

УДК 629.1.05:62-5

**М. С. Олісевич, докт. техн. наук, проф., А. О. Шарибура, канд. техн. наук, доц.,
В. І. Рис, канд. техн. наук, Р. І. Барабаш, канд. техн. наук**

Львівський національний університет природокористування, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОГО РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ОПТИМАЛЬНИМ ОБСЯГОМ ІНФОРМАЦІЇ

**M. Oliskevych, Dr. Prof., A. Sharibura, Ph.D., Assoc. Prof., V. Rys, Ph.D.,
R. Barabash, Ph.D.**

PROVIDING ENERGY-SAVING VEHICLE MOVEMENT WITH OPTIMUM AMOUNT OF INFORMATION

Заощадження енергоресурсів та зниження забруднення довкілля є одними з найбільш актуальних проблем сучасності. Одним із способів їх вирішення є застосування автоматизованих систем керування транспортними засобами, які діють в рамках інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Використання мінімуму енергетичних ресурсів для дорожнього транспорту є можливим, якщо вдало використовувати інформацію про дорожні і транспортні умови і не розпоршувати енергію на гальмування, чи пригальмування. Однак, випадковий характер умов руху ускладнює дотримання такого способу керування. Засоби телеметрії, які стрімко розвиваються останнім часом, поки ще не дають належних підстав для впровадження ІТС [1]. Адже із зростанням горизонту прогнозування похибка оцінювання дорожніх перешкод збільшується. Для підвищення ефективності прогнозування використовують мережу бортових телеметричних систем, які взаємодіють. Однак кількість підключених транспортних засобів до такої мережі є вкрай малою, що унеможливує виконання її функцій [2]. Тим не менше, циклічна робота як двигунів внутрішнього згорання, так і електричних двигунів, а також гібридних енергоустановок в транспортних циклах становить великий інтерес дослідників як засіб зниження витрат палива та зменшення забруднення довкілля [1, 3].

Пропонуються адаптивні стратегії еко-керування, які базуються на модифікованих системах круїз-контролю, які служать порадином водія й іноді корегують його дії. Усі ці системи використовують прогнозування умов руху для вироблення оптимальних керівних дій. Функція мети є мінімум динамічних маневрів автомобіля, які, на думку багатьох дослідників, є причинами понаднормової витрати палива. Метою наших досліджень було встановити відповідність вибору програми руху умовам безпеки руху і максимальної енергетичної оощадності важковагового транспортного засобу по автостраді міжміського маршруту. Був досліджений рух автомобіля в магістральному транспортному потоці на міжміських маршрутах. Ми розглядаємо автомобіль як суб'єкт ІТС. Рух автомобіля здійснюється при керуванні бортовою автоматизованою системою і наглядом водія. Бортова система автомобіля є підключена до інтелектуальної транспортної системи типу V2V + V2I [4]. Ми прийняли таку гіпотезу, що під час руху по заданому маршруту при відомих дорожніх і транспортних умовах енергія силового агрегату вантажівки не буде витрачатись на сповільнення. Гальмування транспортного засобу відбувається шляхом витрачання кінетичної енергії на опір руху. Також враховано, що додатну роботу може виконувати не тільки рушійна сила P_k , а й горизонтальна складова гравітаційної сили P_i на схилах автомагістралі. Зміст задачі полягає у тому, щоб вибрати такі режими руху вантажівки на автостраді, які дозволяють прибути з початкового в кінцевий пункт заданого маршруту з мінімальними витратами енергії при дотриманні заданого часового графіка. Випадкові перешкоди є також додатковими обмеженнями задачі. Враховуючи принцип

оптимальності керування Понтрягіна, а також алгоритми динамічної оптимізації Беллмана, маршрут можна поділити на ділянки так, щоб загальна програма керування рухом $u(t)$, $x=0\dots S_m$, що складається з часткових оптимальних програм $u(x_j)$, $j=x_{j.o}\dots S_j$, була також оптимальною. Розв'язок такої локальної задачі було знайдено методами варіаційного числення. Виконана оптимізація горизонту прогнозування швидкості транспортного засобу на міжміській автомагістралі. Виявлено, що загальний обсяг інформації зростає при збільшенні дистанції процесу сканування трафіку. Частка достовірної інформації при цьому зменшується. Виявлено, що залежність показників якості контролю руху транспортного засобу від розміру горизонту прогнозування є кусково-неперервною. На кожній неперервній ділянці залежність має оптимальне значення горизонту. Наступне завдання досліджень передбачає тепер виконання оптимізації при різних умовах інформаційного забезпечення руху. Сформульовану теоретичну модель застосовано для розроблення реальних енергоощадних циклів для дорожніх умов на прикладі міжміського автомобільного маршруту Львів-Стрий на ділянці дороги Е-471. Для того, щоб перевірити теоретичні твердження на основі концептуальної моделі, було проведено експерименти. Результати моделювання і експериментальні дослідження показують, що найбільш енергоощадною програмою руху транспортного засобу по прямолінійній горизонтальній автомагістралі є коливний рух, який включає фази розгону і вільного кочення. Тривалість кожної з цих фаз залежить від сумарного дорожнього опору, та від потужнісно-вагових параметрів транспортного засобу і від циклового пробігу. Якщо горизонт достовірного прогнозування скорочується, то це не перешкоджає отримати мінімальні сумарні витрати енергії на сумарному заданому відтинку маршруту. При будь-якому горизонті прогнозування імпульсний рух на горизонтальній прямолінійній дорозі дає більше заощадження енергоресурсів, ніж будь-яка програма руху на горбистій автомагістралі.

Якщо змінюються дорожні і транспортні умови руху, при цьому скорочується горизонт прогнозування, що спричиняє, в свою чергу, то витрати енергії на один і той ж відтинок автомагістралі зростають. Однак, при цьому більше використовується потенціал горбистої дороги. Енергетичні витрати циклів на дорозі з нерівномірним дорожнім опором у великій мірі залежить від початкової і кінцевої бажаної швидкостей. Різниця у витраті ресурсів може відрізнятись до 17%. Розроблені енергоощадні цикли можуть використовуватись в управлінні важковаговим транспортним засобом при русі по автомагістралі, при умові взаємодії з телеметричними засобами. Обов'язковими умовами досягнення мінімально можливих енерговитрат для заданого важковагового транспортного засобу є мінімальний горизонт прогнозування дорожніх умов та відомих транспортних перешкод.

Література

1. XU, Chu, et al. Engine-in-the-Loop Study of a Hierarchical Predictive Online Controller for Connected and Automated Heavy-Duty Vehicles. SAE Technical Paper, 2020.
2. FARAG, Wael. Complex-track following in real-time using model-based predictive control. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2021, 19.1: 112-127.
3. SINA, N.; YAZDI, M. R. H.; ESFAHANIAN, V. Modified Dynamic Model for Longitudinal Motion of Ground Vehicles. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 2021, 18.1: 8550–8562-8550–8562.
4. OLISKEVYCH, Myroslav, et al. Optimization of Vehicle Speed Forecasting Horizon on the Intercity Highway. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 3.3: 105.