

Сафаров Е.Г.

*Відкритий міжнародний університет розвитку людини "Україна"***ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕДАЧІ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДО ВЕДУЧИХ КОЛІС
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Для розвитку сучасного транспортного сектора важливим є вивчення процесів, що відбуваються у вузлах та механізмах силової взаємодії. Автомобільна галузь складає значну частину сучасного транспорту. Параметри руху автомобіля значною мірою залежать від взаємодії сил, що виникають у місцях зіткнення провідних коліс із дорогою. Автомобільні колеса працюють у складних пружно-напружених та деформаційних умовах. Тому особливий інтерес представляє вивчення процесів, що відбуваються в зоні взаємодії провідних коліс із дорогою.

Найважливішим фактором, що впливає на силу тяги транспортних засобів, є спосіб передачі крутного моменту на провідне колесо. Фізико-механічні характеристики матеріалу шини, сила тертя, способи формування та передачі потужності двигуна до провідних коліс, зв'язок тягової сили з потужністю, опір коченню - ці та інші фактори, що впливають на ККД і тягові характеристики автомобільного транспорту, ставлять перед розробниками завдання, що складно вирішуються.

У статті розглянуто деякі силові аспекти взаємодії провідного колеса транспортних засобів із дорогою на початку руху. Заналізовано взаємозв'язок сил тяги та навантаження залежно від методу передачі потужності на провідні колеса. Виявлено фактори, що впливають на поступальний рух колеса. Проведено експерименти, що вносять деяку ясність розуміння сутності того, який метод передачі потужності провідним колесам є більш ефективним.

Ключові слова: момент кручення, ведучий момент, провідне колесо, шина, транспорт, момент інерції, сила тертя, гусеничний привід, опір коченню, сила тяги.

ВСТУП

Для збільшення ККД і тягової сили транспортних засобів є важливим, яким чином до колісних пар передається момент. Для розуміння силових факторів, що впливають на ефективне використання транспортних засобів, необхідно почати з вивчення взаємодії "колесо-дорога" у момент початку руху.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Опису досить складних процесів, що відбуваються у взаємодії "провідне колесо-дорога" присвячено безліч робіт. У роботі [1] аналізується рух з введенням певного параметра (поздовжнє знесення реакції) зсуву реакційної сили від вертикальної осі колеса. У роботі [2] наведено результати дослідження руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії з нахилом до дороги з високим коефіцієнтом зчеплення. Еластичне колесо розглядається як цілісний механізм, до складу якого входить жорсткий диск, еластичне тіло шини (пневматик) та значний за своїми розмірами контактний відбиток шини. У роботі [3] викладені нові сучасні погляди на теорію експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів. У навчальному посібнику використані результати наукових досліджень авторів та вчених у галузі проектування та розрахунку автомобілів та тракторів. У роботі [4] розглянуто загальну будову шасі тракторів та автомобілів, принцип дії основних вузлів, агрегатів та систем (трансмисії, системи керування, несівних систем), висвітлено їх призначення, вимоги, класифікації, типові схеми, принцип роботи. Проаналізовано й оцінено різні конструкції, розглянуто види навантажень та руйнувань. Висвітлено питання технічного обслуговування, пошуку й усунення несправностей, а також тенденції вдосконалення систем і механізмів тракторів та автомобілів. У роботі [5] заналізовані тягові характеристики тракторів.

У роботі [6] робляться уточнення, що в процесі кочення колеса, крім поздовжнього зносу нормальної реакції R_z , спостерігається також зміщення осі колеса на величину "с", тому при визначенні коефіцієнта опору коченню необхідно враховувати цей ефект, незважаючи на те, що зсув має невелику величину.

Аналіз досліджень, проведених у роботі [7] показав, що емпіричні залежності дають різний результат при виконні розрахунків, тому питання вибору метода розрахунку величини коефіцієнта опору кочення автомобільного колеса вимагає додаткового дослідження в частині його застосування в методах моделювання початку руху транспортного засобу на підйомі. У роботах [8,9] розглянуто порядок визначення основних експлуатаційних властивостей автомобіля. Наведені методики розрахунків елементів конструкції автомобіля. Подана методика тягово-швидкісного розрахунку

автомобіля. При цьому тягова сила P_T дорівнює підведеному до провідних коліс крутному моменту M_k , поділеному на радіус кочення колеса, де плече моменту приймається рівним радіусу колеса.

У роботах [10,11] подано порівняльну характеристику трактора "Білорусь", переробленого на гусеничний хід. Збільшення сили тяги пояснюється підвищенням сили тертя. У роботі [12] описаний процес формування провідного моменту.

Хоча проблемі присвячено досить багато робіт, та механізм створення ведучого моменту, сили тяги в залежності від способу передачі крутного моменту розкритий на недостатньому рівні.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження - колісна пара транспортного засобу.

Ціль - опис процесу передачі крутного момента до провідних коліс.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Описано процеси, що відбуваються у провідному колесі транспортних засобів на початку руху. З'ясовано фактори, що призводять до появи ведучого моменту, сили тяги в провідних колесах. Проведено експерименти, що вносять деяку ясність розуміння сутності того, який метод передачі потужності до провідних коліс є більш ефективним.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою статті є вивчення ефективності передачі крутного моменту від двигуна до провідних коліс. Найбільш поширеним способом передачі потужності у транспортних засобах є передача за допомогою приводного валу та диска колеса у вигляді розподіленого навантаження. Розглянуто інший спосіб передачі крутного моменту до провідних коліс за допомогою зубчастих коліс. Ефективність передачі крутного моменту оцінюється порівнянням сил тяги при різних варіантах навантаження.

Опис експерименту.

Експеримент 1.

Рухома платформа 1 (рис.1) з парами ведених 2 і провідних коліс 3 встановлена на нерухомій платформі 4 з підкладкою з м'якої гуми 5.

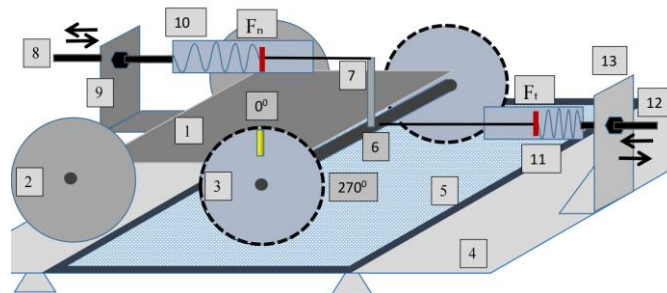


Рисунок 1 - схема проведення експерименту 1

Провідні колеса платформи виготовлені у вигляді зубчастих пластикових коліс. До осі 6 колісної пари прикріплені важіль 7. Навантаження колісної пари здійснюється за допомогою стрижня 8, з'єднаного з рухомою платформою кронштейном 9. Зусилля реєструється навантажуючим динамометром 10. Сила тяги вимірюється за допомогою динамометра 11, з'єднаного з віссю ведучих коліс. Регулюючий стрижень 12 динамометра тяги з'єднаний з нерухомою платформою кронштейном 13. За допомогою стрижня динамометра, що навантажує, конструкція виводиться з рівноважного стану, що контролюється мітками на колесах. Потім за допомогою стрижня динамометра тяги конструкція приводиться в рівноважний стан і реєструються показники динамометрів.

Експеримент 2.

Рухома платформа 1 (рис.2) з парами ведених 2 і провідних коліс 3 встановлена на нерухомій платформі 4 з підкладкою з м'якої гуми 5.

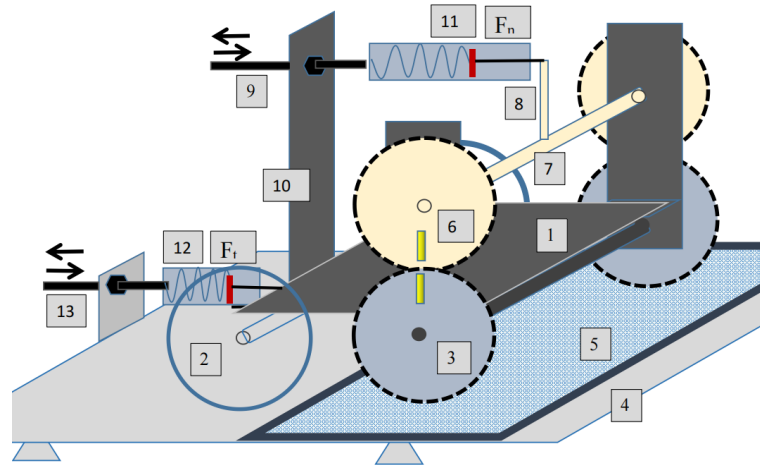


Рисунок 2 - схема проведення експерименту 2

Провідні колеса платформи виготовлені у вигляді пластикових зубчастих коліс, що знаходяться в зчепленні з іншою парою 6 такого ж діаметра. Точка зчеплення відповідає 0^0 ведучого колеса (рис.1).

До осі 7 колісної пари прикріпленій вертикальний важіль 8. Навантаження колісної пари здійснюється за допомогою стрижня 9, з'єднаного з рухомою платформою кронштейном 10. Зусилля реєструється динамометром 11. Сила тяги вимірюється за допомогою динамометра 12, з'єднаного з віссю колісної провідної пари. Регулюючий стрижень 13 динамометра тяги з'єднаний з нерухою платформою. За допомогою стрижня динамометра, що навантажує, конструкція виводиться з рівноважного стану. Потім за допомогою стрижня динамометра тяги конструкція приводиться в рівноважний стан і реєструються показники динамометрів.

Експеримент 3.

Рухомі платформа 1 (рис.3) з парами ведених 2 і провідних коліс 3 встановлена на нерухомій платформі 4 з підкладкою з м'якої гуми 5.

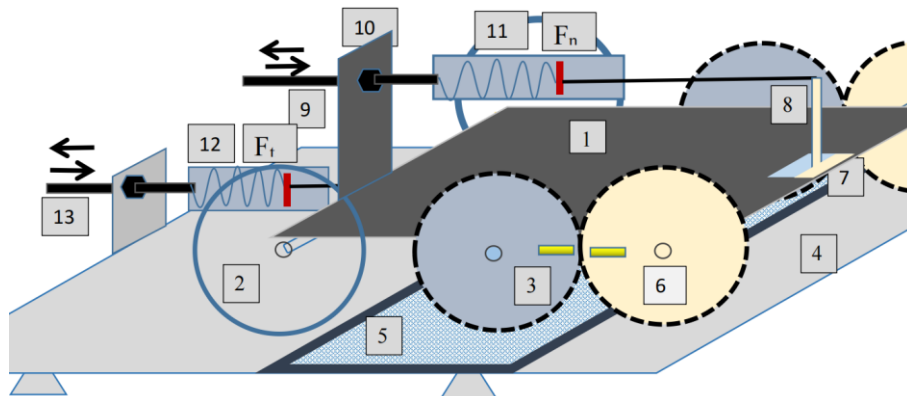
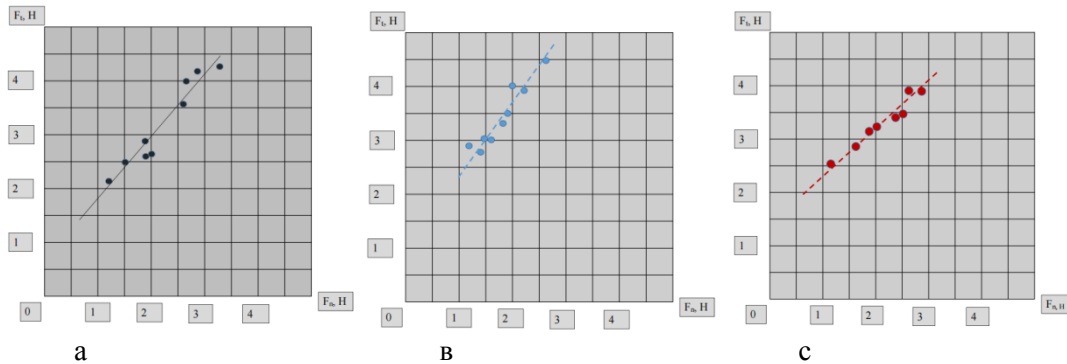


Рисунок 3 - схема проведення експерименту 3

Провідні колеса платформи виготовлені у вигляді пластикових зубчастих коліс, що знаходяться в зчепленні з іншою парою 6 такого ж діаметра. Точка зчеплення відповідає 270^0 ведучого колеса (рис.1). До осі 7 колісної пари прикріпленій вертикальний важіль 8. Навантаження колісної пари здійснюється за допомогою стрижня 9, з'єднаного з рухомою платформою кронштейном 10. Зусилля реєструється динамометром 11. Сила тяги вимірюється за допомогою динамометра 12, з'єднаного з віссю колісної провідної пари. Регулюючий стрижень 13 динамометра тяги з'єднаний з нерухою платформою. За допомогою стрижня динамометра, що навантажує, конструкція виводиться з рівноважного стану. Потім за допомогою стрижня динамометра тяги конструкція приводиться в рівноважний стан і реєструються показники динамометрів.

Слід зазначити, що довжина важелів 7(рис.1), 8(рис.2, рис.3) однакові.

На рис.4 (а, в, с) наведено залежності сил тяги F_t від сил навантаження F_n для експериментів 1, 2, 3 відповідно.

Рисунок 4 - залежності сил тяги F_t від сил навантаження F_n

Як видно, між силами тяги F_t та навантаження F_n простежується лінійна залежність. На рис 5 і 6 наведено силову схему і залежність $K = F_t / F_n$ від F_n при рівноважному стані платформи для всіх вивчених схем передачі крутного моменту до провідних коліс. Залежність має обернено-пропорційну форму з виходом на стабільні значення K^* .

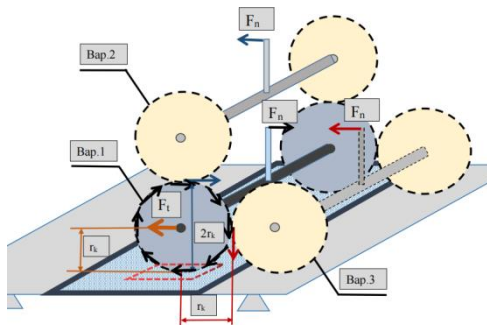
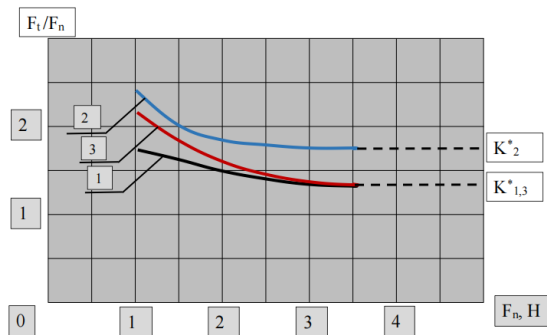


Рисунок 5 - силова схема

Рисунок 6 - залежність $K = F_t / F_n$ від F_n

Як видно, щодо створення сили тяги транспортного засобу найефективнішим є 2 варіант. Сила (момент) до провідних коліс передається в точці, найбільш віддаленій від точки контакту з нерухомою платформою плечем $2r_k$, що сприяє значному провідному моменту. При варіантах 1 і 3 сили тяги однакові і становлять 75% від сили тяги варіанта 2. Відношення коефіцієнтів K^*_2 і K^*_3 не відповідає теоретичному $(2r_k/r_k)$, що пов'язано зі значними пружними деформаціями в зоні контакту ведучого колеса з гумовою підкладкою. При невеликих величинах навантаження коефіцієнти K^* значно вищі, що, можливо, пов'язано незначними втратами на деформування гумової підкладки.

ВИСНОВКИ

Проведені експерименти дають підстави запропонувати альтернативні способи передачі крутного моменту від двигуна транспортного засобу до провідних коліс для створення більшої тягової сили. Особливо актуальною пропозиція може бути для електротранспорту з електромоторами на провідних колесах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гащук П.М., Нікіпчук С.В. Феноменологічне й модельне означення поняття "коефіцієнт опору коченню" колеса транспортної машини // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. - 2013. - № 759. - С. 16-25.
2. Солтус А.П., Клімов Е.С., Тарандушка Л. А. Особливості кочення еластичного колеса з нахилом до дороги // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. -2022. - т.18.
3. Подригало М.А., Шелудченко В.В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів[текст]: П44 Навч. посібн. // Суми.: Сумський національний аграрний університет, 2015.– 213с.
4. Лебедев А.Т., Антощенков В.М., Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Навч. посібник // К.: Вища освіта, 2004. — 336 с.: іл
5. https://evgivanov.github.io/expl_html_book/book/part1/tema1-3.html.
6. Гащук П.М. Автомобіль. Теорія колісного рушія. Кондор. Київ, 2018. - 328 с.

7. Pauwelussen J., Dalhuijsen W., Merts M. Tyre dynamics, tyre as a vehicle component Part 3.: Rolling resistance. Virtual Education in Rubber Technology (VERT), FI-04-B-F-PP-160531, HAN University, 2007. - 50.
8. Біліченко В.В., Добровольський О.Л., Огневий В.О., Смирнов Є.В.. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей : навчальний посібник // Вінниця : ВНТУ, 2017. – 163 с.
9. Венцель Є.С, Гончаров В.М. Тягові розрахунки автомобілів та тракторів: Конспект лекцій. // Харків: Укрдазт, 2007. - 17 с.
10. <https://agropravda.com/news/tractors/8087-umelcy-osnastili-traktor-mtz-80-gusenicami-video>.
11. <https://traktorist.ua/articles/144-sistema-gusenichnogo-hodu-fendt-mobil-trac>.
12. Сафаров Е.Г. Особливості руху провідного колеса. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал // Луцьк: ЛНТУ, 2023.- No.1(20). С.220 - 227.

REFERENCES

1. Hashchuk P. M. , Nikipchuk S. V. (2013) Fenomenolohichne y model'ne oznachennya ponyattya "koeffitsiyent oporu kochennyu" kola transportnoyi mashyny [Phenomenological and model definition of the concept of "rolling resistance coefficient" of a wheel of a transport vehicle]. Lviv, *Visnyk Natsional'noho universytetu "Lvivs'ka politekhnika"*, [in Ukrainian].
2. Soltus A.P., Klimov E.S., Tarandushka L. A. (2022). Osoblyvosti kochennya elastychnoho kola z nakhylom do dorohy [Rolling features of an elastic wheel inclined to the road]. *Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti*, [in Ukrainian].
3. Podryhalo M.A., Sheludchenko V.V. (2015) Nove v teorii ekspluatatsiynykh vlastyvostey avtomobiliv ta traktoriv [tekst] [New in the theory of operational properties of cars and tractors[text]]. *Summary: Sumy National Agrarian University*, [in Ukrainian].
4. Lebedyev A.T., Antoshchenkov V.M., Boyko M.F. (2004). Traktory ta avtomobili. Navch. Posibnyk [Tractors and cars. Education manual] . K.: *Vyshcha osvita*, [in Ukrainian].
5. https://evgivanov.github.io/exp1_html_book/book/part1/tema1-3.html.
6. Gashchuk P. (2018). Avtomobil. Teoriya kolisnogo rushiya [Car. Theory of wheel rolling]. Kiev, *Condor*, [in Ukrainian].
7. Pauwelussen J., Dalhuijsen W., Merts M. (2007) Tire dynamics, tire as a vehicle component Part 3.: Rolling resistance. Virtual Education in Rubber Technology (VERT), FI-04-B-F-PP-160531, HAN University, 50.
8. Bilichenko V.V., Dobrovols'kyi O.L., Ohnevyy V.O., Smyrnov YE.V..(2017). Avtomobili. Teoriya ekspluatatsiynykh vlastyvostey : navchal'nyy posibnyk [Cars. Theory of operational properties: study guide]. *Vynnytsia: VNTU* , [in Ukrainian].
9. Venzel E.S., Goncharov V.M. (2007) Tyahovi rozrakhunky avtomobiliv ta traktoriv: Konspekt lektsiy [Traction rozrahunka cars and tractors: Lecture notes]. Kharkiv: *Ukrdazt*, [in Ukrainian].
10. <https://agropravda.com/news/tractors/8087-umelcy-osnastili-traktor-mtz-80-gusenicami-video>.
11. <https://traktorist.ua/articles/144-sistema-gusenichnogo-hodu-fendt-mobil-trac>.
12. Safarov E.H. Osoblyvosti rukhu providnogo kola [Features of the drive wheel movement] *Scientific Journal: Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti, Lutsk:LNTU*, [in Ukrainian].

E.Safarov, Features of torque transmission to drive wheels of vehicles

For the development of the modern transport sector, it is important to study the processes taking place in nodes and mechanisms of force interaction. The automotive industry is a significant part of modern transport. The car's movement parameters largely depend on the interaction of forces arising at the point of contact of the leading wheels with the road. Automobile wheels work in complex elastic-stress and deformation conditions. Therefore, it is of particular interest to study the processes occurring in the zone of interaction between the driving wheel and the road. The most important factor affecting the traction force of vehicles is the way torque is transmitted to the driving wheel. Physico-mechanical characteristics of the tire material, friction force, methods of forming and transmitting engine power to the driving wheels, the relationship between traction force and power, rolling resistance - these and other factors that affect the efficiency and traction characteristics of road transport pose tasks to developers, which are difficult to solve. The article considers some force aspects of the interaction of the driving wheel of vehicles with the road at the beginning of movement. The relationship between the traction forces and the load depending on the method of power transmission to the driving wheels is analyzed. Factors affecting the translational

movement of the wheel have been identified. Experiments have been conducted that bring some clarity to the understanding of the essence of which method of power transmission to the driving wheels is more effective.

Key words: torque, driving moment, driving wheel, tire, transport, moment of inertia, friction force, crawler drive, rolling resistance, traction force.

САФАРОВ Елман Гасанбей огли, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та соціальної безпеки, Інженерно-технологічний інститут Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна», e-mail: elman19.60.07@gmail.com, ORCID 0000-0002-4584-5539

Elman SAFAROV, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Road Transport and Social Security, Engineering and Technology Institute of the Open International University of Human Development "Ukraine" , e-mail: elman19.60.07@gmail.com, ORCID 0000-0002-4584-5539

DOI 10.36910/automash.v2i21.1223