

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ЗНОШУВАННЯ ШИН ВІД ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ РУХУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Визначена величина раціональної швидкості руху транспортного потоку автомобілів на ділянці дороги за економічним критерієм. В якості показника, що обумовлює інтенсифікацію потоку, використана швидкість руху автомобілів, а ступінь ресурсозбереження характеризується інтенсивністю зношування шин.

Ключові слова: транспортний потік, автомобіль, швидкість, інтенсифікація, критерій економічний, шина, ресурсозбереження.

Abstract

The value of the rational speed of the traffic flow of cars on the road section according to the economic criterion was determined. The speed of cars was used as an indicator determining the intensification of the flow. The degree of resource conservation is characterized by the intensity of tire wear.

Keywords: traffic flow, car, speed, intensification, economic criterion, tire, resource conservation.

Вступ

Забезпечення економічного розвитку України й збереження природних ресурсів держави – це стратегічні задачі суспільства. Їх виконання неможливе без раціонального розвитку вантажних та пасажирських перевезень, які безпосередньо проявляються у вигляді транспортних потоків автомобілів (ТПА). Означені потоки характеризуються низкою показників. Якщо віддати перевагу безпеці руху та збереженню природних ресурсів, то погіршуються показники ефективності використання транспорту. Проблемою є узгодження значень всієї сукупності показників без ігнорування суттєвого погіршення важливих характеристик.

Метою роботи є визначення величини швидкості автомобілів, що обумовлює раціональний рух ТПА за економічним критерієм..

Результати дослідження

Досліджені дві характеристики ТПА: 1) швидкість руху, що обумовлює інтенсифікацію потоку; 2) інтенсивність зношування протектора шин, що характеризує ступінь збереження природних ресурсів. В роботі розглядається одна з стадій життєвого циклу потоку, коли він характеризується усталеним (стаціонарним) рухом автомобілів і швидкості кожного з них є постійними.

В якості нелінійної цільової функції, що має бути мінімізована, вибрані загальні питомі витрати B_{Σ} , зростання яких може бути пов'язане з двома варіантами зміни стану ТПА, що викликані збільшенням витрат, обумовлених зниженням швидкості АТЗ B_V або інтенсифікацією використання природних ресурсів B_P . Нижче виконана формалізація останніх висновків у математичному вигляді

$$B_{\Sigma} = B_V + B_P, \text{ грн.} \quad (1)$$

Для поєднання обох складових в формулі (1), усі витрати визначені на одиницю довжини (1 км) ділянки L_c , де рух ТПА є стаціонарним. Нижче обґрунтовані вирази, що використані для розрахунку означених складових загальних витрат. Перша складова B_V , визначена за рекомендацією [1] для ТПА, що має інтенсивність N , швидкість руху V , а вартість однієї години затримки АТЗ в сполученні дорівнює B_r .

$$B_V = (L_c \cdot N \cdot B_r) \cdot V^{-2}, \text{ грн./км.} \quad (2)$$

Друга складова B_p загальної цільової функції – витрати, обумовлені інтенсифікацією використання природних ресурсів, обґрунтована нижче. Автомобільний транспорт використовує велику сукупність природних ресурсів, основні з яких наступні: нафта, залізна та мідна руди, глінозем, каучук тощо. Питання економії палива, мастильних матеріалів, різних металів розглянуті в багатьох наукових роботах.

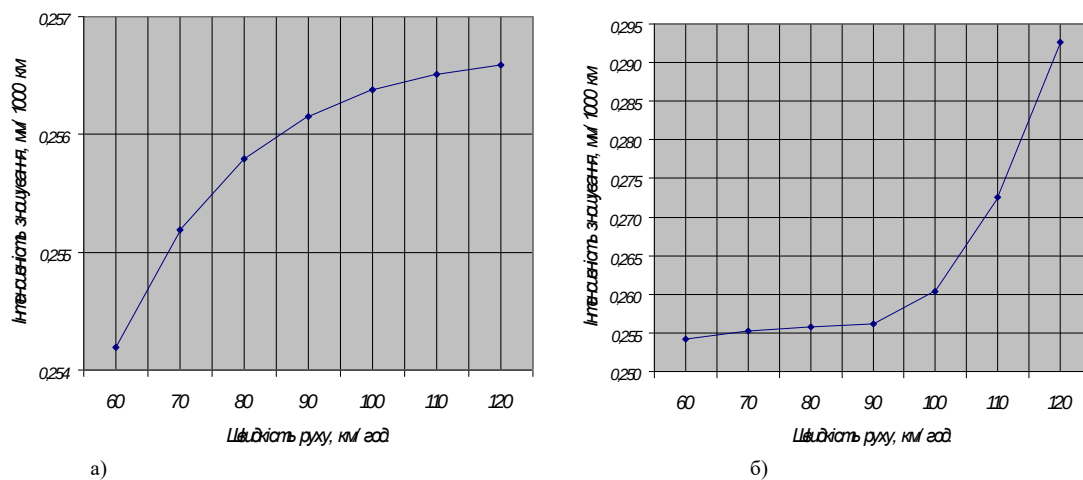
Нижче досліджена інтенсивність використання нафти та каучука, які є вихідною сировиною для виробництва протектора шини і витрачаються при зношуванні бігової доріжки. У роботі спочатку розглянута інтенсивність рівномірного зношування рисунка протектора на твердій поверхні, що забезпечує належне зчеплення автомобіля з дорогою й запобігає механічним ушкодженням шини у залежності від зміни швидкості руху.

Розглядається приклад руху легкового автомобіля при використанні всесезонних легковантажних шин 215/90-15C з універсальним рисунком протектора виробництва ЗАТ «ROSAVA» [3], що має індекс швидкості 110 (K) та роздрібну ціну 4500 грн. Нижче наведена формула для розрахунку інтенсивності зношування протектора означеної шини з урахуванням швидкості автомобіля [4]

$$\alpha = \alpha_0 \cdot e^{b_1 t_1 (1 - e^{-b_2 v})}, \text{ мм / 1000 км,} \quad (3)$$

де α_0 - інтенсивність зношування протектора шини при температурі 0°C , мм/1000 км;
 t_1 - температура навколишнього середовища, $^\circ\text{C}$; b, b_1 - емпіричні коефіцієнти.

Інтенсивність зношування протектора при температурі 0°C була визначена з урахуванням норми середнього ресурсу обраної шини (55000 км [5]). Вона, при належних умовах руху, повинна бути, біля 0,21 мм/1000 км. Слід відзначити, що на інтенсивність зношування протектора суттєво впливає температура навколишнього середовища але у формулі (3) вона прийнята постійною величиною, яка дорівнює 20°C . Спостерігалася наступна тенденція зміни інтенсивності зношування протектора шини в залежності від швидкості автомобіля (рис. 1а).



а) – абразивне механічне зношування; б) – абразивне механічне зношування з урахуванням розм'якшення та скручування гуми після швидкості 90 км/год.

Рис. 1. Залежності інтенсивності зношування протектора шини від швидкості автомобіля

Нижче розглянута інтенсивність передчасного зношування протектора, що може бути обумовлена сукупністю наступних основних чинників: несприятливим дорожнім покриттям, нераціональною швидкістю, несприятливою температурою навколишнього середовища, технічним станом шин тощо. Що стосується температурного режиму матеріалу шини, що досліджується, то раціональними за опором коченню та терміном експлуатації вважають температури $70-75^\circ\text{C}$ при температурі повітря навколишнього середовища 20°C . Критичними вважаються температури від 100 до 120°C [6]. Нижче розраховані швидкості автомобіля, при яких спостерігаються критичні температури протектора для шини 215/90-15C, що має середній діаметр D_c та ширину профіля B .

$$V = \frac{12900 \cdot k \cdot D_c \cdot B \cdot \tau}{G_k \cdot f}, \text{ км/год.,} \quad (4)$$

Колесо обертається з коефіцієнтами опору коченню f та теплопередачі k при навантаженні на шину G_k . При підвищенні температури нагрівання шини, гума розм'якшується і, близько до критичної швидкості, стає липкою, що обумовлює захоплення смужок гуми з поверхні протектора нерівностями дороги і подальше їх скручування в невеликі джгути. Відбувається надрив гуми, шар гуми звертається в скатку і потім відокремлюється від основної маси матеріалу. Таке явище може спостерігатися для шини, що розглядається, при швидкості вище 90 км/год. Глибина прогрівання зовнішнього слою протектора знаходиться у межах 0,025-0,03 мм гуми [4].

Скатування стрічок гуми протектора при швидкостях 90-120 км/год визначено за прийнятою у роботі формулою

$$\alpha_c = \alpha_1 + b_2(V - 90)^2, \quad (5)$$

де α_1 - величина рівномірної абразивної інтенсивності зношування при швидкості 90 км/год;
 b_2 - коефіцієнт пропорційності.

Отже, було розглянуто два види зношування, величини яких розраховуються за наступними формулами

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_0 \cdot e^{b_1 t_1 (1 - e^{-bV})}, & V \leq 90 \text{ км/год.}, \\ \alpha_0 \cdot e^{b_1 t_1 (1 - e^{-bV})} + [\alpha_1 + b_2 (V - 90)^2], & V > 90 \text{ км/год.} \end{cases} \quad (6)$$

Сумарний знос – результат двох видів зношування, як функція швидкості, наведений на рис. 1б.

Отримана вартість матеріалу B_m , що втрачається в результаті зносу шини, яка має зовнішній радіус R , ширину протектора $Ш_{\pi}$ та вартість одиниці об'єму матеріалу v_m

$$B_m = 0,001 \cdot \alpha \cdot 2\pi R \cdot Ш_{\pi} \cdot v_m, \text{ грн./км.} \quad (7)$$

Вартість одиниці об'єму матеріалу протектора прийнята з розрахунку 25 % від загальної вартості відновленої шини, яка у свою чергу складає 65% від первісної ціни нової шини, що дорівнює 4500 грн. [3].

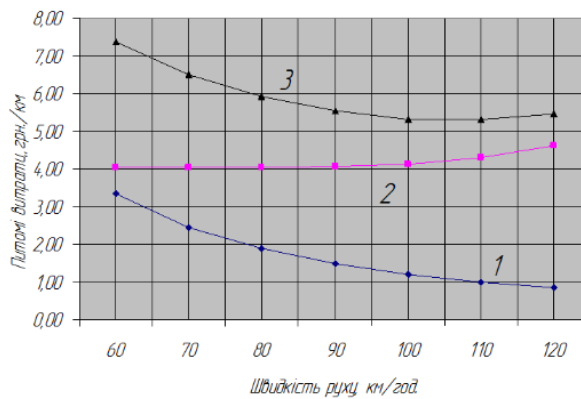
Сумарні питомі економічні витрати, розраховані для 1 км ділянки автомобільної дороги I категорії з інтенсивністю руху 18000 авт./добу, яка знаходиться на достатньому віддаленні від міст, що може обумовити наявність усталеного руху автомобілів. Витрати, обумовлені інтенсифікацією використання природних ресурсів у ТПА

$$B_m^{\text{ТПА}} = q \cdot B_m \cdot n_k, \text{ грн./км,} \quad (8)$$

де $q = \text{const}$ - щільність ТПА, авт./км; n_k - кількість коліс для легкового автомобіля, од.

У дослідженні був обраний позапіковий період руху ТПА, який характеризується наступною залежністю $N_{\text{год}} = 0,076 \cdot N_{\text{доб}}$ [7] годинної інтенсивності від добової.

Величина раціональної швидкості руху ТПА на означеній ділянці дороги зі стаціонарним режимом руху розраховувалася із застосуванням програмного забезпечення «EXCEL-03». Залежності питомих витрат від швидкості руху ТПА наведені на рис. 2.



1 – з урахуванням часу переміщення, 2 – обумовлені витратами ресурсу за рахунок зносу протектора, 3 – сумарні питомі витрати
Рис. 2. Залежності питомих витрат від швидкості руху автомобілів ТПА.

Висновки. Інтенсивність зношування протектора шини прямо залежить від швидкості руху автомобіля. При високих швидкостях знос шин стає більш нерівномірним, що може призводити до зниження ефективності зчеплення та безпеки руху. Згідно значення мінімуму сумарних питомих витрат, доречно обрати швидкість в околі 110 км/год., що забезпечує раціональні витрати ресурсів з належним рівнем продуктивності роботи ТПА. Однак, зниження швидкості до 100 км/год. значуще не впливає на рівень сумарних питомих витрат. Коливання вартості матеріалу протектору $\pm 5\%$ також не впливає на оптимальне значення швидкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Четверухін Б.М., Душник В.Ф. Оптимізація швидкості транспортного потоку в зонах заспокоєного руху. Автошляховик України: Вісник Центрального наукового центру ТАУ. 2003. Вип. 6. С. 107 – 110.
2. Макарова Т.В. Про економічні показники руху транспортного потоку автомобілів. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал №5 (159) 2011 С.86-89.
3. Чурсов С.О. Процеси деградації матеріалів пневматичних шин та забезпечення опору механічних властивостей. Вісник Херсонського національного технічного університету № 4(87) (2023). DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.22>.
4. Шльончак І.А., Батраченко О.В. Утилізація автомобільних шин: українська перспектива. Центральнотехнічний науковий вісник ТАУ. Вип. 10 (41). 2024. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.221-227](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.221-227).
5. Червінчук А.В., Пилипенко Є.О. Сезонність шин колісних транспортних засобів: технічні вимоги та правова регламентація. Електронне наукове видання «Аналітично-порівняльне правознавство», 2023. DOI: <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2023.01.71>.

Макаров Володимир Андрійович – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: makarov@vntu.edu.ua.

Нагорний Андрій Леонідович – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти групи 1АТ-24м кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

Філіппов Віталій Анатолійович – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти групи 2АТ-24м кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

Makarov Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: makarov@vntu.edu.ua.

Nagorny Andriy – a graduate of the second (master's) level of higher education, group 1AT-24m, Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University.

Filippov Vitaliy – a graduate of the second (master's) level of higher education, group 2AT-24m, Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University.