

Поляков¹ В.М., Горпинюк² А.В., Разбойніков¹ О.О.
¹ Національний транспортний університет
² ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСПОРТПРОЕКТ»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛАСТИЧНИХ КОЛІС ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ АВТОМОБІЛЯ

Запропонована конструкція стенда для визначення параметрів шини фізичної моделі автомобіля. Наведено результати щодо визначення геометричних параметрів та параметрів мас, а також характеристик (нормальної, тангенціальної і бокової) жорсткості та бокового відведення еластичного колеса фізичної моделі автомобіля.

Ключові слова: фізична модель автомобіля, еластична шина.

Постановка проблеми. Потужність двигуна, ефективність гальмівної системи та робота інших систем автомобіля реалізуються в контакті його колеса з дорогою. Від характеру взаємодії еластичної шини з опорною поверхнею дороги залежать не тільки ті експлуатаційні властивості автомобіля, які відповідають за безпеку та комфортабельність його руху, але й ті, що визначають екологічну безпеку та економічну складову його використання.

Під дією навантажень еластична шина деформується в радіальному, тангенційному та бічному напрямках. Крім того, еластична шина може «закручуватись» в плямі контакту. Ці процеси супроводжуються силами та моментами, які діють на підвіску та керуючий колісний модуль автомобіля і, як наслідок, призводять до зміни характеру його руху.

Відомо, що при теоретичному дослідженні експлуатаційних властивостей автомобіля використовують розрахункові схеми та математичні моделі різного ступеня складності. Так, наприклад, для більш повного математичного опису динаміки руху автомобіля враховують параметри його еластичного колеса. Тому виникає необхідність у визначенні характеристик еластичного колеса та параметрів його взаємодії з опорною поверхнею експериментальним шляхом, які можуть бути вихідними даними для математичного моделювання.

Зазвичай експериментальні дослідження проводять на натурних зразках або їх фізичних моделях. Останні мають певні переваги [1]: значне зменшення витрат часу та матеріальних витрат на виконання роботи, можливість швидко змінювати умови проведення експерименту, можливість оцінювати ефективність технічних рішень до реалізації їх в реальних конструкціях автотранспортних засобів та випробувальних стендах.

Відомо [2], що більшість експериментальних характеристик шин отримано при дослідженні на циліндричному барабані, що використовується в якості опорної поверхні. При такому підході фізичні процеси, що досліджуються, можуть відрізнитись від тих, що відбуваються під час взаємодії колеса автомобіля з дорожнім покриттям. Для більш наближеного до реальних умов руху автомобіля дослідження проводять на стендах з плоскою контактною поверхнею [3, 4].

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення геометричних параметрів та параметрів мас, характеристик (нормальної, тангенціальної і бокової) жорсткості та бокового відведення еластичного колеса фізичної моделі автомобіля на стенді з плоскою контактною поверхнею.

Результати досліджень. Для експериментального визначення параметрів еластичного колеса моделі автомобіля (далі за текстом «Еластичне колесо») розроблено універсальний стенд щодо визначення характеристик еластичного колеса та параметрів його взаємодії з опорною поверхнею (далі за текстом «Стенд») (рис. 1). Конструкція стенда дає можливість визначити геометричні параметри та параметри мас еластичного колеса, його нормальну, тангенційну і бокову жорсткості, дослідити силове та кінематичне бокове відведення, а також визначити коефіцієнт опору коченню еластичного колеса та його повздовжній і поперечний коефіцієнти зчеплення з контактною поверхнею стенда.

Стенд складається з трьох основних частин: база стенда 2, вимірювальна опорна поверхня 1 та шасі моделі автомобіля 3. В базу стенда 2 (рис. 1) вмонтовано електронний вимірювально-реєструючий комплекс, до складу якого входять чотири динамометри стискання 7 (рис. 2), температурний давач 4, екран 1, вимикач 8 та інші елементи електронного оснащення. До бази стенду 1 (рис. 1) закріплено кронштейн 5 (рис. 2) так, що повздовжній відхиляючий ролик 6 розташований за

межами габариту бази. Цей блок служить для зміни напрямку гнучкого зв'язку 6 (рис. 1) навантажувального пристрою з контактною поверхнею 10 (рис.1). В базу станда також вмонтовано опорні стійки 2 (рис.2) до, яких через подушки 3 (мають пружні та фрикційні властивості), кріпиться гайками 4 (рис. 1) несуча система моделі автомобіля, що має отвори для кріплення відповідної форми. Така конструкція забезпечує налаштування та фіксацію положення по висоті та куту між повздовжніми вертикальними площинами моделі автомобіля і станда.

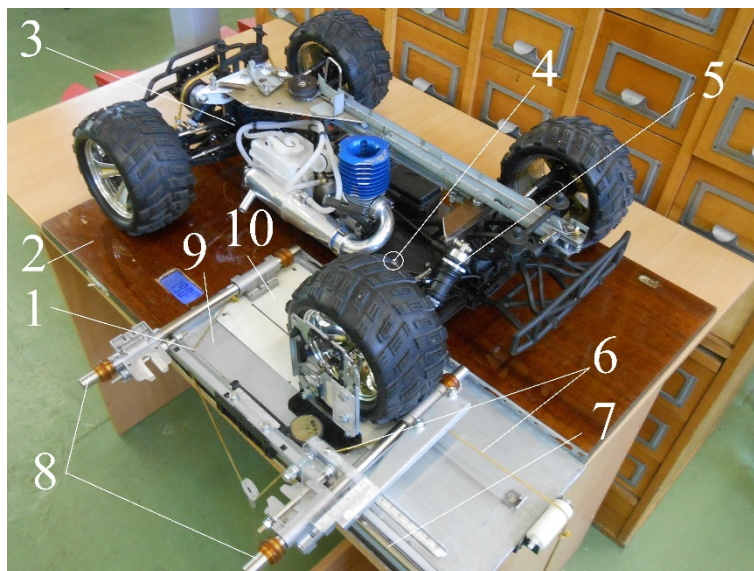


Рис. 1. Загальний вигляд станда з встановленою на ньому моделлю автомобіля

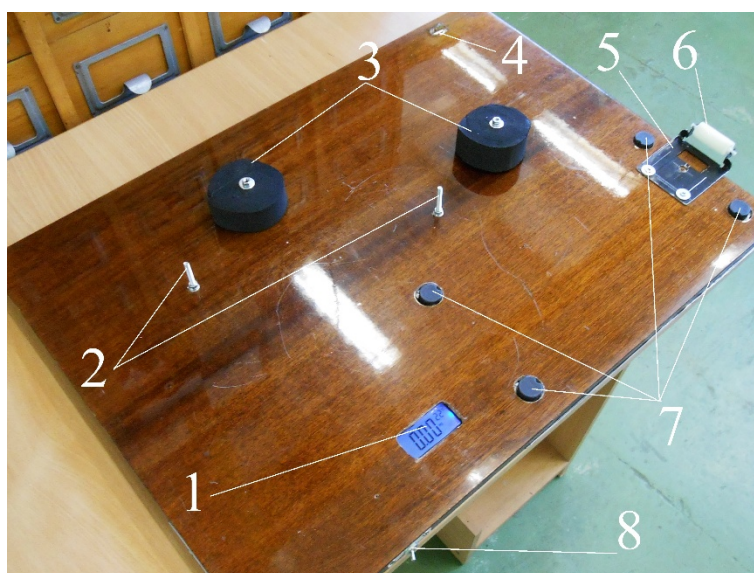


Рис. 2. База станда

На переміщення еластичного колеса відносно бази станда через шасі моделі накладено кінематичні обмеження. Умови обертання еластичного колеса відносно його осі визначаються гальмівною системою моделі автомобіля. Таким чином колесо може як обертатись, так і бути заблокованим (значення гальмівного моменту на колесі можна регулювати в залежності від умов, зазначених у програмі експериментальних досліджень). З урахуванням особливостей напрямного пристрою підвіски моделі автомобіля центр його колеса може переміщуватись в поперечній вертикальній площині моделі, що супроводжується зміною кута розвалу.

Вимірювальна опорна поверхня 1 (рис. 1) станда розміщена між еластичним колесом, що досліджується, та базою станда. Зазначена опорна поверхня, в свою чергу, складається з опори 9 (рис. 1) та контактної поверхні 10 (рис. 1). Нижня поверхня опори 9 має геометричну форму, яка при встановленні на динамометри стикання 7 (рис. 2) фіксується в горизонтальній площині. Верхня поверхня опори 9 (рис. 1) – рівна, по ній через мастильну плівку переміщується контактна поверхня 10 (рис. 1), яка з одного боку контактує з еластичним колесом, а з іншого – пов'язана через гнучкі зв'язки 6 (рис. 1) (їх напрями задаються повздовжнім відхиляючим роликком 6 (рис. 2) та повздовжньою напрямною 7 (рис. 1) циліндричної форми) з повздовжнім та поперечним навантажувальними пристроями (на рисунках не відображено). На переміщення контактної поверхні 10 (рис. 1) накладено кінематичне обмеження повздовжньою напрямною 7 (рис. 1) та поперечними напрямними 8 (рис. 1).

Нормальний тиск еластичного колеса, що задається регулюванням гайок 4 (рис. 1) та гайкою 5 амортизаційної стійки моделі автомобіля через контактну поверхню 10 та опору 9 діє на динамометри тиску 7 (рис. 2), а його значення відображаються на екрані 1 (рис. 2). Повздовжня та поперечна реакції контактної поверхні 10 (рис. 1) на еластичне колесо задаються вагою навантажувальних пристроїв. Положення контактної поверхні визначається за допомогою контрольно-вимірювальних пристроїв лінійних переміщень (повздовжнього та поперечного), які обладнані шкалами ноніусів (рис. 3).

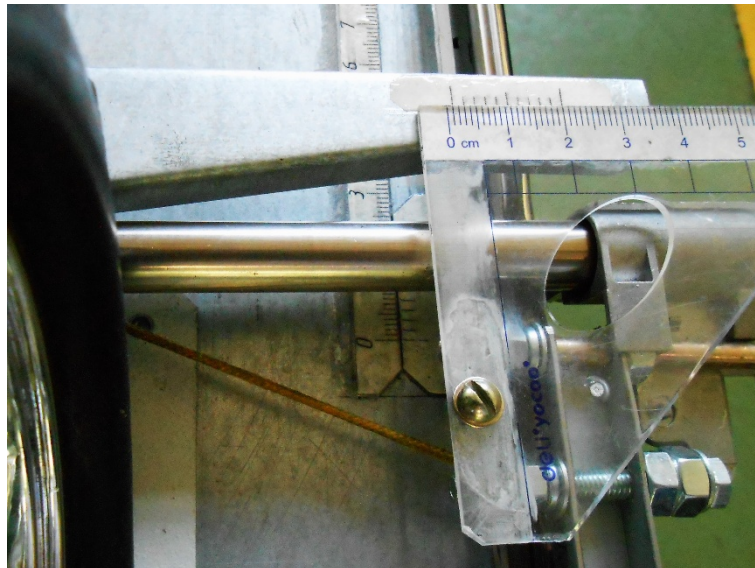


Рис. 3. Контрольно-вимірювальні пристрої лінійних повздовжнього та поперечного переміщень

Для визначення положення центру колеса моделі автомобіля в вертикальній поперечній площині відносно контактної поверхні 10 (рис. 1) розроблено контрольно-вимірювальний пристрій вертикального лінійного переміщення центру колеса (далі за текстом «Вимірювальна рамка») (рис. 4). Кронштейн вимірювальної рамки притискається магнітом до опори станда 9 (рис. 1), при цьому вертикальні напрями вимірювальної рамки орієнтуються перпендикулярно до горизонтальної площини опори. По вертикальним напрямним переміщується утримувач наконечника, до якого через різьбове з'єднання та стопорну пружину кріпиться шаровий наконечник. Така конструкція забезпечує налаштування та фіксацію відстані шарового наконечника відносно вертикальної площини вимірювальної рамки.

При встановленні вимірювальної рами в робочу позицію її вертикальна площина орієнтується паралельно повздовжній вертикальній площині моделі автомобіля, а шаровий наконечник – в положення, при якому він утримується у внутрішній частині маточини колеса (рис. 5). З урахуванням кінематики напрямного пристрою підвіски моделі та геометричних форм шарового наконечника і маточини колеса вертикальне переміщення його центру призводить до рівного за значенням вертикального переміщення утримувача наконечника, який обладнаний шкалою ноніуса.

Така конструкція станда дає можливість визначити нормальну, повздовжню та поперечну реакції опорної поверхні на еластичне колесо, та його нормальну, повздовжню і поперечну деформацію, що виникають при цьому. Крім того, визначається переміщення контактної площадки

відносно центру обертання колеса в умовах, що задаються при проведенні експериментального дослідження. Ці дані необхідні для визначення нормальній, тангенційній та боковій жорсткостей еластичного колеса, а також для визначення коефіцієнтів опору силового та кінематичного відведення, коефіцієнту опору коченню еластичного колеса та його повздовжнього і поперечного коефіцієнтів зчеплення з опорною поверхнею.

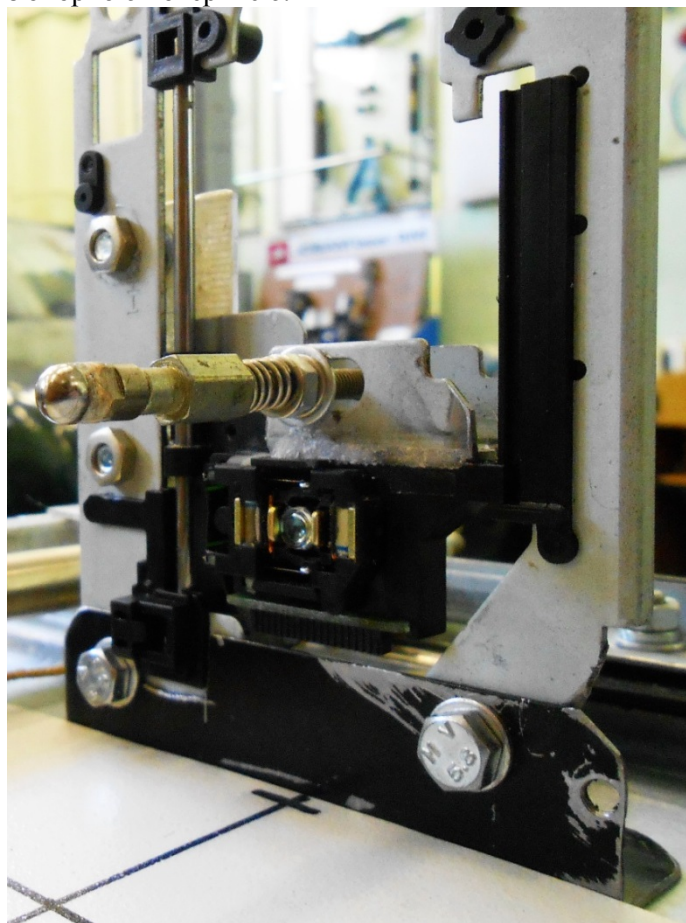


Рис. 4. Контрольно-вимірний пристрій вертикального лінійного переміщення центру колеса («Вимірвальна рамка»)

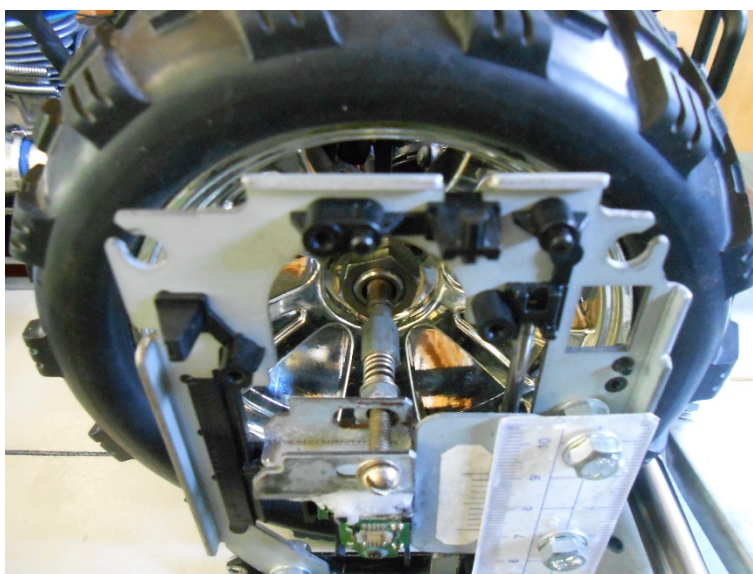


Рис. 5. Контрольно-вимірний пристрій вертикального лінійного переміщення центру колеса («Вимірвальна рамка») в робочому положенні

Експериментальні дослідження проводились з використанням еластичного колеса моделі автомобіля, яке для можливості регулювання та утримування внутрішнього тиску повітря було обладнане пневматичним клапаном (до цього значення внутрішнього тиску в шині було атмосферним).

На основі запропонованих в роботах [5, 6] методиках експериментальних досліджень параметрів шин, на стенді (рис. 1) визначено нормальну, тангенціальну і бокову жорсткості еластичного колеса моделі автомобіля. Їх значення наведено в таблиці. Маса еластичного колеса складає 0,232 кг, його вільний радіус становить 0,076 м.

Таблиця – Результати експериментального визначення жорсткості колеса моделі автомобіля

Жорсткість колеса моделі автомобіля, одиниці вимірювання	Значення
Радіальна, H/mm	4,102
Тангенціальна, H/mm	8,402
Бічна, H/mm	2,261

Результати експериментальних даних та апроксимуюча їх крива щодо залежності зміни кута відведення колеса від бокової реакції опорної поверхні нанесені на поле графіку (рис. 6). Коefіцієнт опору відведенню (що відповідає лінійній ділянці кривої) еластичного колеса моделі автомобіля становить 237,7 $H/рад$.

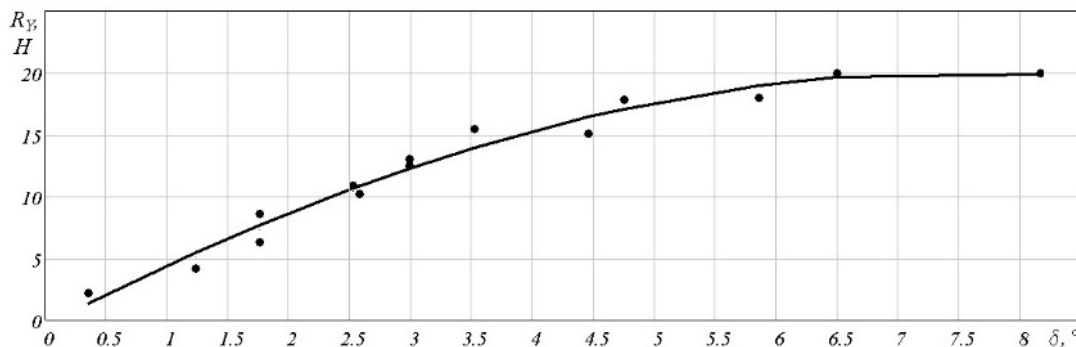


Рис. 6. Результати експериментальних даних та апроксимуюча їх крива щодо залежності зміни кута відведення еластичного колеса моделі автомобіля від бокової реакції опорної поверхні

Аналіз графіка (рис. 6) свідчить, що в діапазоні від 0 до 3 градусів кута відведення апроксимуюча крива має практично лінійний характер, тобто зростання бокової сили пропорційне зростанню кута відведення. Подальше збільшення бокової сили призводить до нелінійного характеру зміни кута відведення від бокової сили, що пояснюється частковим проковзуванням елементів шини відносно опорної поверхні. При цьому, приблизно в районі кута відведення 6,5 ° бокова сила досягає значення максимально допустимого по умовам зчеплення, що пояснює різке зростання кута відведення при постійному боковому навантаженні.

Висновки. Розроблено універсальний стенд з плоскою контактною поверхнею. Визначено геометричні параметри та параметри мас, а також характеристики (нормальної, тангенціальної і бокової) жорсткості та бокового відведення еластичного колеса фізичної моделі автомобіля. Отримані дані можуть бути використані при математичному моделюванні динаміки руху автомобільного транспортного засобу.

1. Кравченко А.П. Экспериментальные исследования управляемости автопоезда / А.П. Кравченко, В.М. Поляков // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; Науковий журнал. — 2004. — Ч.2, №8 (78). — С.186–190.

2. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля: Пер. с англ. /Д.Р.Эллис.— М.: Машиностроение, 1975. — 216 с.

3. Поляков В.М. Стенд для експериментальних досліджень параметрів бокового відведення автомобільного колеса / В.М. Поляков, О.М. Тімков, А.К. Козлов, Д.А. Мансуров // Вісник Національного транспортного університету. — 2009. -Ч.1, №19, — С.146–149.

4. Сахно В.П. Експериментальне дослідження опору кочення колеса, встановленого під кутом до напрямку руху / В.П. Сахно, В.В. Біліченко, В.М. Поляков, О.О. Разбойніков, С.М. Шарай, М.А. Новіцький // Вісник машинобудування та транспорту; Науковий журнал. — 2018. №1 (7). — С.102–111.

5. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів : [навчальний посібник] / В.П. Сахно, А.В. Костенко, М.І.

Загороднов [та ін.]. – Донецьк: ТОВ «Цифрова типографія», 2014. – 444 с.

6. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины / В.И. Кнороз, Е.В. Кленников, И.П. Петров, А.С. Шелухин, Ю.М. Юрьев // – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.

REFERENCES

1. Kravchenko, A.P., & Polyakov, V.M. (2004) Eksperimentalnyie issledovaniya upravlyaemosti avtopoezda [Experimental studies of the controllability of the road train]. Bulletin of the Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University; Scientific Journal, 8 (78), 186–190 [in Russian].

2. Ellis, D. (1975). *Drivability of the vehicle*. [Upravlyaemost' avtomobilya]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 216 p. [in Russian].

3. Polyakov V.M. Stend dlya eksperimentalnix doslidzhen parametriv bokovogo vidvedennya avtomobilnogo koleasa / V.M. Polyakov, O.M. Timkov, A.K. Kozlov, D.A. Mansurov // Visnik Nacionalnogo transportnogo universitetu. – 2009. Ch.1, №19, – S.146–149. [in Ukrainian].

4. Sahnо, V.P. & Bilchenko, V.V. & Polyakov, V.M. & Razboynikov, O.O. & Sharay, S.M. & Novitskiy, M.A. (2018) Eksperimentalne doslidzhennya oporu kochennya koleasa, vstanovlenogo pid kutom do napryamku ruhu. [Experimental investigation of wheel extension, installed to the movement direction]. Journal of Mechanical Engineering and Transport; Scientific Journal, 1 (7) 102–111 [in Ukrainian].

5. Sahnо V.P. et al. (2014) Ekspluatatsiyni vlastivosti avtotransportnikh zasobiv. V 3 ch. Ch 1. DinamichnIst ta palivna ekonomichnIst avtotransportnih zasobiv. [Dynamism and fuel efficiency of motor vehicles]. Donetsk: TOV «Tsifrova tipograflya», – 444 p. [in Ukrainian].

6. Knoroz, V.I. & Klennikov, E.V. & Petrov, I.P. & Sheluhin, A.S. & Yurev, Yu.M. (1976) Rabota avtomobilnoy shinyi [The work of a car tire]– Moscow, Transport, 238 p. [in Russian].

Поляков В.М., Горпинюк А.В., Разбойников А.А. Экспериментальное определение параметров эластичных колес физической модели автомобиля

Предложена конструкция стенда для определения параметров шины физической модели автомобиля. Приведены результаты определения геометрических параметров и параметров масс, а также характеристик (нормальной, тангенциальной и боковой) жесткости и бокового увода эластичного колеса физической модели автомобиля.

Ключевые слова: физическая модель автомобиля, эластичная шина.

V. Poliakov, A. Gorpiniuk, A. Razboynikov. Experimental determination of the parameters of the elastic wheels of the physical vehicle model

The design of the stand for determining the parameters of the tire of the physical model of the car is proposed. The results of determining the geometric parameters and mass parameters, as well as the characteristics (normal, tangential and lateral) rigidity and lateral displacement of the elastic wheel of the physical model of the car are given.

Key words: physical car model, elastic tire.

АВТОРИ:

ПОЛЯКОВ Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

ГОРПИНЮК Андрій Васильович, кандидат технічних наук, Заступник директора з наукової роботи, ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», e-mail: agorpinuk@insat.org.ua

РАЗБОЙНИКОВ Олександр Олександрович, асистент кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: razboyn1k@ukr.net

АВТОРЫ:

ПОЛЯКОВ Виктор Михайлович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

ГОРПИНЮК Андрей Васильевич, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, ГП "ГОСАВТОТРАНСНИИПРОЕКТ", e-mail: agorpinuk@insat.org.ua

РАЗБОЙНИКОВ Александр Александрович, ассистент кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: razboyn1k@ukr.net

AUTHORS:

Victor POLYAKOV, Ph.D., associate professor, professor of «Automobiles», National Transport University, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

Andrey GORPINYUK, Ph.D., Deputy Director for Research, State Enterprise "GOSAVTOTRANSNIIPROEKT", e-mail: agorpinuk@insat.org.ua

Alexander RAZBOYNIKOV, Assistant Lecturer of «Automobiles», National Transport University, e-mail: razboyn1k@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 08.05.2018р.