

## ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ МІСТА МАРІУПОЛЯ

*Розглядається основні підходи до розробки і моделювання автоматизованої системи керування (АСК) транспортними потоками міста Маріуполя. Показано, що найбільш раціонально підвищувати ефективність дорожнього руху на магістралях міста шляхом поступового впровадження АСК. Спочатку розробляються і впроваджуються локальні засоби для жорсткого регулювання руху. Потім локальні засоби для гнучкого керування рухом в залежності від параметрів транспортних потоків, які з рештою об'єднуються у систему жорсткого координованого управління транспортними потоками на окремих магістралях або на невеликих ділянках дорожніх мереж. Після цього розробляється і впроваджується АСК транспортними потоками міста з оптимізацією пропускної здатності основних магістралей міста.*

*Розробка АСК транспортними потоками передбачає вибір структури системи, визначення і розрахунок режимів функціонування, уточнення складу обладнання, розміщення чутливих елементів детекторів транспорту, розробку схем з'єднання пристроїв, складання посадових інструкцій, розрахунок кількості запасних виробів, розробку вимог до інженерної частини системи.*

*Структурно АСК являє собою сукупність упорядкованих прийомів керування і взаємопов'язаних елементів, що реалізують ці прийоми. Основними складовими, ефективно діючої АСК, є:*

- комплекс технічних засобів;
- програмне (математичне) забезпечення;
- організаційне забезпечення.

*Обов'язкові для даної стадії розробка і затвердження технічного завдання на структурно-алгоритмічну частину системи. На основі технічного завдання розробляється проект і робоча документація АСК. Після впровадження у дію АСК виконується її налагодження і здача в експлуатацію.*

*В процесі роботи АСК на основі накопиченої при її роботі інформації, проводиться її вдосконалення шляхом розробки і реалізації адаптивних методів керування транспортними потоками на великих міських територіях. Така система, володіючи розвиненим інформаційно-вимірвальним і керуючим обчислювальним комплексом, здійснює безперервний контроль параметрів транспорту і автоматичну оптимізацію управління транспортними потоками на всій території міста. Для оптимізації транспортних потоків використовуються фактичні дані про величину затримок транспортних засобів (ТЗ) одержаних в процесі роботи АСК. Впровадження АСК транспортними потоками міста Маріуполя дасть суттєвий економічний ефект.*

**Ключові слова:** транспортні потоки, автоматизована система, структура, дорожній рух, транспортна інфраструктура, адаптивне регулювання, АСКДР, дорожній контролер, функції контролерів, детектори транспорту.

### Постановка проблеми

Більшість великих міст України має вуличну та дорожню мережу, яка не відповідає збільшеній інтенсивності дорожнього руху. Рішення даної проблеми можливе при застосуванні ефективних методів організації дорожнього руху. Ці методи повинні

використовувати сучасні теоретичні дослідження транспортних потоків у місті та відповідні технічні засоби. На практиці це повинно реалізуватись у вигляді застосування автоматизованих систем керування (АСК) транспортними потоками міста. Основними завданнями організації руху є максимальне збільшення пропускної здатності перехресть, транспортної мережі, магістралей; скорочення часу проїзду транспортних засобів між окремими районами, магістралями, вулицями міста; зменшення транспортних затримок у перехрестях.

Знаходження оптимального режиму управління є складним завданням, при вирішенні якої необхідно враховувати зв'язок режиму роботи перехрестя з суміжними йому. Для вирішення завдань необхідно розробити алгоритми керування потоками транспортних засобів (ТЗ) та впровадити відповідні автоматизовані системи керування (АСК) дорожнім рухом.

**Аналіз досягнень.** Існує кілька рішень проблем в організації та керуванні дорожнім рухом: організація простору для паркування, будівництво об'єктів вулично-дорожньої мережі, вдосконалення організації дорожнього руху шляхом впровадження автоматизованої системи управління дорожнім рухом (АСКДР) [1].

Одним з реалізованих великих європейських проектів для менеджменту широкої міської області був мюнхенський проект COMFORT, який був започаткований у 1991 р. Це був перший проект, який координував транспорт в центрі міста з урахуванням планування мережі автомагістралей в околицях міста. Залежно від оцінки стану транспортних потоків у місті активізуються елементи інформаційної та навігаційної систем в околиці міста. Керуючі алгоритми оцінюють рівень транспорту, оптимізують роботу, визначають прогноз розвитку транспортної навантаження направляють транспортні засоби з області, в якій створюються затори [2].

Використання інформаційних та навігаційних систем в рамках європейських проектів можна показати на прикладі таких міст:

- Брістоль (CONCERT): TFIS для кращого використання системи Park and Ride;
- Брюссель (CAPITALS): TFIS як складова частина вищестоящої системи управління транспортними потоками в тунелях на внутрішньому кільці міста;
- Лондон (CLEOPATRA): визначення впливу TFIS при виявленні місць ДТП на вибір водіями шляху руху по мережі залізниць та ефективність транспорту в мережі;
- Ліон (CLEOPATRA): інформаційна стратегія для TFIS в автоматичному режимі при використанні даних, отриманих на основі вимірювань, що проводяться на мережі доріг;
- Мюнхен (TABASCO): TFIS для Park and Ride;
- Пірей (COSMOS): стратегія зміни напрямку руху транспортних потоків в районі морського порту;
- Саутгемптон (EUROSCOPE): інтегроване виявлення місць ДТП і управління стоянками;
- Турин (CLEOPATRA): стратегія TFIS разом зі стратегією управління транспортними потоками в місті [2].

### **Постановка задачі**

Розглянути основні підходи до розробки автоматизованої системи керування транспортними потоками міста Маріуполя, проаналізувати декілька варіантів структури такої системи шляхом імітаційного моделювання на основі вхідних даних та отримання заданих значень вихідних даних.

### **Основна частина**

Найбільш раціонально підвищувати ефективність дорожнього руху на магістралях міста шляхом поступового впровадження АСК. Спочатку розробляються і впроваджуються локальні засоби для жорсткого регулювання руху. Потім локальні засоби для гнучкого

керування рухом в залежності від параметрів транспортних потоків, які з рештою об'єднуються у систему жорсткого координованого управління транспортними потоками на окремих магістралях або на невеликих ділянках дорожніх мереж. Після цього розробляється і впроваджується АСК транспортними потоками міста з оптимізацією пропускну здатності основних магістралей міста.

Структурно АСК являє собою сукупність упорядкованих прийомів керування і взаємопов'язаних елементів, що реалізують ці прийоми. Основними складовими, ефективно діючої АСК, є:

- комплекс технічних засобів;
- програмне (математичне) забезпечення;
- організаційне забезпечення.

Розробка АСК транспортними потоками передбачає вибір структури системи, визначення і розрахунок режимів функціонування, уточнення складу обладнання, розміщення чутливих елементів детекторів транспорту, розробку схем з'єднання пристроїв, складання посадових інструкцій, розрахунок кількості запасних виробів, розробку вимог до інженерної частини системи. Обов'язкові для даної стадії розробка і затвердження технічного завдання на структурно-алгоритмічну частину системи [3]. Структурно-алгоритмічна частина системи передбачає вибір структури системи, визначення і розрахунок режимів функціонування, уточнення складу обладнання, розміщення чутливих елементів детекторів транспорту, розробку схем з'єднання пристроїв, складання посадових інструкцій, розрахунок кількості запасних виробів, розробку вимог до інженерної частини системи. На основі технічного завдання розробляється проект і робоча документація АСК. Після впровадження у дію АСК виконується її налагодження і здача в експлуатацію.

В процесі роботи АСК на основі накопиченої при її роботі інформації, проводиться її вдосконалення шляхом розробки і реалізації адаптивних методів керування транспортними потоками на великих міських територіях [4]. Така система, володіючи розвиненим інформаційно-вимірювальним і керуючим обчислювальним комплексом, здійснює безперервний контроль параметрів транспорту і автоматичну оптимізацію управління транспортними потоками на всій території міста.

Для оптимізації транспортних потоків використовуються фактичні дані про величину затримок транспортних засобів (ТЗ) [5]:

$$S = \frac{t_{kp}^2 * \lambda}{2} \quad (1)$$

де  $t_{kp}$  - тривалість червоного сигналу, с;

$\lambda$  - інтенсивність руху [авт. / год].

Загальна затримка ТЗ на перехресті:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \quad (2)$$

де  $S_i$  - затримка на  $i$ -м напрямку руху.

Значення загальної затримки  $S$  служить для того, щоб порівняти транспортні потоки при однаковому часі проїзду і кількості зупинок (як правило, з різними циклами управління).

Метою введення координованого управління є мінімізація затримок транспортних засобів на перехрестях [6]. Для цього потрібно мінімізувати час затримки автомобілів на кожному окремо взятому перехресті. Час затримки автомобілів  $f_i$  на  $i$ -му перехресті в [6] пропонується розраховувати згідно залежності:

$$f_i \int_0^t I_i - 1 * \left[ t_{kpi} + \frac{I_{i-1} * \tau}{C_i} - \tau \right] d\tau \quad (3)$$

де  $I_{i-1}$  – інтенсивність транспортного потоку, що надходить з моменту закінчення зеленої фази, авт./с;

$t_{kpi}$  – тривалість забороняючого сигналу світлофора, с;

$C_i$  – інтенсивність розвантаження черги, авт./с.

Теоретичними дослідженнями і практичними результатами було показано, що ефективне функціонування АСК, може дати:

- збільшення середньої швидкості поїздки - 18-21 %;
- скорочення часу затримок- 22-40 %;
- скорочення часу повідомлень- 10-25 %;
- скорочення кількості зупинок - 30-60 %;
- скорочення кількості ДТП-8-20 %;
- скорочення площі зони підвищеного зносу дорожнього покриття - 10-20 %;
- зниження витрат на бензин - 10-15 %;
- зниження викидів окису вуглецю (CO) - 15-25 %.

Таким чином, впровадження розглянутої АСК транспортними потоками міста Маріуполя може дати суттєвий економічний та екологічний ефект.

## ВИСНОВКИ

1. Розробку і впровадження автоматизованої системи (АСК) транспортними потоками міста Маріуполя необхідно проводити поступово - від локальних систем жорсткого регулювання до централізованої адаптивної АСК.

2. Математичне забезпечення АСК повинно використовувати сучасні теоретичні і експериментальні дослідження транспортних потоків міста.

3. Результати теоретичних і практичних досліджень показали, що впровадження АСК транспортними потоками міста Маріуполя повинно дати суттєвий економічний та екологічний ефект.

### Список використаних джерел:

1. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, М. В. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
2. Жанказиев, С. В. Мировой опыт становления и развития региональных ИТС / С. В. Жанказиев, Т. В. Воробьёва // Вестник ГЛОНАСС. – 2013. – 17 Июля. – Режим доступа: [http://vestnik-glonass.ru/stati/mirovoy\\_opyt\\_stanovleniya\\_i\\_razvitiya\\_regionalnykh\\_its/](http://vestnik-glonass.ru/stati/mirovoy_opyt_stanovleniya_i_razvitiya_regionalnykh_its/)
3. Корн, Г. Справочник по математике для научных сотрудников и инженеров / Г. Корн., Т. Корн. – М.: Наука, 1970. – 839 с.
4. Печерский, М. П. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / М. П. Печерский, Б. Г. Хорович. – М.: Транспорт, 1979. – 176 с.
5. Системы и средства автоматизированного управления дорожным движением в городах / Е. Б. Хилажев, В. С. Соколовский, М. В. Гурулёв, Я. И. Зайденберг. – М.: Транспорт, 1984. – 183 с.
6. Капитанов, В. Т. Управление транспортными потоками в городах / В. Т. Капитанов, Е. Б. Хилажев. – М.: Транспорт, 1985. – 94 с.

**ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ ГОРОДА МАРИУПОЛЯ**

*Рассматриваются основные подходы к разработке и моделирования автоматизированной системы управления (АСУ) транспортными потоками города Мариуполя. Показано, что наиболее рационально повышать эффективность дорожного движения на магистралях города путем постепенного внедрения АСУ. Сначала разрабатываются и внедряются локальные средства для жесткого регулирования движения. Затем локальные средства для гибкого управления движением в зависимости от параметров транспортных потоков, с остальными объединяются в систему жесткого координированного управления транспортными потоками на отдельных магистралях или на небольших участках дорожных сетей. После этого разрабатывается и внедряется АСК транспортными потоками города с оптимизацией пропускной способности основных магистралей города.*

*Разработка АСУ транспортными потоками предусматривает выбор структуры системы, определение и расчет режимов функционирования, уточнение состава оборудования, размещения чувствительных элементов детекторов транспорта, разработку схем соединения устройств, составление должностных инструкций, расчет количества запасных изделий, разработку требований к инженерной части системы. Структурно АСК представляет собой совокупность упорядоченных приемов управления и взаимосвязанных элементов, реализующих эти приемы. Основными составляющими, эффективно действующей АСК, являются:*

- комплекс технических средств;*
- программное (математическое) обеспечение;*
- организационное обеспечение.*

*Обязательные для данной стадии разработка и утверждение технического задания на структурно-алгоритмический часть системы. На основе технического задания разрабатывается проект и рабочая документация АСК. После внедрения в действие АСК выполняется ее настройка и сдача в эксплуатацию.*

*В процессе работы АСК на основе накопленной при ее работе информации, проводится ее совершенствование путем разработки и реализации адаптивных методов управления транспортными потоками на больших городских территориях. Такая система, обладая развитым информационно-измерительным и управляющим вычислительным комплексом, осуществляет непрерывный контроль параметров транспорта и автоматическую оптимизацию управления транспортными потоками на всей территории города. Для оптимизации транспортных потоков используются фактические данные о величине задержек транспортных средств (ТС), полученных в процессе работы АСК. Внедрение АСУ транспортными потоками города Мариуполя даст существенный экономический эффект.*

**Ключевые слова:** *транспортные потоки, автоматизированная система, структура, дорожное движение, транспортная инфраструктура, адаптивное регулирование, АСКРД, дорожный контроллер, функции контроллеров, детекторы транспорта.*



## BASIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF AN AUTOMIZED TRANSPORT FLOW MANAGEMENT SYSTEM OF THE CITY OF MARIUPOL

*The main approaches to the development and modeling of an automated control system (ACS) for traffic flows in the city of Mariupol are considered. It is shown that it is most rational to increase the efficiency of road traffic on the city highways through the gradual introduction of ACS. First, local tools for tight traffic control are developed and implemented. Then local facilities for flexible means for tight regulation of movement. Then, local means for flexible traffic control depending on the parameters of traffic flows are combined with the rest in a system of tightly coordinated traffic control on individual highways or on small sections of road networks. After that, ASK is developed and implemented by the city's traffic flows with the optimization of the throughput of the main city highways.*

*The development of ACS by traffic streams involves the selection of the system structure, the determination and calculation of operating modes, the specification of equipment, the placement of sensitive elements of transport detectors, the development of device connection diagrams, the preparation of job descriptions, the calculation of the number of spare products, and the development of requirements for the engineering part of the system. Structurally, the ASK is a combination of ordered management techniques and interconnected elements that implement these techniques. The main components of an effective ASK are:*

- complex of technical means;*
- software (mathematical) software;*
- organizational support.*

*Mandatory for this stage is the development and approval of technical specifications for the structural-algorithmic part of the system. Based on the terms of reference, the design and working documentation of the ASK are developed. After the implementation of the ASC, it is set up and commissioned.*

*In the process of work of the ASC based on the information accumulated during its work, it is improved by developing and implementing adaptive methods of traffic management in large urban areas. Such a system, possessing a well-developed information-measuring and control computer complex, carries out continuous monitoring of transport parameters and automatic optimization traffic management throughout the city. To optimize traffic flows, actual data on the value of delays of vehicles (TS) obtained during the operation of the ASC are used. The introduction of automated control systems by the traffic flows of the city of Mariupol will give a significant economic effect.*

**Keywords:** *traffic flows, automated system, structure, traffic, transport infrastructure, adaptive control, ASDCR, road controller, controller functions, transport detectors.*

Рекомендовано до публікації: канд. техн. наук, доц. Койфман О.О.

Стаття надійшла 07.11.2019 р.