

А. Р. Дегтяр; А. П. Фалендиш, д. т. н., проф.; О. В. Березюк, д. т. н., доц.

ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ НАВАНТАЖЕННЯМИ ТА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Навантаження на транспортний засіб є одним з найважливіших параметрів, який необхідно врахувати в процесі його експлуатації, оскільки воно впливає на керованість, стійкість, експлуатаційні характеристики та безпеку транспортного засобу. Визначення регресійних взаємозалежностей між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу при перевезеннях є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійних взаємозалежностей між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень, що можуть бути використані для підвищення рівня безпеки та зниження ризиків для працівників, які займаються перевезенням вантажів. Під час проведення дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором раціонального виду функції з найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції. Регресії проводились на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресій здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір. Отримано адекватні регресійні взаємозалежності між навантаженнями та технічним станом транспортного засобу під час перевезень, що можуть бути використані для підвищення рівня безпеки та зниження ризиків для працівників, які займаються перевезенням вантажів. Побудовано графічні взаємозалежності між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу при перевезеннях, які дозволяють наочно проілюструвати ці залежності та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними. Встановлено, що за збільшення повздовжньої та поперечної сили у зоні контакту шин із дорожнім покриттям інтенсивність вагового зносу шин зростає за степеневими залежностями. При цьому зростання інтенсивності вагового зносу шин від збільшення поперечної сили є більш інтенсивним, ніж від збільшення повздовжньої сили.

Ключові слова: навантаження, технічний стан, знос шин, інтенсивність вагового зносу, перевезення, транспортний засіб, регресійний аналіз, регресійна залежність.

Вступ

Актуальність дослідження полягає у необхідності вдосконалення підходів з визначення навантаження транспортного засобу під час перевезень з урахуванням його технічного стану, що обумовлюється низкою причин. По-перше, в Україні існує велика кількість транспортних засобів, які перебувають у технічно незадовільному стані. Це може призводити до перевантаження транспортних засобів, що, в свою чергу, може негативно вплинути на їхню безпеку та експлуатаційні характеристики. По-друге, наявні підходи до визначення навантаження транспортного засобу не враховують його технічного стану. Це може призвести до того, що транспортні засоби будуть перевантажуватися навіть при їх технічно задовільному стані.

Постановка проблеми

Навантаження на транспортний засіб є одним з найважливіших параметрів, який необхідно врахувати в процесі його експлуатації. Навантаження впливає на керованість, стійкість, експлуатаційні характеристики та безпеку транспортного засобу. Тому визначення регресійних взаємозалежностей між навантаженнями та технічним станом транспортного

засобу під час перевезень, що можуть бути використані для підвищення рівня безпеки та зниження ризиків для працівників, які займаються перевезенням вантажів, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Обрана тематика яскраво відображається у працях В. М. Гуменюка, В. І. Корнієнка, Н. Трушкіної, М. В. Пушкаренка, О. В. Шевчука та інших авторів [1 – 8]. Незважаючи на активний розгляд обраної тематики, все ще не вдалося виявити найефективніший метод здійснення навантаження транспортного засобу, що і створює передумови для проведення досліджень з обраної тематики.

Для визначення навантаження на транспортний засіб застосовується ряд методів. Ваговий метод визначення навантаження є найбільш точним методом, оскільки він є заснованим на прямому вимірюванні навантаження. Цей метод застосовується для всіх типів транспортних засобів, незалежно від їхньої конфігурації та умов експлуатації. Ваговий метод може використовуватися в різних умовах, включаючи дороги з різним покриттям і в різних погодних умовах. Метод визначення навантаження на основі об'єму заснований на вимірюванні об'єму вантажу. Об'єм вантажу можна виміряти за допомогою спеціального обладнання, наприклад, лічильників вантажу або ультразвукових датчиків. В усіх країнах ваговий метод є найточнішим методом визначення навантаження на транспортні засоби і є обов'язковим для застосування в деяких випадках, наприклад, для контролю за дотриманням допустимих навантажень на вісь. Метод на основі об'єму також використовується в деяких країнах, наприклад, для визначення навантаження на транспортні засоби, які перевозять рідкі або сипучі вантажі [1].

Технічне обслуговування є важливим фактором, який впливає на технічний стан транспортного засобу. Технічне обслуговування дозволяє підтримати транспортний засіб в працездатному стані і запобігти передчасному зносу. Існує декілька видів технічного обслуговування [2]:

- повсякденне технічне обслуговування – роботи, які проводяться водієм транспортного засобу перед кожною поїздкою;
- періодичне технічне обслуговування – роботи, які проводяться через певні проміжки часу або за пробігом транспортного засобу;
- сезонне технічне обслуговування – роботи, які проводяться перед початком і після закінчення сезону експлуатації транспортного засобу.

Ремонт є крайнім заходом, який проводиться в разі, якщо транспортний засіб не може бути відновлений шляхом технічного обслуговування. Ремонт дозволяє відновити працездатність транспортного засобу, але він є більш дорогим і трудомістким, ніж технічне обслуговування. Технічний стан транспортного засобу має значний вплив на його загальну ефективність. Задовільний технічний стан транспортного засобу дозволяє [2]:

- збільшити працездатність транспортного засобу;
- зменшити витрати на паливо та експлуатаційні матеріали;
- знизити рівень ризику виникнення аварій.

Незадовільний технічний стан транспортного засобу може призвести до зниження працездатності транспортного засобу, збільшення витрат на паливо та експлуатаційні матеріали, а також підвищення рівня ризику виникнення аварій. Важливо регулярно проводити технічне обслуговування транспортного засобу і усувати всі виявлені пошкодження, щоб забезпечити його працездатність і рівень безпеки. Для визначення технічного стану транспортного засобу використовуються різні прилади, зокрема [3]:

- стетоскоп використовується для виявлення несправностей в двигуні, ходовій частині та інших елементах транспортного засобу;

- ультразвуковий тестер застосовується для виявлення нерівностей і тріщин на поверхні деталей транспортного засобу;
- тахометр використовується для вимірювання частоти обертання колінчастого вала двигуна;
- датчики тиску застосовуються для вимірювання тиску в шинах, гальмівних контурах та інших системах транспортного засобу;
- датчики температури використовуються для вимірювання температури в різних вузлах і агрегатах транспортного засобу.

Одним з можливих підходів до розробки методики є використання методів машинного навчання [4]. Методами машинного навчання можна здійснити прогнозування розподілу навантаження на транспортний засіб на основі даних про технічний стан транспортного засобу.

Після того, як модель машинного навчання буде запроваджена, її можна використати для прогнозування розподілу навантаження на транспортні засоби [5]. Для цього необхідно ввести в модель дані про технічний стан транспортного засобу. Прогноз розподілу навантаження дозволяє підвищити ефективність управління навантаженням. Наприклад, прогноз розподілу навантаження можна використати для:

- прогнозування зносу елементів конструкції транспортного засобу;
- прогнозування аварійності транспортного засобу;
- планування ремонту транспортного засобу.

В роботі [6] розглянуто приклад використання методики для визначення навантаження на автомобіль. Для цього необхідно отримати дані про технічний стан автомобіля. Ці дані можна отримати за допомогою датчиків, які встановлюються в автомобілі. Датчики можуть виміряти такі параметри, як:

- ступінь зносу шин;
- ступінь зносу елементів підвіски;
- ступінь зносу елементів кузова.

У випадку виявлення нерівномірного розподілу навантаження на осі автомобіля необхідно провести діагностику транспортного засобу для виявлення і усунення несправностей [7].

Окрім здійснення впливу на експлуатаційні характеристики транспортних засобів, впровадження нових методик також може позитивно вплинути на систему охорони праці під час перевезення вантажів [8].

В статті [9] обґрунтовано застосування імітаційного моделювання на реальному автотранспортному підприємстві для визначення оптимальної стратегії його розвитку. Серед варіантів розвитку автотранспортного підприємства зокрема зазначено створення станції визначення технічного стану транспортних засобів.

У матеріалах роботи [10] отримано залежності впливу обсягів робіт з технічного обслуговування та ремонту автомобілів з урахуванням завантаженості персоналу, технологічного обладнання та використання виробничих площ на собівартість виконуваних робіт.

В статті [11] запропонована модель системи управління технічною експлуатацією шин та вузлів автомобілів на підставі інформації про інтенсивність і характер зносу протектора шин та визначення нормативу ресурсу шин, яка дозволяє змінювати структуру комплексу технічних дій, гнучко використовуватися разом з іншими системами управління технічним станом, зменшити вартість та терміни технічного обслуговування.

Стаття [12] присвячена встановленню закономірностей зносу шин сміттєвозів під час транспортування твердих побутових відходів. За допомогою використання планування експерименту першого порядку з ефектами взаємодії першого порядку методом Бокса-Уілсона визначено адекватні закономірності зносу шин сміттєвоза на передній та

задній осях від перевезеної маси твердих побутових відходів та пробігу сміттєвоза. Отримано закономірності кількості рейсів сміттєвоза до граничнодопустимого зносу шин на передній та задній осях.

В роботі [13] дані щодо інтенсивності вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень для різних значень навантажень (повздовжньої та поперечної сил). Однак конкретних математичних взаємозалежностей між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень в результаті аналізу відомих публікацій авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійних взаємозалежностей між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень, що можуть бути використані для підвищення рівня безпеки та зниження ризиків для працівників, які займаються перевезенням вантажів.

Методи і матеріали

Для визначення регресійних взаємозалежностей між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень використано такі методи: регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 наведені дані щодо інтенсивності вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень для різних значень навантажень (повздовжньої та поперечної сил) [12]. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парні регресійні взаємозалежності між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень.

Регресії проводились на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz" [14], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір і детально описана в роботах [15, 16].

Таблиця 1

Інтенсивність вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень для різних значень навантажень [13]

Повздовжня сила, Н	20	250	500	750	1000	1100	
Інтенсивність вагового зносу шин, мг/км	25,3	26,8	30,6	36,6	48,3	60,0	
Поперечна сила, Н	20	250	500	750	1000	1100	1250
Інтенсивність вагового зносу шин, мг/км	19,7	24,6	41,9	93,7	248,9	365,8	700,0

Програма "RegAnaliz" дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором раціонального виду функції із найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнту кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Bitmap.

Результати регресійного аналізу наведені в таблиці 2, де сірим кольором позначено комірки з максимальними значеннями коефіцієнтів кореляції R для кожної із функцій.

Результати регресійного аналізу взаємозалежностей між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу при перевезеннях

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R		№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	
		$I_m = f(P_x)$	$I_m = f(P_y)$			$I_m = f(P_x)$	$I_m = f(P_y)$
1	$y = a + bx$	0,92865	0,84644	9	$y = ax^b$	0,75658	0,79014
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,98601	0,97749	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,70131	0,58997
3	$y = a + b / x$	0,49225	0,37679	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,70131	0,58997
4	$y = x / (a + bx)$	0,89441	0,31132	12	$y = a / (b + x)$	0,98601	0,97749
5	$y = ab^x$	0,96296	0,98357	13	$y = ax / (b + x)$	0,60385	0,74256
6	$y = ae^{bx}$	0,96296	0,98357	14	$y = ae^{b/x}$	0,54818	0,56620
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,96296	0,98357	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,54818	0,56620
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,56262	0,70138	16	$y = a + bx^n$	0,99479	0,99927

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних таблиці 1 як найбільш адекватні остаточно прийняті такі регресійні взаємозалежності:

$$I_m = 26,24 + 2,426 \cdot 10^{-8} P_x^3 \quad [\text{МГ/КМ}]; \quad (1)$$

$$I_m = 28,69 + 2,181 \cdot 10^{-13} P_y^5 \quad [\text{МГ/КМ}], \quad (2)$$

де I_m – інтенсивність вагового зносу шин, мг/км; P_x , P_y – поздовжня та поперечна сила у зоні контакту шин із дорожнім покриттям, відповідно, Н.

На рис. 1 показано фактичні та теоретичні графічні взаємозалежності між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень.

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретичні інтенсивності вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень, розраховані за допомогою рівнянь регресії (1) та (2), несуттєво відрізняється від даних, наведених в роботі [13], що підтверджує визначену раніше достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними даними.

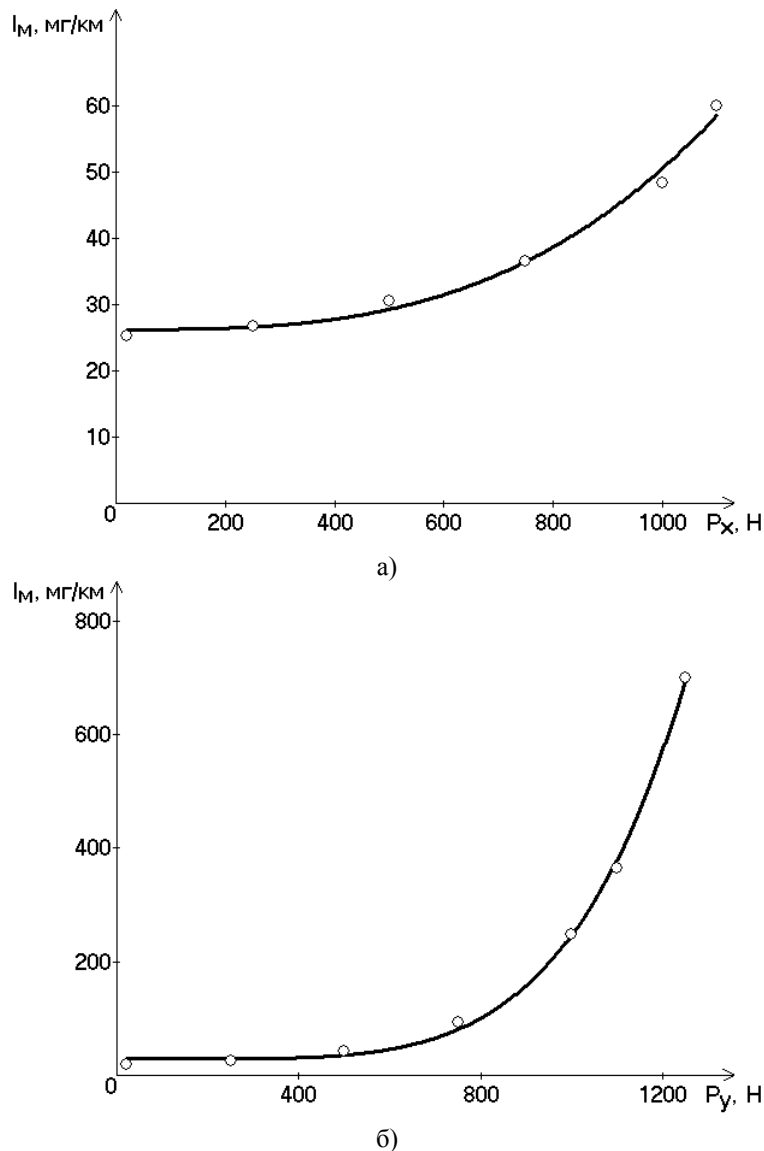


Рис. 1. Взаємозалежності між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень: а) $I_M = f(P_x)$; б) $I_M = f(P_y)$; фактична \circ , теоретична —

Як видно із рис. 1, зростання інтенсивності вагового зносу шин від збільшення поперечної сили є більш інтенсивним ніж від збільшення повздовжньої сили.

Висновки

1. Визначено регресійні взаємозалежності між навантаженнями та технічним станом транспортного засобу під час перевезень, що можуть бути використані для підвищення рівня безпеки та зниження ризиків для працівників, які займаються перевезенням вантажів.

2. Побудовано графічні взаємозалежності між навантаженнями та інтенсивністю вагового зносу шин транспортного засобу під час перевезень, які дозволяють наочно проілюструвати ці залежності та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.

3. За допомогою регресійного аналізу встановлено, що за збільшення повздовжньої та поперечної сили у зоні контакту шин із дорожнім покриттям інтенсивність вагового зносу шин зростає за степеневими залежностями. При цьому зростання інтенсивності вагового зносу шин від збільшення поперечної сили є більш інтенсивним ніж від збільшення повздовжньої сили, що доцільно враховувати під час проведення технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трушкіна Н. Удосконалення організаційно-економічного механізму управління логістичною діяльністю підприємства / Н. Трушкіна // Міжнародний науковий електронний журнал. – 2019. – № 4. – С. 156 – 172.
2. Кравець В. В. Метод визначення навантаження на транспортний засіб з урахуванням його технічного стану / В. В. Кравець, В. М. Гуменюк // Вісник Національного транспортного університету. – 2023. – № 2 (37). – С. 128 – 133.
3. Корнієнко В. І. Метод машинного навчання для визначення навантаження на транспортний засіб / В. І. Корнієнко, І. О. Бондаренко, В. М. Загороднюк // Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2022. – № 1 (350). – С. 58 – 63.
4. Кириченко О. В. Методи визначення навантаження на транспортний засіб / О. В. Кириченко, О. В. Шевчук // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2021. – № 70. – С. 113 – 120.
5. Гураль Я. В. Розробка методу визначення розподілу навантаження на вісях вантажного автомобіля з урахуванням його технічного стану / Я. В. Гураль, М. В. Пушкарєнко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2019. – № 7. – С. 114 – 120.
6. Корнієнко В. І. Розробка методики визначення навантаження на транспортний засіб з урахуванням технічного стану / В. І. Корнієнко, І. О. Бондаренко, В. М. Загороднюк // Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2021. – № 3 (349). – С. 63 – 68.
7. Кравець В. В. Аналіз існуючих підходів до визначення навантаження транспортного засобу / В. В. Кравець, В. М. Гуменюк // Вісник Національного транспортного університету. – 2022. – № 4 (36). – С. 134 – 141.
8. Дубицький О. С. Проблеми та перспективи розвитку міжнародного ринку транспортних послуг / О. С. Дубицький // Центрально-український науковий вісник. – 2020. – № 3 (34). – С. 305 – 312.
9. Цимбал С. В. Розробка методики вибору стратегії розвитку підприємств автомобільного транспорту / С. В. Цимбал // Вісник ЖДТУ. – 2014. – № 2 (69). – С. 198 – 203.
10. Митко М. В. Удосконалення структури виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів / М. В. Митко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – № 6. – С. 104 – 110.
11. Сакно О. П. Оптимізація показників роботи АТП за рахунок поліпшення управління управління експлуатацією шин вантажних автомобілів / О. П. Сакно // Вісник СевНТУ. – 2012. – С. 8 – 11.
12. Bereziuk O. V. Establishing the peculiarities of tire wear of garbage trucks during the transportation of municipal solid waste / O. V. Bereziuk, V. I. Savulyak, V. O. Kharzhevskiy // Problems of Tribology. – 2023. – № 28 (1/107). – P. 59 – 64. – <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2023-107-1-59-64>.
13. Сакно О. П. Управління ресурсом шин засобів транспорту за рахунок удосконалення контролю зносу протектора: дис...канд. техн. наук: 05.22.20 / Сакно Ольга Петрівна. – Х., 2013. – 220 с.
14. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") / О. В. Березюк // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 49486. – К.: Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 03.06.2013.
15. Березюк О. В. Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 2 (8). – С. 43 – 45.
16. Березюк О. В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 1. – С. 40 – 45.

Стаття надійшла до редакції 20.12.2023.

Стаття пройшла рецензування 28.12.2023.

Дегтяр Артур Русланович – студент 6-го курсу кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу.

Фалендиш Анатолій Петрович – д. т. н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу.

Приазовський державний технічний університет.

Березюк Олег Володимирович – д. т. н., доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.

Вінницький національний технічний університет.