

## КОНЦЕПЦІЯ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНИМ АВТОМОБІЛЕМ НА АВТОСТРАДІ

*Оліскевич Мирослав Стефанович, д. т. н.  
Львівський національний аграрний університет*

## CONCEPT COMPLEX AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TRUCKS ON THE HIGHWAY

*Oliskevich M. , Doctor of Technical Sciences  
Lviv National Agrarian University*

При виконанні міжміських перевезень вантажів автотранспортний засіб (АТЗ) повинен рухатись з такою середньою швидкістю по заданому маршруту, яка б уможливила вчасне і енергоощадне виконання транспортного завдання. З одного боку, це означає: прибути в пункт призначення в межах часового вікна, яке сформовано замовником. З іншого, рух АТЗ має бути таким, щоб забезпечити мінімальні витрати енергоресурсів. Середню швидкість, яка задовольняє першу умову, назовемо *бажаною швидкістю* за розкладом вантажних перевезень  $V_{des}$ .

Залежності витрати палива від швидкості руху автомобіля і дорожніх умов проаналізовано та уточнено в статті [1]. Для заданих дорожніх умов існує оптимальне значення швидкості, при якому витрата палива є мінімальною. Розробки енергоощадних транспортних циклів також підтверджують це. Технічно така швидкість забезпечується характеристиками енергоустановок сучасних вантажних АТЗ. Потужних можливостей керування АТЗ надали також інформаційні технології, такі як навігаційні системи, системи круїз-контролю тощо. Усе це дає підставу переглянути рух із сталою швидкістю як найбільш ощадний і перейти до циклічного коливного руху як шляху заощадження палива. Нами отримано результати, що теоретично і практично обумовлюють успішне застосування руху вантажівок по магістралях із імпульсним режимом при умові дотримання заданого розкладу руху і обміну інформацією. Переваги технології АТЗ, які взаємодіють (Connected Vehicles (CV)) є визнаними на даний час [2, 3, 4]. CV демонструють V2I-комунікацію, включаючи покращену безпеку, підвищену екологічну стійкість, підвищення мобільності та багато іншого. Однак ці технології є ще далекими для впровадження. Однак, інвестиції та регулювання, необхідні для досягнення потенціалу технологій CV, відстають [4].

Розглянемо автомобільну магістраль між деякими перерізами  $l_1$  та  $l_2$ . Якщо для кожного  $i$ -го АТЗ, що рухається між цими перерізами, відома *бажана програма руху*, тобто залежність бажаної середньої швидкості від переміщення  $x$ , –  $V_{des.i}(x)$ , то прийняті критерії ефективності організації транспортних магістральних потоків є функціями:

- сумарні затримки  $n$  АТЗ:

$$\sum_{i=1}^n \left( \int_{l_1}^{l_2} |V_{\max i}(x) - V_{des.i}(x)| dx \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

- міра рівномірності руху  $n$  АТЗ:

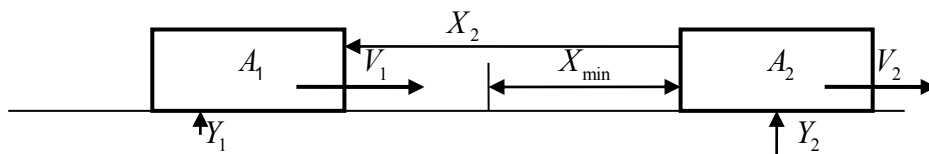
$$\sum_{i=1}^n \int_{l_1}^{l_2} |j_i(x)| dx \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $n$  залежить від вибраної ділянки магістралі  $[l_1; l_2]$ ;  $V_{\max i}(x)$  – вимушена під впливом транспортного потоку середня швидкість  $i$ -го АТЗ;  $j_i(x)$  – прискорення / сповільнення  $i$ -го АТЗ при виконанні маневрів.

Для забезпечення дотримання бажаних програм руху сукупності АТЗ їх бортові системи контролю мають бути забезпечені необхідним оптимальним об'ємом вхідних даних. Потік даних про дорожні й транспортні умови на магістралях є громіздкими. Існуючі телеметричні засоби можуть забезпечити лише короткотермінове прогнозування [2]. Точність і обсяг даних можуть бути збільшено завдяки комунікаціям V2V (автомобіль-автомобіль), V2I (автомобіль-інфраструктура) на автомагістралі. Тому пропонується модель

системи керування режимами руху сукупності АТЗ, які взаємодіють між собою, та елементами інфраструктури. Модель доповнена методикою аналізу і обробки вхідного потоку даних. Властивості моделі системи керування рухом досліджувалась на основі імітаційного моделювання. Попередньо проаналізовано такі системи керування магістральними перевезеннями, об'єктами яких є стаціонарні дорожні засоби, тобто зовнішні по відношенню до сукупності АТЗ [4]. Однак, досі невідомо, чи такий спосіб керування не підвищує сумарні затримки за рахунок зниження бажаних швидкостей «швидких» АТЗ. Цей недолік притаманний усім розглянутим системам. Крім цього, вони не усувають три відомі причини виникнення затримок і заторів: а) нерівномірність швидкостей автомобілів у потоці; б) виконання маневрів (часто з причини (а)); в) прискорення та гальмування окремих автомобілів в потоці [2]. З метою усунути суб'єктивні чинники в безпеці дорожнього руху розробляють системи «внутрішнього» автоматичного керування транспортним засобом. Адже людина, як найбільш інерційна ланка в системі «водій-автомобіль-дорога-середовище» повинна, бути звільненою від потреби виконувати миттєві дії [5]. Проте, цілком позитивно вплинути на транспортні умови на магістралях такі системи не можуть. А якщо на автомобільних магістралях утворюються затори, то вони зовсім втрачають свою ефективність. Поки що системи «внутрішнього» керування є надто дорогими для практичного застосування.

Перед розробленням моделі було прийнято припущення, що у транспортному потоці автомобілі рухаються лише за об'єктивно обґрунтованою програмою руху. Якщо інші суб'єктивні причини відкинути, то виникнення прискорень / сповільнень можна виявити, розглянувши взаємодію двох АТЗ: того, для якого встановлено систему автоматизованого керування режимом руху –  $A_1$  та того, який йому передує –  $A_2$  і має таку ж систему (рис. 1). Між цими автомобілями може бути встановлений головний параметр взаємодії – дистанція  $X$ , мінімальне значення  $X_{\min}$  якого вибрано з умов безпеки руху, та можливості виконання обгону.



**Рисунок 1** – Схема взаємодії транспортних засобів  $A_1$  і  $A_2$  на магістралі:  $Y_1, Y_2$  – вектори первинних сигналів, що надходять, відповідно, до  $A_1$  і  $A_2$ ;  $X_1$  – вектор вторинних сигналів, що надходять від  $A_2$  до  $A_1$ ;  $Y_{\min}$  – обмеження на безпечну дистанцію руху

Отже  $X_{\min}$  на автостраді залежить тільки від часу реакції на сповільнення попереднього автомобіля без врахування ймовірного екстреного гальмування [5].

Після аналізу усіх можливих випадків прискорення / сповільнення, було розроблено модель системи керування транспортним потоком залежно від таких функцій: збурення – дистанції між автомобілями –  $X(t)$ ; задаючої – бажаної програми руху  $V_{des}(t)$ ; відхилення – оцінки власної швидкості  $V_i(t)$ ; функції мети – прискорення, або сповільнення АТЗ  $j_i(t)$ :

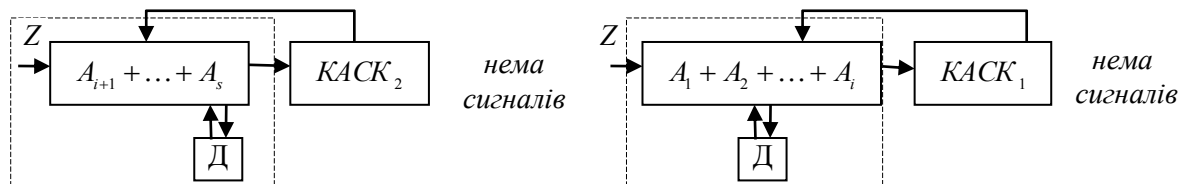
$$j_i(t) = F(X, V_{des.i}, V_i, t), \quad i = 1 \dots s, \quad (3)$$

де  $F$  – нечітка, адаптивна функція [6].

Передбачалось, що система повинна розробити прогноз власного прискорення/сповільнення  $j_i(t)$ , водночас мінімізуючи його за виразом (3), а також дотримуватись наперед передбаченої програми руху, адаптуючи її до реальних транспортних умов, що склались. Безпосередньо отримати функції  $V_i(t), Y(t)$  у жодній моделі транспортного потоку з достатньою мірою точності не видається можливим. Натомість можна скористатись доступними для вимірювання сигналами, з допомогою яких – перейти до шуканих.

На першій стадії проаналізовано три принципових варіанти систем. Концепцію нової системи керування запропоновано на основі відомих в сучасній теорії інтелектуальних транспортних систем (ІТС) з тією різницею, що об'єктами її є, крім групи автомобілів, які обмінюються повідомленнями, ще й нерухомі об'єкти – лаги магістральної дороги, що

сприймають, запам'ятовують та передають інформацію черговій групі автомобілів, які до них наближаються (рис. 2). Вона функціонує як комплексна автоматична система керування (КАСК). Група автомобілів  $A_1 + A_2 + A_3$ , отримавши вектор вхідних сигналів від власних бортових систем, опрацювавши їх, та вибравши за допомогою КАСК<sub>1</sub> адекватні режими руху, передає отриману інформацію найближчому стаціонарному дорожньому об'єкту – лагу  $D$ . Таких лагів вздовж магістралі є стільки, скільки потрібно для забезпечення стійкості інформаційного зв'язку мобільних об'єктів.



**Рисунок 2** – Схема комплексної динамічної автоматизованої системи керування:

$D$  – нерухомий дорожній об'єкт – лаг

Лаг  $D$ , водночас, передає у КАСК<sub>1</sub> ту інформацію, яка набута ним від попередньої групи автомобілів і визначає миттєву швидкість АТЗ. На магістралі, очевидно, можуть виникати такі ситуації, коли дистанція між АТЗ є дуже великий, тому сигналами вони не обмінюються. Коли група автомобілів  $A_{t+1} + \dots + A_s$  після такої часової прогалини порівнюється з лагом  $D$ , то може обмінятися з ним інформацією. Таким чином, нерухомі дорожні об'єкти по чергово стають елементами КАСК<sub>i</sub>, а розриву інформаційних потоків немає. Це означає, що в міру нагромадження такої інформації система стає досконалішою. Якість керування КАСК напряму залежить від щільності транспортного потоку.

#### Список посилань

1. Філіппов, В. В., Смірнова, Н. В., Леонтьєв, Д. М. Обґрунтування залежності витрати пального від дорожніх умов. *Автошляховик України*, 2015. (1-2), С. 46–49.
2. Zhang F., Xi J., Langari R. Real-time energy management strategy based on velocity forecasts using V2V and V2I communications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2016. 18(2), 416-430.
3. Ma, Y., Chowdhury, M., Sadek, A., & Jaihani, M. Integrated traffic and communication performance evaluation of an intelligent vehicle infrastructure integration (VII) system for online travel-time prediction. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2012. 13 (3), 1369-1382.
4. Balid W., Tafish H., & Refai H. H. Intelligent vehicle counting and classification sensor for real-time traffic surveillance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2017. 19 (6), 1784-1794.
5. Григоров М.А., Дашенко А.Ф., Усов А.В. Проблемы моделирования и управления движением транспортных потоков в крупных городах. Одесса. „Астропринт”, 2004. 266 с.
6. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ. Либідь, 2007. 656 с.