

спеціальні кампанії з яскравими прикладами, які покажуть громадянам, як така, здавалося б, невелика деталь, як ремінь безпеки, здатні врятувати життя.

У світі поширюються розвиток систем безпеки автомобілів які можуть ґрунтуватися на використанні ідеології та технічної бази систем GPS-навігації, що дозволяє найкращим чином реалізувати принцип «розумної дороги».

Розв'язання проблеми безпечного руху на основі інтелектуальних транспортних систем є перспективним та економічно доцільним напрямком наукових досліджень і практичної роботи щодо зниження аварійності та порушень на дорогах. Зволікання з участю у цих розробках наукових і промислових установ нашої країни є помилкою, яка неминуче проявиться на етапі впровадження та ефективного використання таких систем.

За умови безперервного вдосконалення конструкцій автотранспортних засобів для підвищення безпеки водія та людини при ДТП необхідно як узагальнення та концентрація наявних відомостей, так і розробка нових концепцій зближення теорії та практики забезпечення безпеки дорожнього руху та життя людини.

### **Перелік використаної літератури**

1. Національна поліція України [Електронний ресурс] // Офіційний веб-сайт. – Режим доступу: <http://www.npu.gov.ua>.
2. Верховна рада України [Електронний ресурс] // Офіційний веб-портал. – Режим доступу: <https://rada.gov.ua>.
3. Постійне представництво України при відділенні ООН та інших міжнародних організаціях у Женеві [Електронний ресурс] // Офіційний веб-сайт. – Режим доступу: <https://geneva.mfa.gov.ua/ua/ukraine-io/who>.
4. Ремінь безпеки [Електронний ресурс] Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ремінь\\_безпеки](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ремінь_безпеки).
5. КАМПАНІЯ “ЗА БЕЗПЕЧНІ ДОРОГИ” – (<https://cedem.org.ua/direction-gromadyanske-suspilstvo/kampaniya-za-bezpechni-dorogy/>)

УДК 656.1

## **РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ: ВІД ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ДО ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Сидорчук В.В.**, здобувач, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [s.valeria.261204@gmail.com](mailto:s.valeria.261204@gmail.com)

Глобальне прагнення досягти сталого розвитку та кліматичної нейтральності стимулює країни світу до енергетичної трансформації, ощадливого використання ресурсів та переходу на відновлювальні джерела енергії. Викиди парникових газів, зокрема вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), спричиняють кліматичні катаклізми. Наразі, в середньому, один житель планети продукує майже 5 т CO<sub>2</sub> щорічно, а в країнах, як-от США, Австралія та Канада, ця цифра значно вища. В Україні цей показник становить 4,5 т CO<sub>2</sub> на рік, що на 8 % нижче від середньосвітового рівня [1].

Більшість країн поставили за мету досягти нульових викидів парникових газів до 2050 – 2060 років, зокрема й Україна, яка прагне досягти цього до 2060 року [1]. Це означає зменшення вуглецевого сліду та перехід до кліматично нейтральних технологій. У цьому контексті розвиток водневих технологій розглядається як перспективний напрямок для зниження викидів та забезпечення енергетичної безпеки.

Впровадження водневих технологій у ключові сфери, зокрема в енергетичну та транспортну, може стати основою екологічно чистого майбутнього. Водночас

низьковуглецевий розвиток також сприятиме економічному зростанню, модернізації енергетичної системи та зниженню капіталомісткості нових технологій.

Водневий автотранспорт здатен подолати ключові недоліки електромобілів, зокрема обмежений пробіг і тривалий час зарядки. Використання дешевої електроенергії для перетворення води у водень може стати ефективною альтернативою транспорту з нульовими викидами. Очікується, що в найближчі 5 років виробництво водневих автомобілів і вантажівок значно зросте, завдяки покращено технологій для виробництва водню та паливних елементів.

На сьогодні на ринку вже представлені водневі легкові автомобілі (Toyota Mirai, Hyundai Nexo, Honda Clarity), а провідні виробники, як BMW та Jaguar, включають водень у свої довгострокові стратегії. Ці авто приваблюють споживачів великим пробігом на одній заправці та короткому часу заправки [2].

Водневі вантажівки також мають потенціал стати важливим елементом екологічного транспорту. Очікується, що до 2027 року водневі вантажівки стануть економічно вигідними завдяки зростанню виробництва водню. До 2050 року в ЄС планується перевести більшість важких транспортних засобів на водень і електрику [3].

Така тенденція відповідає новим стандартам ЄС щодо зниження викидів у важкому транспорті. Такі компанії, такі як Renault, вже почали серійне виробництво електричних вантажівок і очікують, що до 2025 року 10 % проданих вантажівок будуть електричними, а водень стане важливою складовою декарбонізації транспортного сектора.

Серед останніх досягнень в сфері застосування водневих технологій – розробка та успішне випробовування прототипу вантажівки Mercedes-Benz GenH2, яка в межах ініціативи #HydrogenRecordRun від компанії Daimler Truck пододала 1047 км на одній заправці рідким воднем на дорогах загального користування [4].

Також слід додати, що виробництво водню за допомогою відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні та вітрові ферми, сприяє створенню «зеленої» водневої енергії, яка є екологічно чистою та стійкою до зміни клімату [5].

Популярність водневого транспорту зростає через прагнення зменшити негативний вплив викидів газів на довкілля та досягти кліматичної нейтральності. Водневі технології в транспорті роблять його екологічно чистим і зменшують залежність від нафтопродуктів. Багато країн, зокрема європейські, активно розвивають водневий транспорт, створюючи законодавчу базу та інфраструктуру. Україна також прагне стати провідним виробником зеленого водню, хоча війна призупинила реалізацію проектів. Проблеми розвитку включають недостатню інфраструктуру, відсутність масового виробництва водневих авто та високу вартість технологій. Для розвитку необхідні інвестиції в дослідження та інфраструктуру, що сприятиме сталому розвитку водневого транспорту та покращенню якості довкілля.

### Перелік використаної літератури

1. Миськів Г., Іваницький Р. Основні тенденції розвитку водневих технологій на транспорті. *Економіка та суспільство*. 2023. №55. 9 с.
2. Мельник З. «Зелена» відбудова України: перспективи застосування водню в транспорті : сайт. URL: <https://brdo.com.ua/analytics/zelena-vidbudova-ukrayiny-perspektyvy-zastosuvannya-vodnyu-v-transporti/> (дата звернення: 14.11.2024).
3. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Розпорядження КМУ. Київ, 2018. 17 с.
4. Ушаков Є. Воднева вантажівка Mercedes-Benz пододала понад 1000 км без дозаправок у дорозі : сайт. URL: <https://autonews.autoua.net/uk/44126-vodneva-vantazhivka-mercedes-benz-proyizhdzhaie-ponad-1000-km-na-odnii-zapravtsi-ridkogovodniu.html>. (дата звернення: 14.11.2024).
5. Колесніков В.О. Впровадження водневих технологій на транспорті та суміжних галузях : матеріали XVI-ої Міжнародної науково-практичної

УДК 656.1:519.6

## ДО МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ

**Сохацький А.В.**, д.т.н., професор, професор кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики, Університет митної справи та фінансів,  
e-mail: [Sokhatsky\\_anatoly@ukr.net](mailto:Sokhatsky_anatoly@ukr.net)

Математичне моделювання транспортних потоків і на сьогодні є доволі складною та актуальною задачею [1-5]. Найбільш досконалі математичні моделі транспортних потоків описуються рівняннями математичної фізики.

Реальні транспортні потоки автомобільних транспортних засобів є складними і створюють проблеми транспортного сполучення в містах. Фізичне дослідження цих процесів пов'язане з значними матеріальними і фінансовими затратами. Застосування математичного моделювання для дослідження процесів в транспортних потоках є ефективним інструментом розв'язування поставлених задач та пошуку ефективних шляхів покращення використання транспортної інфраструктури. Проте їх математичне моделювання і на сьогодні залишається складною проблемою обчислювальної динаміки транспортних потоків.

В теорії транспортних потоків існують різноманітні підходи до класифікації їх математичних моделей [1-5]. Однією з поширених є класифікація на макроскопічні моделі та мікроскопічні моделі. В макроскопічних моделях розглядається ціла група транспортних засобів, яка описується відповідними параметрами руху. Мікроскопічні моделі ґрунтуються на концепції підтримки безпечної відстані до лідера. Найбільш відомими моделями є модель оптимальної швидкості, модель слідування за лідером, модель розумного водія Трайбера.

Макроскопічні моделі транспортних потоків можна отримувати з кінетичних моделей, подібно до того, як у кінетичній теорії отримують рівняння газової динаміки. Тобто за допомогою домножування на різні функції від швидкості, і подальшого інтегрування за швидкостями кінетичного рівняння для густини в розширеному фазовому просторі  $(t; x; v)$ .

В результаті таких дій буде виходити ланцюжок рівнянь, що зачіпляються. Так, якщо помножити кінетичне рівняння на одиницю і проінтегрувати, то отримаємо рівняння для густини, яке відображає закон збереження маси. Проте туди буде входити середня швидкість. Якщо ж домножити кінетичне рівняння на швидкість і проінтегрувати, то отримаємо рівняння для середньої швидкості, тобто - закон збереження імпульсу сили. До нього також входитиме варіація швидкості. По суті, вона визначається середнім значенням квадрата швидкості.

Якщо помножити кінетичне рівняння на квадрат швидкості та потім проінтегрувати, то отримаємо рівняння для середнього значення квадрата швидкості. Звідки можна отримати рівняння для варіації швидкості, до якого входитиме середнє значення куба швидкості.

Доводиться в певний момент перетворень замикає цей ланцюжок, виходячи з додаткових фізичних міркувань та аналізу процесу, формулюючи певні гіпотези. Це можуть бути результати експерименту. Для замикання моментного ланцюжка приходиться вводити певні співвідношення. Ці співвідношення служать додатковими рівняння між величинами, що входять у ці рівняння. Так, для газу в залежності від цих