

# **НАПРЯМ «МАТЕМАТИЧНІ ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ»**

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ АВТОМОБІЛЯ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЯ ТА СТАНУ ДОРОГИ**

М.В. Васільєв (студ., 2 курс), м. Хмельницький, Україна  
Науковий керівник – к.пед.н., доц. Бохонько Є.О.  
*Хмельницький національний університет*

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах стрімкого зростання кількості автомобілів та ускладнення дорожньої інфраструктури особливої актуальності набуває проблема забезпечення безпеки дорожнього руху. Ефективність гальмування транспортного засобу є критично важливою складовою активної безпеки, оскільки гальмівний шлях прямо впливає на можливість запобігання дорожньо-транспортним пригодам. Врахування технічних параметрів автомобіля та дорожніх умов у процесі гальмування дозволяє точно оцінити ризики та впровадити ефективні заходи для їх зменшення.

Метою дослідження є аналіз впливу технічних характеристик автомобіля та дорожніх умов на гальмівний шлях, а також побудова математичної моделі, що дозволяє кількісно оцінити ефективність гальмування в різних ситуаціях з метою підвищення рівня транспортної безпеки.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати основні фактори, що впливають на гальмівний шлях, включаючи швидкість руху, стан дорожнього покриття, масу автомобіля, ефективність гальмівної системи, час реакції водія.
2. Розробити математичну модель процесу гальмування з урахуванням основних факторів, які на нього впливають.

3. Провести чисельні розрахунки гальмівного шляху для різних типів автомобілів (легковий, вантажний) та типів дорожнього покриття (сухий асфальт, мокрий асфальт, сніг і інші).

4. Розробити практичні рекомендації, що сприяють зменшенню гальмівного шляху та підвищенню загальної безпеки дорожнього руху.

Об'єктом дослідження є гальмівний шлях автомобіля. Це динамічна величина, що визначається в результаті взаємодії транспортного засобу з дорожнім покриттям.

Методика дослідження. Для побудови моделі використано класичні рівняння динаміки поступального руху, рівняння рівноприскореного руху та закони механіки. У моделі враховано коефіцієнт зчеплення шин із дорожнім покриттям, тип шин, стан гальмівної системи, час реакції водія та додаткові коефіцієнти (ABS, розподіл навантаження).

Математична модель гальмівного шляху, яка представлена в роботі, має двофазну структуру:

1. Реакційна фаза. Це шлях, який проходить автомобіль від моменту виявлення перешкоди до фактичного початку гальмування. Вона залежить від часу реакції водія, що, за статистичними даними, коливається від 0,7 до 1,5 секунди залежно від фізіологічних, психологічних та зовнішніх факторів (освітлення, стрес, втома, досвід);

2. Фаза активного гальмування. Це фактичний процес зниження швидкості до нуля, який залежить від ефективності гальмівної системи, коефіцієнту зчеплення та маси автомобіля.

Модель побудована на основі рівняння енергетичного балансу та враховує наступні змінні: початкова швидкість транспортного засобу; середнє уповільнення, зумовлене коефіцієнтом тертя та ефективністю гальм; коригувальні коефіцієнти для типу шин, дорожнього покриття, наявності ABS; час реакції водія.

У ході моделювання було створено набір сценаріїв для різних автомобілів. Кожен з яких характеризується власними технічними

параметрами. Для кожного сценарію варіювались: тип дорожнього покриття (сухий/мокрый асфальт, лід, сніг, ґрунт); наявність або відсутність системи ABS; тип шин (літні, зимові, всесезонні, зношені); величина навантаження та його розподіл між осями.

Для візуалізації результатів були побудовані графіки залежності гальмівного шляху від швидкості. Криві показали як класичні квадратичні тенденції зростання гальмівного шляху зі швидкістю, так і експоненційні залежності у випадках поганих дорожніх умов.

Практична значущість дослідження. Результати моделювання можуть мати прикладне значення в кількох напрямках:

1. Удосконалення підготовки водіїв: моделювання демонструє, наскільки небезпечним може бути недотримання дистанції або перевищення швидкості. Інженерне проектування та сертифікація: модель може бути адаптована для оцінки гальмівних характеристик нових транспортних засобів або систем безпеки.

2. Розробка інтелектуальних систем допомоги водієві (ADAS): отримані формули можуть бути використані в алгоритмах контролю гальмування.

Інноваційні аспекти. Особливістю представленого дослідження є інтеграція людського фактору (час реакції), дорожніх умов (коефіцієнти зчеплення) та технічних характеристик автомобіля в єдину адаптивну математичну модель. Уточнення моделі за рахунок коефіцієнтів ABS, ефективності шин і розподілу навантаження дозволяє досягти вищої точності й відтворити реальні дорожні умови.

Таким чином, розроблена модель дозволяє:

1. Кількісно оцінювати вплив ключових факторів на гальмівний шлях;
2. Прогнозувати поведінку транспортного засобу у критичних ситуаціях;
3. Оптимізувати технічні та поведінкові стратегії для підвищення безпеки дорожнього руху.

Отримані результати можуть бути використані в освітньому процесі, дослідженнях, технічному проектуванні та при формуванні дорожніх нормативів.

**Ключові слова:** гальмівний шлях, математичне моделювання, дорожнє покриття, коефіцієнт зчеплення, ABS, безпека дорожнього руху, транспортна динаміка.

### Література

1. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics / T. D. Gillespie. – SAE International, 1992. – 512 p.
2. ISO 3888-1:2018. Passenger cars — Test track for a severe lane-change manoeuvre — Part 1: Double lane-change. – International Organization for Standardization, 2018. – 8 p.
3. ISO/TR 12360:2012. Test track for severe braking test. – International Organization for Standardization, 2012. – 12 p.
4. Jazar R. N. Vehicle Dynamics: Theory and Application / R. N. Jazar. – Springer, 2017. – 999 p.
5. Naunheimer H., Bertsche B., Ryborz J. Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application / H. Naunheimer, B. Bertsche, J. Ryborz. – 2nd ed. – Springer, 2010. – 680 p.
6. Shinar D. Traffic Safety and Human Behavior. 2nd ed. – Emerald Publishing, 2017. – 552 p.
7. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles / J. Y. Wong. – 4th ed. – John Wiley & Sons, 2008. – 592 p.
8. Гладкий В. Т. Теоретичні основи автомобіля / В. Т. Гладкий. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 316 с.
9. Іваненко С. М. Основи безпеки дорожнього руху : навч. посіб. / С. М. Іваненко. – Київ : Ліра-К, 2021. – 240 с.
10. Кваша В. І., Горбатюк М. В. Математичне моделювання в автомобільній галузі : монографія / В. І. Кваша, М. В. Горбатюк. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 276 с.

11. Пономарьов І. В. Моделювання систем автомобіля : навч. посіб. / І. В. Пономарьов. – Львів : НУ «ЛП», 2016. – 268 с.

## **ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРО ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ**

А.А. Горохова (студ., 2 курс), м. Харків, Україна  
Науковий керівник – к.пед.н., доц. Пташний О.Д.  
*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Актуальність: Прийняття рішень про зняття з експлуатації (призупинення експлуатації) обладнання у випадках критичної завантаженості ремонтних підприємств і майстерень базується на багатьох факторах – технічних, організаційних тощо. І все ж вирішальним серед них є можливість ремонтних підприємств та майстерень забезпечити належне обслуговування та ремонт (відповідними спроможностями, кваліфікованими кадрами та технічним обладнанням). Несвоєчасні регламентні роботи та ремонт обладнання можуть призвести до подальшого подорожчання його ремонту, або порушення вимог техніки безпеки. Запропонована математична модель дає можливість обґрунтовувати призупинення експлуатації різних типів обладнання саме з цих міркувань.

Мета наукової роботи: створення математичної моделі прийняття рішень про зняття з експлуатації обладнання для різних його типів, яка б враховувала фактори завантаженості ремонтних підприємств та майстерень, надійності, технічних особливостей та умов експлуатації.

Завдання наукової роботи: Необхідно визначити оптимальне значення терміну експлуатації обладнання, при перевищенні якого слід призупиняти його використання, таким чином, щоб завантаженість ремонтних підприємств та майстерень відповідала їх максимальній пропускній спроможності.

Використана методика досліджень: Виходячи з досвіду організації ремонтних робіт, обладнання, що потребує обслуговування, поділяється на три категорії: таке, що не потребує звернення до ремонтних підприємств