuk, V. M. Melnyk, B. V. Dolishniy // The scientific heritage. – Hungary, VOL 1, No 3 (3) (2016). P. 28–34.
13. Yu. L. Real-Time Calibration of Platoon Dispersion Model to Optimize the Coordinated Traffic Signal Timing in ATMS Networks / L. Yu. – Texas, Texas Southern University, June 1999. 51.
14. Fornalchyk Ye. The saturation flow volume as a function of the intersection passing speed / Ye. Fornalchyk, I. Mohyla, V. Hilevych // International Scientific Journal «Transport Problems». – 2013. Vol. 8. Issue 3. pp. 43–51.
15. Fornalchyk Ye. The influence of dynamic characteristics of vehicles on the passenger car equivalent and traffic delay / Ye. Fornalchyk, I. Mohyla, V. Hilevych // An International Quarterly Journal «ECONTECHMOD». 2015. Vol. 4. No. 2. pp. 45–50.

## REFERENCES

1. Yeresov, V. I. (2014). Peculiarities of the calculation of traffic light control modes when controlling by signal groups / V. I. Yeresov, V. E. Trushevskiy // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal передовых технологии. No. 4(3). P. 9–13.
2. Polishchuk, V. P. (2014). Organization and regulation of road traffic / by. general ed. V. P. Polishchuk; O. O. Bakulich, O. P. Dzyuba, V. I. Yeresov and others. K., 467 p.
3. Slavich, V. P., Derbedenev, A. V. (2019). The model of traffic jam functioning and determination of the time to overcome it // Bulletin of KhNTU. 2019. No. 2(69). P. 169–173.
4. Slavich, V. P. (2014). A model for determining the length of a queue of vehicles with given parameters of traffic light regulation // Problems of information technologies. No. 02(016). P. 122–124.
5. Slavich, V. P., Livandovskiy, V. S. (2021). A model of the traffic light pedestrian signaling control system // Communal management of the city. Vol. 6, No. 166. P. 227–231.
6. Trushevskiy, V. E. (2014). Peculiarities of the correction of elements of the cycle of traffic light regulation in order to guarantee the safety of pedestrian traffic / V. E. Trushevskiy, S. V. Hrytsai // Highway of Ukraine. No. 5. P. 20–22.
7. Fornalchyk, E. Y. (2014). Technical and technological analysis of regulated intersections with main streets / E. Yu. Fornalchyk, V. V. Gilevich // Scientific notes: interuniversity collection. – Lutsk: LNTU, No. 46. P. 558–564.
8. Shevchenko, V. V. (2022). Justification of the effective direction of the development of traffic light control systems with rigid regulation cycles // Bulletin of Machine Engineering and Transport, Volume 16. No. 2. pp. 110–119.
9. Farzaneh, M. (2005). Modeling traffic dispersion / M. Farzaneh, H. Rakha / Virginia Polytechnic Institute and State University. November. 139 p.
10. Sacks, G. (2009). Impact of front-of-pack ‘traffic-light’ nutrition labelling on consumer food purchases in the UK / G. Sacks, M. Rayner, B. Swinburn // Health promotion international. 2009. Vol. 24, Issue 4. P. 344–352.
11. Tubaishat, M. (2007). Adaptive traffic light control with wireless sensor networks / M. Tubaishat, Y. Shang, H. Shi // Proceedings of IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2007. P. 187–191.



12. Zabyshnyi, Y. O. (2016). Influence of exhaust for air condition in cities / Y. O. Zabyshnyi, Y. M. Semchuk, V. M. Melnyk, B. V. Dolishniy // The scientific heritage. Hungary, VOL 1, No 3 (3) (2016). P. 28–34.

13. Yu. L. (1999). Real-Time Calibration of Platoon Dispersion Model to Optimize the Coordinated Traffic Signal Timing in ATMS Networks / L. Yu. – Texas, Texas Southern University. 51.

14. Fornalchyk, Ye. (2013). The saturation flow volume as a function of the intersection passing speed / Ye. Fornalchyk, I. Mohyla, V. Hilevych // International Scientific Journal «Transport Problems». Vol. 8. Issue 3. pp. 43–51.

15. Fornalchyk, Ye. (2015). The influence of dynamic characteristics of vehicles on the passenger car equivalent and traffic delay / Ye. Fornalchyk, I. Mohyla, V. Hilevych // An International Quarterly Journal «ECONTECHMOD». Vol. 4. No. 2. pp. 45–50.

**Slavych V. P., Savchenko M. O. MODEL OF A FOUR-PHASE TRAFFIC FLOW MANAGEMENT SYSTEM**

*The article presents the development of a mathematical model of a special traffic light signaling control system of a road intersection of the city's transport network.*

*One of the problems of urban intersections in the case of strict management is such a parameter as the number of vehicles that manage to pass during the time when the permitted traffic light signal is burning. This parameter is important for the efficiency of the traffic light. This parameter can be critical in urban environments, where a large number of cars can create traffic jams if the time dedicated to traffic is not sufficient to accommodate all vehicles. The essence of the system is to determine the main parameters of the traffic light modes depending on the pre-established criteria. As such criteria, the following are accepted in the work: 1) the minimum passing capacity of the approaches to the intersection, which is determined by the number of vehicles that can pass during the time of the permitted traffic light signal - and this value is generalized for all approaches; 2) the maximum loading of the intersection, which is determined by the number of vehicles accumulating during the burning of the prohibited traffic signal, which is also generalized for all approaches. These explanations are suitable for use at any intersections for which it is necessary to adjust the specified two parameters in order to improve the traffic situation, namely for cases when the traffic light control parameters set by default at a certain intersection do not correspond to the existing intensity of traffic flow, as well as for cases when, under the available parameters, there is excessive accumulation on one or several approaches of vehicles, that is, it leads to traffic jams. This model is proposed for x-shaped intersections with an installed 4-phase traffic light control system. Such a management model will allow solving two important problems of the intersection - inadequate bandwidth and reducing congestion.*

**Key words:** traffic flow; road traffic; intersection; traffic flow control system; traffic signal; intersection capacity; transport network.

© Славич В. П., Савченко М. О.

Статтю прийнято до редакції 20.06.2024