

УДК 629.13 (075.8)

Бохонко А.В., аспірант

Національний університет «Львівська політехніка», andrii.v.bokhonko@lpnu.ua

АНАЛІЗ ПРОХІДНОСТІ АВТОМОБІЛЯ З АЕРОКОМПЕНСАТОРОМ

У статті проаналізовано залежності опору кочення колеса від параметрів колеса і характеристик ґрунту, побудовано графічні залежності глибини колії, сили та коефіцієнта опору рухові від ступеня ущільнення та вологості ґрунтів. Проведено класифікацію перешкод, що впливають на прохідність автомобіля, визначено основні профільні характеристики автомобіля як критерії оцінки його прохідності.

Прохідність автомобіля визначає його здатність долати складні дорожні умови або бездоріжжя [1]. Особливо це актуально для військових, будівельних та сільськогосподарських машин. У роботі розглянуто можливості підвищення прохідності автомобіля шляхом використання аерокомпенсатора – повітряного вентилятора, що створює додаткову підйомну силу.

Опір коченню пневматичного колеса залежить від деформації як самого колеса, так і ґрунту, по якому відбувається рух. При русі по м'яких, зволжених або сипучих ґрунтах саме друга складова переважає і значно збільшує загальний опір руху. Аналіз показав, що зменшення вертикального навантаження дозволяє зменшити глибину колії та, відповідно, зменшити енерговитрати на пересування. Одним із шляхів реалізації цього підходу є встановлення аерокомпенсатора – повітряного вентилятора, що генерує спрямовану силу, яка частково компенсує вагу транспортного засобу.

Ключовою частиною дослідження є аналіз впливу вертикального навантаження на опорну поверхню. Запропоновано технічне рішення у вигляді аерокомпенсатора – вентилятора направленої дії, що дозволяє зменшити вертикальне навантаження на колеса. Використання аерокомпенсатора дозволяє реалізувати новий тип колісного рушія, у якому частина навантаження переноситься на повітряний потік. Зменшення питомого тиску в зоні контакту шини з опорною поверхнею дозволяє зменшити площу деформації ґрунту та покращити зчеплення. Попередні розрахунки та моделювання довели, що при застосуванні аерокомпенсатора навантаження на колеса зменшується на 10–15 %, що є критично важливим для подолання заболочених, снігових або нестабільних ділянок.

На основі проведених досліджень зроблено висновок, що впровадження аерокомпенсатора у конструкцію транспортного засобу сприяє підвищенню його прохідності та зменшенню енергетичних витрат під час експлуатації у складних умовах. Результати роботи можуть бути використані для удосконалення військових і спеціальних транспортних засобів, що працюють у важкопрохідних районах. Розрахунок опору кочення здійснювався із застосуванням модифікованих формул Омелянова [2], які враховують як деформацію колеса, так і ґрунту. На щільних ґрунтах домінує вплив деформації колеса, тоді як на м'яких – ґрунту.

$$P_f = C_1 \sqrt[3]{\frac{G_k^4}{p_0 D^2}} + C_2 G_k \sqrt[3]{\frac{p_0}{CD}} \quad (1)$$

де C_1, C_2 , – коефіцієнти, що залежать від конструкції і матеріалу шини;

G_k – навантаження на колесо;

p_0 – тиск повітря в шинах;

D – зовнішній діаметр колеса;

C – коефіцієнт несучої спроможності ґрунту.

Ці залежності були використані для побудови графіків, що відображають зміну сили опору та глибини колії в залежності від щільності та вологості м'якого ґрунту. Отримані

результати демонструють значне зростання опору при збільшенні вологості, що знижує прохідність [3].

Проведено класифікацію типів перешкод, які зустрічаються при русі поза дорогами: розбиті шляхи, сипучі ґрунти, водяні перешкоди, підйоми та спуски, косяги. Кожна з них чинить специфічний вплив на автомобіль і потребує відповідних рішень у конструкції, включаючи тип шин, привід, геометричні параметри, розподіл маси.

У цьому контексті застосування аерокомпенсатора дозволяє знизити ризики втрати прохідності за рахунок часткового підйому корпусу над перешкодою, покращення розподілу навантаження і зниження пробуксовування.

Перешкоди поділяються на три основні групи [4]:

1. ті, що створюють великий опір рухові;
2. ті, що сприяють перекиданню;
3. ті, що викликають затоплення автомобіля.

Для кожної групи визначено характерні геометричні та фізичні параметри, що мають бути враховані при конструюванні транспортного засобу.

Також важливо зазначити, що зниження навантаження на шини зменшує їхній знос, що підвищує ресурс експлуатації автомобіля та зменшує витрати на обслуговування [5]. З точки зору енергоефективності, система з аерокомпенсатором дозволяє скоротити витрати пального за рахунок зменшення опору руху. Таким чином, запропонована концепція є не лише технічно, але й економічно доцільною.

Окрім того, наведено результати аналізу опору коченню залежно від діаметра колеса, тиску в шинах, щільності та вологості ґрунту. Зокрема, побудовано графіки залежності глибини колії, сили та коефіцієнта опору коченню від вологості та ступеня ущільнення. Визначено також критерії оцінювання прохідності: коефіцієнт вільної тяги, максимальний кут підйому, висота порога, ширина рову тощо.

Проведено оцінку прохідності за допомогою параметрів: коефіцієнт вільної тяги, максимальний кут підйому, висота порогу, ширина рову, глибина сніжного покриву та броду. Окрім поодиноких параметрів, використано узагальнюючі – зокрема, фактор прохідності, який враховує витрати палива, швидкість і корисне навантаження під час руху у важкопрохідних умовах.

На підставі розрахунків встановлено, що застосування аерокомпенсатора дозволяє знизити тиск на опорну поверхню до рівня, прийняттого для подолання навіть заболочених ділянок з низькою несучою здатністю. В таблиці, наведеній у статті, узагальнено допустимі тиски для різних типів торфу, що підтверджує ефективність запропонованого підходу.

Перспективним напрямком подальших досліджень є створення автоматизованих систем регулювання сили тяги і тиску в шинах залежно від властивостей поверхні, а також інтеграція інтелектуальних сенсорів для моніторингу параметрів прохідності в реальному часі [6].

Список посилань

1. Лиман К. та ін. Перспективи розвитку машин спеціального призначення високої прохідності. Матеріали конференцій МНЛ, 2024.
2. Zhdanovich S. та ін. Theoretical research of resistance motion of running systems. JRAAE, 2017.
3. Грубель М.Г., Крайник Л.В. Прохідність військових автомобілів: монографія. Київ: Професіонал, 2023.
4. Подригало М., Нікорчук А. Підвищення прохідності автомобілів. Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ, 2025.
5. Волков В.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. Харків: ХНАДУ, 2003.
6. Склярів М.В., Шаповалов О.І. Математичне моделювання руху по деформованій поверхні. Зб. праць НА НГУ, 2021.