

В. П. СЛАВИЧ, М. О. САВЧЕНКО

КРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Існують різноманітні методи управління світлофорною сигналізацією на перехрестях, які ґрунтуються на різних принципах та критеріях для зміни режимів регулювання потоками автомобільного транспорту. Сучасні системи управління світлофорною сигналізацією включають в себе методи, які можуть автоматично змінювати параметри світлофорного циклу відповідно до передбачених вхідних умов. Створення та впровадження таких моделей управління регульованими перехрестями та їх складовими є актуальною задачею, яка допомагає вирішувати різні проблеми дорожнього руху. У даній роботі запропоновано розробку моделі системи управління світлофорною сигналізацією на міському перехресті з класичною х-подібною конфігурацією, що має чотири підходи до нього. На перехресті встановлена стандартна двофазна система світлофорного регулювання, яка може адаптувати основні параметри своєї роботи відповідно до заданого критерію управління, такого як попередньо визначена фіксована кількість автомобілів, що накопичується під час періоду забороненого сигналу на світлофорі. Така система стане особливо важливою для перехресть, де потрібно встановити обмежене накопичення автомобілів для одного або усіх доступних підходів. Введення такого штучного обмеження допоможе вирішити проблему заторів на перехресті. У випадку, коли за класичними параметрами світлофорного регулювання за період забороненого сигналу накопичується велика кількість автомобілів, запропонована система управління допоможе регулювати довжину накопиченої черги в залежності від необхідних параметрів для певних перехресть.

Ключові слова: автотранспортний потік, дорожній рух, перехрестя, система управління транспортним потоком, світлофорна сигналізація, пропускання здатність перехрестя, транспортна мережа.

V. SLVYCH, M. SAVCHENKO

CRITERION MODEL OF MOTOR VEHICLE TRAFFIC MANAGEMENT

There are various methods of controlling traffic lights at intersections, which are based on different principles and criteria for changing modes of traffic flow regulation. Modern traffic light control systems include methods that can automatically change the parameters of the traffic light cycle in accordance with the provided input conditions. The creation and implementation of such management models of regulated intersections and their components is an urgent task that helps to solve various traffic problems. This paper proposes the development of a model of a traffic light control system at an urban intersection with a classic x-shaped configuration, which has four approaches to it. A standard two-phase traffic light control system is installed at the intersection, which can adapt the main parameters of its operation according to a given control criterion, such as a predetermined fixed number of cars accumulating during the period of the prohibited signal at the traffic light. Such a system will be particularly important for intersections where a limited accumulation of cars must be established for one or all available approaches. Introducing such an artificial restriction will help solve the problem of traffic jams at the intersection. In the case when a large number of cars accumulates during the prohibited signal period according to the classic parameters of traffic light regulation, the proposed control system will help regulate the length of the accumulated queue depending on the necessary parameters for certain intersections.

Key words: motor vehicle flow, road traffic, intersection, traffic flow control system, traffic signal, intersection capacity, transport network.

Вступ.

Серед сучасних систем управління світлофорною сигналізацією дорожніх перехресть є такі, що можуть автоматично змінювати параметри світлофорного циклу відповідно до певних наперед заданих вхідних умов. Розробка та впровадження таких моделей управління регульованими перехрестями та їх окремих елементів є важливим і актуальним завданням, що сприяє розв'язанню певних проблем дорожнього руху, особливо заторів, що виникають на перехресті під час очікування автомобілями на заборонений сигнал світлофорної сигналізації.

Зазначені системи управління світлофорною сигналізацією дорожніх перехресть можуть бути оснащені інтелектуальними алгоритмами, які аналізують поточну ситуацію на дорозі за допомогою датчиків руху, камер спостереження та інших сенсорів.

В свою чергу це дозволяє системі автоматично реагувати на зміни в трафіку та перехрестях і оптимізувати роботу світлофорів, мінімізуючи час очікування автомобілями на світлофорі

через виявлення нагальності дорожньої ситуації. Такий підхід допомагає покращити рух транспорту, зменшити затори та збільшити загальну безпеку дорожнього руху.

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

В наш час існують різні методи інтелектуального управління автомобільним транспортом через світлофорну сигналізацію.

Аналіз робіт закордонних та вітчизняних дослідників, присвячених даній проблемі, показав, що в різних країнах застосовуються різні прийоми та методи регулювання транспортного руху на перехресті.

Проблеми оптимізації режимів світлофорного регулювання розглядали вітчизняні та іноземні науковці, зокрема В. П. Поліщук, О. П. Дзюба, Ю. О. Кременець, М. П. Печерський, Д. С. Самойлов, М. С. Фішельсон, Б. М. Четверухін, В. Т. Капітанов, Є. О. Рейцен, Ф. Вебстер, Х. Іносе, Т. Хамада [1–14] та ін.

Мета та постановка задачі.

Метою роботи є розробка моделі управління світлофорною сигналізацією, яка здатна змінювати параметри режиму роботи світлофору в залежності від наступного критерію: встановленої наперед фіксованої кількості автомобілів, що накопичиться під час горіння забороненого сигналу світлофора.

Викладення основного матеріалу досліджень.

Розглянемо класичне Х образне перехрестя, застосуємо до нього дискретну клітинкову модель, тоді перехрестя буде представляти собою сукупність клітинок по яким рухаються автомобілі, причому кожна клітинка буде мати два стани, які відповідно будуть позначатися пустою клітинкою, якщо в ній автомобіль не знаходиться, та зафарбованою клітинкою, якщо автомобіль в ній знаходиться (рис.1).

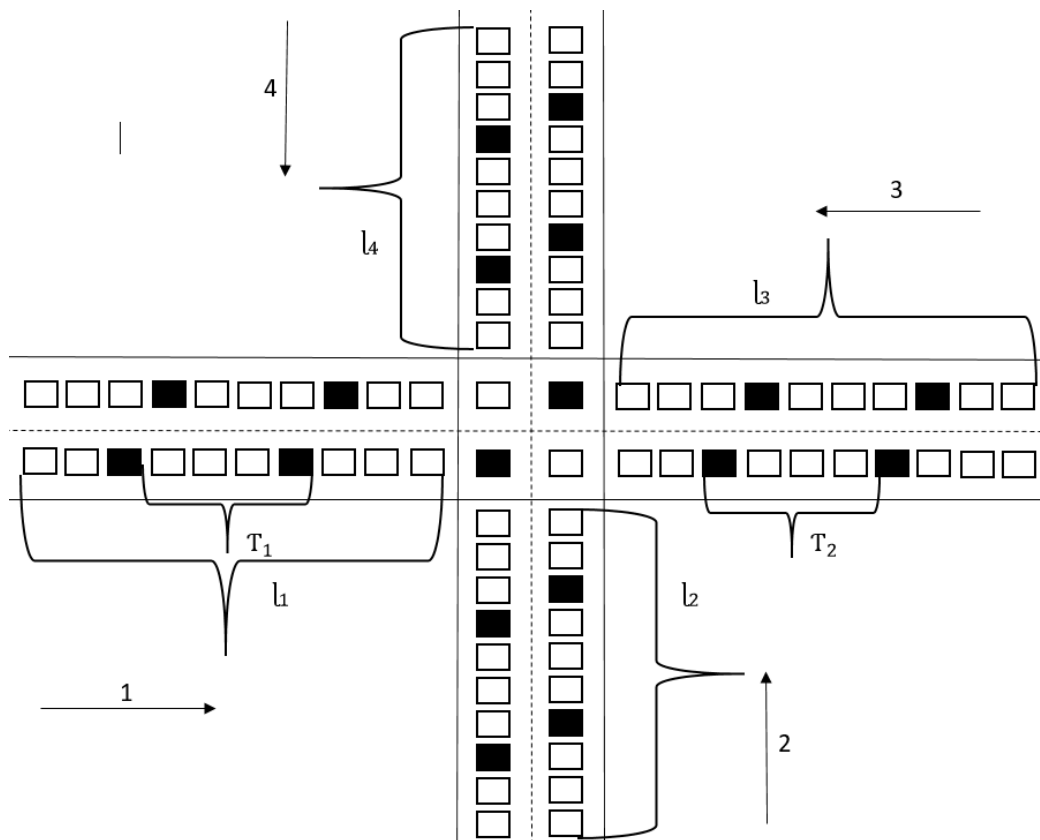


Рис. 1 – Дискретна модель перехрестя

Перехрестя має чотири підходи, в кожному з них прибувають автомобілі з різною частотою.

Перехрестя є регульованим, на ньому встановлено світлофорну сигналізацію, яка в рамках даної моделі буде працювати в класичному двофазному режимі.

Вхідні параметри даної моделі представлено в табл.1.

Таблиця 1 – Вхідні параметри моделі

Позначення	Опис	Одиниця виміру
Δt	Час, за який в систему перехрестя прибуває один новий автомобіль (усереднений для кожного з підходів до перехрестя)	Секунди
T_1	Середній часовий інтервали між сусідніми машинами для підходу 1 перехрестя	Секунди
T_2	Середній часовий інтервали між сусідніми машинами для підходу 2 перехрестя	Секунди
T_3	Середній часовий інтервали між сусідніми машинами для підходу 3 перехрестя	Секунди
T_4	Середній часовий інтервали між сусідніми машинами для підходу 4 перехрестя	Секунди
l_1	Відстань (в кількостях клітин) від початку мережі до перехрестя для підходу 1 перехрестя	Одиниць
l_2	Відстань (в кількостях клітин) від початку мережі до перехрестя для підходу 2 перехрестя	Одиниць
l_3	Відстань (в кількостях клітин) від початку мережі до перехрестя для підходу 3 перехрестя	Одиниць
l_4	Відстань (в кількостях клітин) від початку мережі до перехрестя для підходу 4 перехрестя	Одиниць

Визначимо тривалість горіння червоного сигналу світлофора в залежності від параметру p – кількості автомобілів, що накопичиться на заборонений сигнал, причому буде застосовуватись для будь-якого з наявних чотирьох підходів.

Для виведення взаємозв'язків моделі для початку побудуємо допоміжну схему руху автомобілів.

Зафіксуємо з рис. 1 перехрестя тільки ту його частину, що буде відповідати за перший підхід.

Схема буде представляти собою часові зміни положення автомобілів в системі перехрестя.

Інтервал часу між рядками дорівнює Δt , тобто часу за який автомобілі зміщуються на одну клітинку.

В початковий момент часу перші три автомобіля з'являються в системі, після чого з кожним рядком відбувається переміщення і накопичення нових автомобілів.

Згідно цієї схеми знаходимо подальші залежності.

1	Δt_0	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Δt_1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Δt_2	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Δt_3	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Δt_4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Δt_5	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Δt_6	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Δt_7	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Δt_8	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Δt_9	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Δt_{10}	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Δt_{11}	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Δt_{12}	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Δt_{13}	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Δt_{14}	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Δt_{15}	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Δt_{16}	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Δt_{17}	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Δt_{18}	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Δt_{19}	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рис. 2 – Схема руху машин

Для виведення тривалості забороненої фази для першого підходу спочатку розраховуємо значення її тривалості для пропуску першого автомобіля, тобто $T_q^1(p)$. Воно буде дорівнювати довжині підходу плюс додаткова клітинка, яку автомобіль має проїхати до стоп лінії перехрестя:

$$T_q^1(p) = (T_1 - 1)$$

Наступним кроком розрахуємо аналогічне значення тривалості фази для другого автомобіля.

Очевидно, що воно буде більше за попереднє значення $T_q^1(p)$ на величину Δt_1 .

Далі розмірковуючи таким чином видно, що кожне наступне значення буде відрізнятися від попереднього на величину відстані між автомобілями Δt_1 , тоді для довільного значення p формула буде мати вигляд:

$$T_q^1(p) = (T_1 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_1 \quad (1)$$

Розмірковуючи далі за тим самим принципом виводимо аналогічні залежності для 2,3,4 напрямків.

Вони матимуть наступний вигляд:

$$T_q^2(p) = (T_2 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_2$$

$$T_q^3(p) = (T_3 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_3$$

$$T_q^4(p) = (T_4 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_4$$

Тоді для визначення остаточної тривалості забороненої фази вибираємо максимуми з напрямків 1-3 та 2-4, тоді параметри світлофорного регулювання будуть визначатися системою:

$$\begin{cases} T_q^{1-3}(p) = \max [T_q^1(p); T_q^3(p)] \\ T_q^{2-4}(p) = \max [T_q^2(p); T_q^4(p)] \end{cases} \quad (2)$$

Таким чином, остаточні значення забороненої фази будуть знаходитися з наступних виразів:

$$\begin{cases} T_q^{1-3}(p) = T_q^{2-4}(p) \\ T_q^{2-4}(p) = T_q^{1-3}(p) \end{cases}$$

Отже, повний світлофорний цикл визначається сумою знайдених вище тривалостей фаз:

$$T_q = (p)T_q^{1-3}(p) + T_q^{2-4}(p) \quad (3)$$

Або якщо в (3) повернутися до початкових вхідних параметрів, тоді отримаємо остаточної залежність для визначення світлофорного циклу:

$$T_q(p) = \max [(T_1 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_1; (T_3 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_3] + \max [(T_2 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_2; (T_4 - 1) \cdot p \cdot \Delta t_4] \quad (4)$$

Висновки.

Таким чином, в роботі пропонується модель управління світлофорною сигналізацією, яка може адаптувати параметри режиму роботи світлофору в залежності від зазначеної наперед фіксованої кількості автомобілів, що накопичується під час забороненого сигналу світлофорної сигналізації, на будь-якому з підходів перехрестя. Це особливо важливим є для таких перехресть, на яких необхідно встановити обмежене значення зазначеної кількості автомобілів для одного певного напрямку або всіх підходу, що в свою чергу сприятиме зменшенню заторних ситуацій. Введення такого штучного обмеження допоможе вирішити проблему заторів на перехресті. У випадку, коли за класичними параметрами світлофорного регулювання за період забороненого сигналу накопичується недоцільно велика кількість автомобілів, запропонована система управління допоможе регулювати довжину накопиченої черги в залежності від необхідних параметрів для досліджуваних перехресть.

Список літератури:

1. Гаврилов Е.В. Організація дорожнього руху [Текст] / Е. В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля. – К.: Знання України, 2007. – 452 с.
2. Єресов В.І. Конфліктні ситуації та безпека руху пішоходів [Текст] / В. І. Єресов, Я. В. Рябець // Безпека дорожнього руху України. Науково-технічний вісник. – 2001. – № 2 (10). – С. 24–30.
3. Левковець П. Р., Сергійчук І. М., Сергійчук А. І. Удосконалення керування рухом автотранспортних засобів. Вісник Національного транспортного університету. 2006. № 11. С. 236–239.
4. Павленко О.В., Шрамепко Н.Ю., Северін О.О., Горбачов П.Ф., Калініченко О.П. Математичні методи оптимізації транспортних процесів: навчальний посібник. – Харків: Видавництво ЗНАДУ, 2008. – 204 с.
5. 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.
6. Славич В.П., Дербеденев А.В. Модель функціонування транспортного затору та визначення часу його подолання // Вісник ХНТУ. – 2019. - №2(69). – С. 169 – 173.
7. Славич В.П. Модель визначення довжини черги транспортних засобів при заданих параметрах світлофорного регулювання // Проблеми інформаційних технологій. – 2014. - №02(016). – С.122 – 124.
8. Чернобаев Н.С. Алгоритм определения оптимальных параметров координированного управления транспортными потоками / Н.С. Чернобаев, Л.С. Абрамова, И.С. Бугаев // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2004. - №25. – С. 114 – 118.
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. Dolishnyi // The scientific heritage. – Hungary, VOL 1, No 3 (3) (2016). – P. 28-34.
13. Wasson J. Reconciled Platoon Accommodation at Traffic Signals / J. Wasson, M. Abbas, D. Bullock, A. Rhodes, C. Zhu. – Indianapolis, December 1999. — 217.
14. 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.

References (transliterated):

1. Havrylov E.V. Orhanizatsiia dorozhnoho rukhu [Tekst] / E. V. Havrylov, M.F. Dmytrychenko, V.K. Dolia. – K.: Znannya Ukrainy, 2007. – 452 s.
2. Ieresov V.I. Konfliktni sytuatsii ta bezpeka rukhu pishokhodiv [Tekst] / V. I. Yeresov, Ya. V. Riabets // Bezpeka dorozhnoho rukhu Ukrainy. Naukovo-tekhnichnyi visnyk. – 2001. – № 2 (10). – S. 24–30.
3. Levkovets P. R., Serhiichuk I. M., Serhiichuk A. I. Udoskonalennia keruvannia rukhom avtotransportnykh zasobiv. Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. 2006. № 11. S. 236–239.
4. Pavlenko O.V., Shramepko N.Iu., Severin O.O., Horbachov P.F., Kalinichenko O.P. Matematychni metody optymizatsii transportnykh protsesiv: navchalnyi posibnyk. – Kharkiv: Vydavnytstvo ZNADU, 2008. – 204 s.
5. Polishchuk V.P. Orhanizatsiia ta rehuliuвання dorozhnoho rukhu / za. zah. red. V. P. Polishchuka; O. O. Bakulich, O. P. Dziuba, V. I. Yeresov ta in. – K., 2014. — 467 s.
6. Slavych V.P., Derbedeniev A.V. Model funktsionuvannia transportnoho zatoru ta vyznachennia chasu yoho podolannia // Visnyk KhNTU. – 2019. - №2(69). – S. 169 – 173.
7. Slavych V.P. Model vyznachennia dovezynny cherhy transportnykh zasobiv pry zadanykh parametrah svitloforneho rehuliuвання // Problemy informatsiinykh tekhnolohii. – 2014. - №02(016). – S.122 – 124.
8. Chernobaev N.S. Alhorytm opredeleniia optymalnykh parametrov koordynirovannoho upravleniia transportnykh potokamy / N.S. Chernobaev, L.S. Abramova, Y.S. Buhaev // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu. – 2004. - №25. – S. 114 – 118.
9. Farzaneh M. Modeling traffic dispersion / 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 / 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. Dolishnyi // The scientific heritage. – Hungary, VOL 1, No 3 (3) (2016). – P. 28-34.
13. Wasson J. Reconciled Platoon Accommodation at Traffic Signals [Text] / J. Wasson, M. Abbas, D. Bullock, A. Rhodes, C. Zhu. – Indianapolis, December 1999. — 217.
14. 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.

Надійшла (received) 18.09.2024 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Славич В'ячеслав Петрович (Slavych Viacheslav) – кандидат технічних наук, доцент, Херсонський національний технічний університет, доцент кафедри транспортних систем і технічного сервісу; м. Херсон, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7882-4198>; e-mail: vslavich@ukr.net.

Савченко Максим Олександрович (Savchenko Maksym) – Херсонський національний технічний університет, студент кафедри транспортних систем і технічного сервісу; м. Херсон, Україна; e-mail: maxsava2004@gmail.com.