

УДК 355.35 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.9

О.В. Іванченко, І.В. Бойков, А.О. Іванченко*Національна академія Національної гвардії України***ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ «АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА» НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ***Розглянуто характеристики, що оцінюють технічний стан автомобільної техніки і дороги.**Запропоновано показник для оцінки системи «автомобіль-дорога» при використанні автомобільної техніки та графік залежності ймовірності подолання маршруту від коефіцієнту зчеплення шин з дорожнім покриттям.**Отримано та обґрунтовано формулу, що дозволяє оцінювати ймовірність виконання поставленою завдання автомобільною технікою при перевезеннях людей та вантажів.**Ключові слова: автомобільна техніка, автомобільна дорога, показник надійності, коефіцієнт оперативної готовності, коефіцієнт сили зчеплення коліс з дорожнім покриттям.***О.В. Иванченко, И.В. Бойков, А.О. Иванченко***Национальная академия Национальной Гвардии Украины***ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ «АВТОМОБИЛЬ-ДОРОГА» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ***Рассмотрены характеристики, оценивающие техническое состояние автомобильной техники и дороги.**Предложен показатель для оценки системы «автомобиль-дорога» при использовании автомобильной техники и график зависимости вероятности преодоления маршрута от коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием.**Получена и обоснована формула, позволяющую оценивать вероятность выполнения поставленной задачи автомобильной техникой при перевозках людей и грузов.**Ключевые слова: автомобильная техника, автомобильная дорога, показатель надежности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент силы сцепления колес с дорожным покрытием.***O.V. Ivanchenko, I.V. Boikov, A.O. Ivanchenko***National Academy of the National Guard of Ukraine***INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM "CAR-ROAD" ON THE EFFICIENCY OF THE IMPLEMENTATION OF TASKS BY ROAD TRANSPORT***The characteristics that evaluate the technical condition of automotive vehicles and roads are considered.**The proposed indicator for assessing the system "car-road" when using automotive technology and a graph of the dependence of the probability of overcoming the route from the coefficient of adhesion of tires with the road surface.**A formula has been obtained and substantiated, which makes it possible to assess the likelihood of the task being accomplished by automotive equipment when transporting people and goods.**Key words: automobile equipment, road, reliability index, operational readiness ratio, coefficient of traction force of wheels with road surface.*

Постановка проблеми. Надійність руху автомобільної техніки по дорогам залежить від багатьох факторів, які можна розділити по відношенню до автомобіля на дві групи:

- зовнішні, які оточують автомобіль при русі;
- внутрішні, які відносяться безпосередньо до автомобіля.

При організації руху автомобільної техніки необхідно оцінити ряд умов, серед яких можна виділити наступні: оцінка обстановки на шляху руху, розрахунок часу руху, вживання заходів з безпеки руху та ін.

При підготовці автомобіля до використання уточнюються наступні дані, а саме: технічний стан автомобілів, можливий вихід з ладу через знос елементів автомобіля, стан доріг, колонних шляхів, час року, час доби, кліматичні умови та інші [1, 2].

Технічний стан автомобільної техніки оцінюється за допомогою коефіцієнта технічної готовності, коефіцієнта готовності, коефіцієнта оперативної готовності [2–4]. Однак високі значення цих коефіцієнтів не гарантують виконання завдання. При підготовці до виконання завдання крім оцінки стану автомобільної техніки (АТ) необхідно оцінити маршрути руху і стан доріг, за якими будуть рухатися автомобілі. Так, при значеннях коефіцієнта оперативної готовності АТ рівним 0,97 і ймовірності подолання маршруту рівним 0,1 ймовірність прибуття АТ в пункт призначення становитиме лише 0,097. У таких випадках значення ймовірності прибуття АТ в пункт призначення недостатнє, що може привести до зриву виконання завдання. Тому виникає необхідність розгляду окремих складових надійності системи «автомобіль-дорога».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання можливості та безпосередньо виконання завдань АТ при пересуванні по автомобільних дорогах висвітлені в численних публікаціях, зокрема в роботах [1–7].

Оцінка стану готовності техніки розглядається в роботах [2–4].

Процес взаємодії колеса з дорожнім покриттям, розглядається в роботах [5].

Надійність автомобіля і надійність дорожнього покриття розглядається в роботах [3, 6, 7].

Однак в цих роботах надійність системи «автомобіль-дорога» при низькій якості автомобільних доріг не оцінюється.

Мета статті. Визначення складових характеристик системи «автомобіль-дорога» і обґрунтування показника надійності, який враховує як стан автомобільної техніки, так і стан дорожнього покриття на маршрутах руху.

Виклад основного матеріалу. Оцінку стану автомобільної техніки при підготовці до використання пропонується проводити за допомогою комплексного показника для інтегральної оцінки двох властивостей надійності техніки (ремонтпридатності і безвідмовності) – коефіцієнта оперативної готовності ($K_{ог}$). Коефіцієнт оперативної готовності – це ймовірність того, що система виявиться в працездатному стані в будь-який момент часу, крім запланованих періодів, коли використання об'єкта за призначенням не передбачається, і, починаючи з цього моменту, буде працювати безвідмовно протягом заданого періоду [3, 6]. Коефіцієнт оперативної готовності є показником рівня технічного стану і може використовуватися для прогнозування технічного ресурсу автомобіля.

У свою чергу стан покриття автомобільних доріг в залежності від дорожніх умов може різко змінюватися на різних ділянках і на відносно незначних відстанях між ними.

Надійністю автомобільної дороги як комплексної транспортної споруди є здатність забезпечувати розрахунковий рух транспортного потоку з середньою швидкістю, близькою до оптимальної, протягом нормативного або заданого терміну служби дороги при достатніх значеннях інших показників.

Критеріями експлуатаційної надійності автомобільних доріг є такі:

- безперервне, безпечний та зручний рух АТ;
- працездатність як стан дороги, при якому вона виконує задані функції з параметрами, встановленими вимогами технічної документації;
- фактичний термін служби дороги;
- ступінь запасу по пропускну здатності і міцності дорожнього покриття;
- ремонтпридатність.

До дорожніх параметрів, що визначають безпеку автомобільних доріг, можна віднести тип дороги, її геометричні параметри, кількість перетинів і примикань другорядних доріг, облаштування перехресть, швидкісного режиму.

Автомобільні дороги розділені на п'ять категорій [8, 9]. Кожній категорії доріг відповідають свої характеристики: кількість смуг руху, ширина смуг руху, максимальні ухили, радіуси повороту, тип дорожнього покриття.

Однак, незважаючи на характеристики автомобільних доріг кожна може бути непроїзною через вплив природних факторів або через технічний стан автомобільного транспорту.

Оцінка надійності автомобільної дороги під час експлуатації проводиться відповідно до класичної теорії надійності за допомогою основних показників довговічності, ремонтпридатності, безвідмовності, збереженості [10]. Використання показників АТ і окремих показників автомобільної дороги не дозволяють оцінити здатність АТ подолати маршрут і виконати завдання. Тому необхідно ввести показник, який дозволить би оцінити можливість подолання маршруту автомобілем. Одним з показників безвідмовності системи «автомобіль-дорога» може бути ймовірність подолання маршруту. Ймовірністю подолання маршруту P_l називається ймовірність того, що по дорозі буде можливим рух автомобіля з заданими характеристиками.

Ймовірність подолання маршруту залежить від великої кількості умов: стану дорожнього покриття та шини; навантаження на дорожнє покриття (швидкість руху, маса транспортних засобів); кліматичні умови (температура, вологість, тиск); інтенсивності руху; механічних чинників (коливання, частота); радіаційної обстановки; впливу хімічних речовин (сіль, кислота) і ін.

При оцінці ймовірності подолання маршруту врахувати всі умови дуже важко. Тому в якості першого кроку оцінимо можливість руху автомобіля по дорозі за станом дорожнього покриття і

шин. В якості оціночного показника візьмемо коефіцієнт зчеплення колеса з дорожнім покриттям φ . Коефіцієнтом зчеплення шин з дорожнім покриттям є відношення максимально можливого на даній ділянці дороги значення сили зчеплення між шинами транспортного засобу з поверхнею дороги P_m до маси цього транспортного засобу G :

$$\varphi = \frac{P_m}{G}.$$

Схема дії сил на колесо при русі автомобіля по дорозі представлена на рисунку 1.

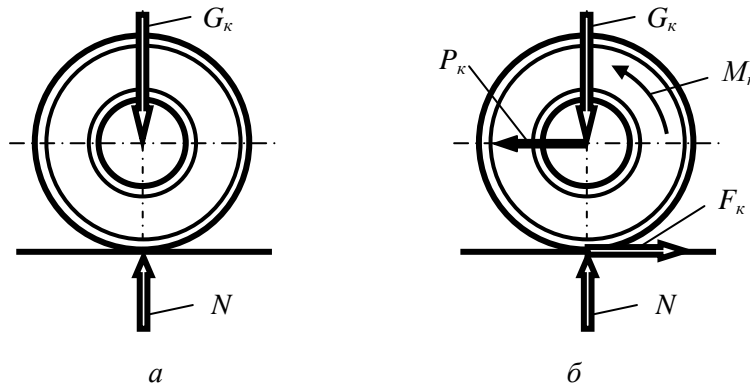


Рис. 1. Схема сил діючих на ведуче колесо:

a – стан нерухомості; b – стан руху; G_k – сила тяжіння, відповідна навантаженні на колесо; N – реакція дороги; P_k – сила тяги; F_k – сила тертя; M_k – обертаючий момент

В реальності дію сил при русі колеса автомобіля по поверхні дороги є досить складним явищем і залежить від багатьох причин. Однак зауважимо, що за рахунок сили тертя забезпечується зчеплення колеса автомобіля з поверхнею дороги.

Коефіцієнт зчеплення φ , залежить від багатьох чинників: ступеня зносу малюнка протектора шин, тиску в шинах, швидкості руху, виду і стану дорожнього покриття тощо. У таблиці 1 надано середні значення коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям для різних типів поверхонь автомобільних доріг.

Таблиця 1.

Коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям φ для різних типів поверхонь руху

Тип дорожнього покриття	Коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям φ в залежності від стану дорожнього покриття	
	сухе покриття	мокре покриття
Асфальтобетонне, цементобетонне	0,7–0,8	0,4–0,6
Щебенева	0,6–0,7	0,3–0,5
Ґрунтова дорога	0,5–0,6	0,2–0,4
Сніговий покрив	0,2–0,3	
Ожеледиця	0,1–0,2	

Ймовірність подолання маршруту можна визначити за формулою:

$$P_1 = P(\varphi).$$

Якісний вид графіка ймовірності подолання маршруту в залежності від коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям представлений на рисунку 2.

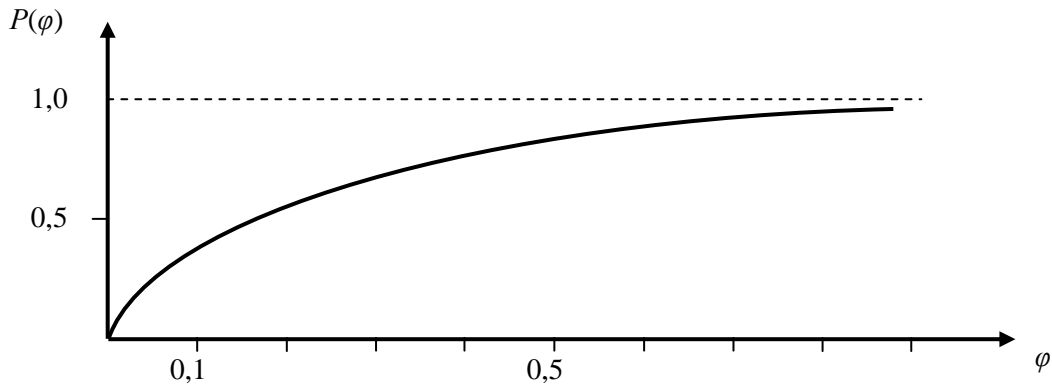


Рис. 2. Графік залежності ймовірності подолання маршруту від коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям

З графіку видно, що при низькому значенні коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою (ожеледиця, мокра дорога), значення ймовірності подолання маршруту буде невисоким. І, навпаки, при збільшенні значення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою (сухе асфальтобетонне покриття), ймовірність подолання маршруту буде наближатися до максимально високого значення.

Визначення ймовірності подолання маршруту за формулою наведеною вище не в повній мірі може характеризувати виконання завдання автомобілем. Тому в якості комплексного показника безвідмовності системи «автомобіль-дорога» пропонується використовувати коефіцієнт можливості здійснення перевезень $K_{мзп}$.

Коефіцієнт оперативної готовності та ймовірність подолання маршруту є подіями пов'язаними і незалежними. Згідно з теоремою множення ймовірностей незв'язаних і незалежних подій вираз для коефіцієнта можливості здійснення перевезень можна представити в наступному вигляді:

$$K_{мзп} = K_{оз} \cdot P(\varphi).$$

Так, наприклад, при значеннях коефіцієнта оперативної готовності $K_{оз} = 0,9$ і ймовірності подолання маршруту $P(\varphi) = 0,8$ (сухе асфальтобетонне покриття) коефіцієнт можливості здійснення перевезень буде $K_{мзп} = 0,72$. А при значеннях коефіцієнта оперативної готовності $K_{оз} = 0,9$ і ймовірності подолання маршруту $P(\varphi) = 0,6$ (мокре асфальтобетонне покриття) коефіцієнт можливості здійснення перевезень буде $K_{мзп} = 0,54$, що відповідає ймовірності виконання АТ завдання.

Висновки

1. Проведено аналіз оцінки надійності системи «автомобіль-дорога». Розглянуто вплив коефіцієнта оперативної готовності, дорожніх умов, ймовірності подолання маршруту на виконання завдання АТ.

2. Запропоновано якісний графік залежності ймовірності подолання маршруту від коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям автомобільної дороги.

3. Запропоновано та обґрунтовано формула, що дозволяє оцінювати ймовірність виконання поставленого завдання автомобільною технікою. Дана формула пов'язує складові системи «автомобіль-дорога».

Запропоновано та обґрунтовано формула, що дозволяє оцінювати ймовірність виконання поставленого завдання автомобільною технікою. Дана формула пов'язує складові системи «автомобіль-дорога».

Список використаних джерел

1 Автомобильная техника. Автомобильные войска. Автомобильная служба: учебник – М.: Воениздат, 1982. – 348 с.

2 Воинские автомобильные перевозки: учебник. – М.: Воениздат, 2002. – 192 с.

3. Надёжность и эффективность в технике: Справочник: в 10 т./Ред. совет: В. С. Авдудевский (пред.) и др. Т. 2: Математические методы в теории надёжности и эффективности / Под ред. Б. В. Гнеденко. – М.: Машиностроение, 1987. – 227 с.
4. Іванченко А.О. Визначення комплексного показника боєготовності військової техніки з урахуванням коефіцієнту оперативності / Іванченко А.О., Шаповал О.М.; Бойков І.В. // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. № 1. – Харків, 2018. – С. 109 – 115.
5. Патент України 8852 МПК: G03B 41/00. Пристрій для автоматизованого цифрового знімання параметрів автомобільної дороги / Присяжнюк А.Й., Бурачек В.Г., Васильев О.П., Каракай С.В., Шульд Р.В., Малік Т.М.; опубл. 15.08.2005.
6. Формальчик Є.Ю., Олісевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є.Ю.Формальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
7. Заворицкий В.И., Старовойда В.П., Билятинский А.А. и др. Справочник. Проектирование и строительство автомобильных дорог. – К.: Техника, 1996. – 383 с.
8. ДСТУ 3587–97 Безопасность дорожного движения. Автомобильные дороги, улицы и железнодорожные переезды. Требования к эксплуатационному состоянию. – К.: Госстандарт Украины, 1997. – 23 с.
9. ДБН В.2.3–4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 110 с.
10. Степанов И.С., Покровский Ю.Ю., Ломакин В.В., Ю.Г. Москалева Влияние элементов системы водитель – автомобиль – дорога – среда на безопасность дорожного движения: Учебное пособие – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 171 с.

Рецензенти:

Володимир Борисович Кононов, начальник кафедри метрології та стандартизації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, доктор технічних наук, професор.

Володимир Миколайович Нечипоренко, доцент кафедри інженерної техніки Національної академії Національної гвардії України, кандидат технічних наук, доцент.

Стаття надійшла до редакції 10.07.2019