



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124925** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01M 17/04** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2017 11357</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>20.11.2017</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.04.2018</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2018, Бюл.№ 8</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Дитятьєв Олександр Васильович (UA), Бєлов Валентин Іванович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA), <b>Дитятьєв Олександр Васильович,</b> просп. Науки, 28, кв. 25, м. Харків, 61166 (UA), <b>Бєлов Валентин Іванович,</b> вул. Чернишевська, 7, кв. 34, м. Харків, 61057 (UA)</p>
---	--

## (54) СПОСІБ ПОРТАТИВНОЇ ОЦІНКИ ДЕМПФУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ АМОРТИЗАТОРІВ В ПІДВІСЦІ АВТОМОБІЛЯ

### (57) Реферат:

Спосіб портативної оцінки демпфуючої здатності амортизаторів в підвісці автомобіля, відповідно до якого вимірюють статичне вертикальне навантаження на колесо з тестованим амортизатором, сканують підвіску цього колеса збудженням силового тестового сигналу в робочому діапазоні частот, визначають безрозмірний коефіцієнт як відношення мінімального за цикл сканування вертикального навантаження до статичного вертикального навантаження. Сканування тестовим сигналом проводять за допомогою вибігання автомобіля з неврівноваженою масою, заздалегідь встановленою на колесо з тестованим амортизатором. Вертикальне навантаження на колесо визначають кутом нахилу поперечного (подовжнього) важеля підвіски або моста за допомогою попередньо встановленого інклінометра. При цьому для безрозмірного коефіцієнта статичне вертикальне навантаження отримують заздалегідь через свідчення інклінометра для автомобіля в початковому стані. Також заздалегідь визначають нульове вертикальне навантаження шляхом підйому автомобіля за важіль або за колесо і фіксації свідчення інклінометра у момент відриву шини від опорної поверхні, а мінімальне за цикл сканування вертикальне навантаження для безрозмірного коефіцієнта визначають обробкою результатів вибігання як мінімальне навантаження в діапазоні значень від нульового до статичного вертикального навантаження в сполученні "шина - опорна поверхня".

UA 124925 U



Корисна модель належить до автомобільного транспорту, а саме до засобів технічного обслуговування і ремонту автомобілів, і може бути використана при оцінці технічного стану амортизаторів підвіски автомобіля.

5 При випробуванні підвісок з метою оцінки технічного стану їх збуджують тестовими силовими сигналами, після чого реєструють сигнал відгуку, обробляють його і отримують результат.

10 У способах оцінки демпфуючої здатності амортизатора, як правило, використовується один з двох видів реакцій підвіски - це параметри коливань підресореної частини або параметри коливання вертикального навантаження на колесо. Незважаючи на те, що обидві групи параметрів характеризують технічний стан амортизатора, все ж таки слід зазначити, що перша група параметрів безпосередньо характеризує плавність ходу, тобто комфортабельність автомобіля, тоді як друга група параметрів прямо характеризує силовий контакт шини з дорогою, тобто безпеку руху. При цьому портативність забезпечує економію виробничих площ і здешевлює діагностику амортизаторів.

15 Відомий спосіб тестування амортизаторів автомобілів, реалізований в пристрої, заявленому в патенті США [1]. Дане технічне рішення включає розміщення детектора коливань на крилі автомобіля з боку тестованого амортизатора, збудження підвіски коротким силовим імпульсом, що прикладається до кузова з цього ж боку, реєстрацію кількості коливань кузова вгору і вниз, формулювання звіту про стан амортизатора. Кількість коливань детектується акселерометром, 20 чутливим до прискорення коливань кузова. Цей же параметр - кількість коливань кузова - використовується як критерій стану амортизатора.

25 Основна причина, яка перешкоджає отриманню очікуваного технічного результату, - поєднання портативності і високої точності при використанні даного способу полягає в тому, що як реакція підвіски використовується параметр коливань підресореної частини, а саме кількість затухаючих коливань. Відомо [2, стор. 105, 106], що дана група параметрів, окрім коефіцієнта опору амортизатора, залежить від величини підресореної маси, а також від жорсткості підвіски. У даному технічному рішенні ці параметри не враховуються, що знижує точність результату оцінки. Інша причина низької точності оцінки обумовлена пріоритетністю параметрів плавності 30 ходу над параметрами безпеки. Мається на увазі, що амортизатор, визнаний по плавності ходу справним, на дорозі може виявитися нездібним підтримати необхідний контакт з дорогою, що означає втрату керуваності автомобілем. До важливих причин слід також віднести невідповідність умов випробувань робочим умовам, характерним для підвіски автомобіля, оскільки підвіска збуджується з боку кузова, а не від колеса. У тестовому режимі збудження проводиться від кузова мускульною силою оператора, а на дорозі - від колеса при наїзді на 35 нерівності. Тобто напрям дії збуджуючої сили прямо протилежний. Наступна причина низької точності має місце через суперечності між статистичним характером навантаження підвіски на дорозі і одиничним імпульсним навантаженням при тестуванні. Будь-яка підвіска автомобіля має значне тертя, яке реалізується при одиничній тестовій дії випадковим чином і здатне істотно вплинути на результат.

40 Відомий "Спосіб випробування демпфуючої здатності амортизатора в підвісці автомобіля" [3], що полягає в збудженні з боку кузова у випробовуваній підвісці короткого силового імпульсу або від мускульної сили оператора, або наїздом на одиничну перешкоду, реєстрації і обробці імпульсної перехідної функції у вигляді залежності кутових переміщень підресорених мас від часу і формулюванні звіту. Як критерій оцінки демпфуючої здатності використовується 45 відносний коефіцієнт загасання.

Основні причини, що перешкоджають отриманню очікуваного технічного результату - поєднання портативності і високої точності при використанні даного способу, в основному, ті ж, що і у попередньому технічному рішенні. Це використання параметра коливань підресореної маси (кутові коливання), пріоритетність параметрів плавності ходу над параметрами безпеки, 50 невідповідність умов випробувань робочим умовам, характерним для підвіски автомобіля та ін.

На відміну від описаних вище рішень, відомий "Спосіб і пристрій для перевірки підвіски транспортного засобу шляхом вимірювання коефіцієнта загасання осцилюючого сигналу підвіски" [4] передбачає аналіз загасання коливань саме непідресорених мас. З комплексного сигналу коливань підвіски виділяється сигнал власної частоти коливань непідресорених мас 55 ( $\approx 12$  Гц) і по відношенню двох сусідніх амплітуд затухаючого сигналу визначається "коефіцієнт в'язкого тертя амортизатора". Спосіб припускає наявність декількох датчиків перетворення коливань непідресорених мас по числу амортизаторів на транспортному засобі.

Даний спосіб вільний від більшості недоліків, властивих описаним вище аналогам. Проте, залишається істотною причина, що перешкоджає отриманню очікуваного технічного результату - 60 поєднання портативності і високої точності, - це відсутність пріоритетності параметрів безпеки.

У цьому технічному рішенні відсутній контроль за взаємодією шини і дороги, а це означає, що амортизатор, визнаний по критерію "коефіцієнт в'язкого тертя" справним, може допустити втрату контакту з опорною поверхнею.

Найбільш близьке технічне вирішення (прототип) того ж призначення до заявленого способу припускає оцінку демпфуючої здатності амортизаторів на основі силової взаємодії шини і опорної поверхні [5], тим самим віддаючи пріоритет безпеці руху. Спосіб широко відомий, рекомендований також і EuSAMA [6]. Спосіб передбачає силове сканування підвіски за допомогою гармонійних коливань в робочому діапазоні частот 24-0 Гц, фіксацію мінімального значення вертикального навантаження на колесо за цикл випробування. Технічний стан амортизатора оцінюється безрозмірним коефіцієнтом  $K$ :

$$K=PD/PS, \quad (1)$$

де  $PD$  - мінімальне значення вертикального навантаження на колесо за цикл вимірювання;  
 $PS$  - статичне вертикальне навантаження на колесо.

Коефіцієнт показує частку зчіпної ваги по відношенню до статичного навантаження, яке може бути реалізоване в екстремально несприятливих умовах коливань підвіски (як правило, при власній частоті коливань невіднесених мас). Для справного амортизатора коефіцієнт рівний 0,4...0,7, для несправного - 0...0,4. Статичне вертикальне навантаження на колесо визначається заздалегідь, безпосередньо перед скануванням. Спосіб припускає наявність спеціального випробувального стенда. Колесо при випробуванні спирається на майданчик, який приводиться в коливальний рух від електродвигуна стенда.

Основна причина, що перешкоджає отриманню очікуваного технічного результату - поєднання портативності і високої точності, полягає у відсутності портативності, а також високій вартості самого стенда, істотних експлуатаційних витратах і в необхідності виробничих площ для розміщення стенда (силового блока і вимірювального компонента). Це робить неможливим використання способу в польових умовах, малих підприємствах і гаражах.

В основу корисної моделі "Спосіб оцінки демпфуючої здатності амортизаторів в підвісці автомобіля" поставлено задачу отримати портативний спосіб оцінки демпфуючої здатності амортизаторів, зіставний по точності і достовірності діагнозу зі стаціонарним варіантом, що забезпечує зниження вартості оцінки і можливості використання прогресивної технології оцінки з урахуванням силової взаємодії у сполученні "шина - опорна поверхня" в польових умовах, малих підприємствах і гаражах.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі оцінки демпфуючої здатності амортизаторів автомобіля вимірюють статичне вертикальне навантаження на колесо з тестованим амортизатором, сканують підвіску цього колеса збудженням силового тестового сигналу в робочому діапазоні частот, визначають безрозмірний коефіцієнт як відношення мінімального за цикл сканування вертикального навантаження до статичного вертикального навантаження, відповідно до корисної моделі, сканування тестовим сигналом проводять за допомогою вибігання автомобіля з невіднесеною масою, заздалегідь встановленою на колесо з тестованим амортизатором, вертикальне навантаження на колесо визначають кутом нахилу поперечного (подовжнього) важеля підвіски або моста за допомогою попередньо встановленого інклінометра, для безрозмірного коефіцієнта статичне вертикальне навантаження отримують заздалегідь через свідчення інклінометра для автомобіля в початковому стані, також заздалегідь визначають нульове вертикальне навантаження шляхом підйому автомобіля за колесо, важіль або міст і фіксації свідчення інклінометра у момент відриву шини від опорної поверхні, а мінімальне за цикл сканування вертикальне навантаження для безрозмірного коефіцієнта визначають обробкою результатів вибігання як мінімальне навантаження в діапазоні значень від нульового до статичного вертикального навантаження в сполученні "шина - опорна поверхня".

Використання вищезазначених відмітних ознак дозволяє отримати технічний результат, який полягає в поєднанні портативності і високої точності. Даний технічний результат отримано завдяки непрямою вимірюванню сил взаємодії в сполученні "шина - опорна поверхня". Технічним результатом є також розширення асортименту способів портативної оцінки демпфуючої здатності амортизаторів в підвісці автомобіля.

Суть непрямого вимірювання сил взаємодії в сполученні "шина - опорна поверхня" полягає в наступному. Відомо [2, стор. 242-243], що радіальна деформація шини пропорційна вертикальному навантаженню, тобто вертикальне навантаження  $Q$  можна визначити таким чином:

$$Q=k*\mu, \quad (2)$$

де k - коефіцієнт пропорційності;

$\mu$  - радіальна деформація шини.

З іншого боку, деформація шини на величину  $\mu$  призводить до повороту важеля підвіски на кут  $\alpha$ , отже, вимірюючи кут повороту важеля, можна визначити деформацію по формулі:

$$\mu=r*\operatorname{tg}\alpha, \quad (3)$$

де r - довжина важеля підвіски.

Тоді безрозмірний коефіцієнт, що характеризує стан амортизатора, визначиться таким чином:

$$K=Q_{\min}/Q_{\text{stat}}=k*r*\operatorname{tg}\beta/k*r*\operatorname{tg}\gamma= \operatorname{tg}\beta/\operatorname{tg}\gamma, \quad (4)$$

де  $Q_{\min}$ ,  $Q_{\text{stat}}$  - мінімальне за цикл сканування і статичне вертикальне навантаження відповідно;

$\beta$ ,  $\gamma$  - кути повороту поперечного (подовжнього) важеля підвіски або моста щодо прийнятої точки відліку при мініальному за цикл сканування і статичному вертикальному навантаженні відповідно.

Зважаючи на рівність тангенсів малих кутів, виражених в радіанах, власне кутам, остаточно отримаємо:

$$K=\beta/\gamma. \quad (5)$$

На кресленні зображений фрагмент запису і обробки результатів випробувань По вертикальній осі діє вертикальне навантаження, наприклад, у масштабі Y, по горизонтальній осі відкладений час з ціною ділення 0,2 секунди. Значення N є свідченнями інклінометра при початковому стані автомобіля і відповідає статичному вертикальному навантаженню (разом з водієм) в масштабі Y. Значення E відповідає свідченням інклінометра при нульовому вертикальному навантаженні в тому ж масштабі Y (при піднятому колесі за важіль або за колесо). Значення M являє собою максимальне значення (амплітуду) вертикальної відцентрової сили від дії невірноваженої маси. Його отримують через запис свідчень інклінометра під час вибігання автомобіля при деякій швидкості, відповідній резонансній частоті f невіднесених мас. Цю частоту вимірюють в герцах і отримують підрахунком числа періодів за певний проміжок часу. Виходячи з даних на кресленні, частота  $f=2,7/0,2=13,5$  Гц.

Заявлена корисна модель реалізується таким чином. На диск колеса, амортизатор якого оцінюється, встановлюється невірноважена маса певного розміру (наприклад, для колеса 13" маса дорівнює близько 200 г, центр якої віддалений від центра обертання колеса на відстань близько  $R_{gr}=160$  мм). Маса має вигляд пластини з товщиною 6...8 мм, що повторює внутрішній профіль диска. Кріпиться маса до диска за допомогою двостороннього скотча. При випробуванні маса притискається до диска за рахунок відцентрових сил. Замість пластини можливе використання штатних вантажів для балансування коліс, наприклад, блоків по 100 г (4×25 г) або інших номіналів. На поперечний (подовжній) важіль підвіски або міст укріплюють інклінометр з можливістю запису коливань важеля (моста) при контрольному заїзді. Встановлюють автомобіль на рівній горизонтальній ділянці дороги і відзначають свідчення інклінометра, приймаючи їх за статичне вертикальне навантаження в деякому масштабі, наприклад, в масштабі Y (значення N). Далі автомобіль піднімають за важіль або за колесо до моменту відриву шини від опорної поверхні і фіксують свідчення інклінометра, приймаючи їх відповідними нульовому навантаженню в плямі контакту шини з опорною поверхнею в тому ж масштабі U (значення E). У цьому ж масштабі визначається діапазон зміни вертикального навантаження на колесо як різницю першого і другого свідчення інклінометра. Розганяють автомобіль до швидкості, декілька більшої швидкості, відповідної високочастотному резонансу коливань невіднесеної маси. Для легкових автомобілів резонансні частоти залежать від маси невіднесених частин і жорсткості пружного елемента і зазвичай знаходяться в діапазоні 12...18 Гц (для колеса 13" зазвичай близько 18 Гц). Резонансній частоті зазвичай відповідає максимальна амплітуда вертикального навантаження на колесо. Відповідну швидкість можна знайти по формулі:

55

$$V_a = 3,6 \cdot f \cdot R_k \cdot 2\pi, \quad (6)$$

де:  $V_a$  - швидкість автомобіля, км/ч;  
 $f$  – частота, Гц,  
 $R_k$  - радіус колеса, м.

5 Наприклад, для автомобіля з розміром коліс 175 × 70R13 ця швидкість дорівнює 114 км/год. Далі проводять вибігання автомобіля із записом свідчень інклінометра. Знаходять мінімальне за цикл випробувань вертикальне навантаження (величину EM) як різницю статичного навантаження (величина EN) і максимальної амплітуди від відцентрової сили (величина MN).  
 10 На закінчення цю різницю відносять до статичного вертикального навантаження (величина EN) і отримують безрозмірний коефіцієнт K, оскільки масштаб в чисельнику і знаменнику скорочується. Цей коефіцієнт є критерієм оцінки амортизатора. Великі значення коефіцієнта свідчать про його справність, менші - навпаки, про необхідність заміни. У межі, при повній втраті працездатності амортизатора, значення коефіцієнта прагне до нуля, що відповідає відриву шини від опорної поверхні і втраті керуваності автомобілем.

15 При русі автомобіля невірноважена маса створює вертикальні синусоїдальні коливання від відцентрової сили F:

$$F = m \cdot R_{gp} \cdot \omega^2 = m \cdot R_{gp} \cdot (V_a / 3,6 / R_k)^2 = m \cdot R_{gp} \cdot (2\pi \cdot f)^2, \quad (7)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість обертання колеса, 1/с.

20 Для колеса 13"  $m=200$  г,  $R_{gp}=160$  мм,  $f=18$  Гц,  $F=408,89$  Н.

Резонансні частоти  $f$  невідресорених мас підвісок різних автомобілів істотно різняться залежно від розміру коліс, величини мас, жорсткостей, тому для отримання зіставних результатів для коліс різних розмірів як стандартна прийнята різна частота: для коліс 13"  $f_0=18$  Гц, для 14"  $f_0=15$  Гц; для 15"  $f_0=12$  Гц. У разі відмінності отриманої резонансної частоти  $f$  від прийнятої стандартною  $f_0$ , відповідно зміниться і відцентрова збуджуюча сила, що приведе до пропорційної зміни мінімального за цикл вертикального навантаження (M-E). Для її корекції необхідно знайти значення поправки, що дорівнює  $(f/f_0)^2$ , і на цю поправку помножити значення мінімального за цикл вертикального навантаження, якщо  $f < f_0$ , і, відповідно, поділити, якщо  $f > f_0$ .

30 Для отримання зіставних даних бажано також, щоб відцентрова сила була постійною при резонансі для коліс різних діаметрів. Це стає можливим при дотриманні умов, представлених в таблиці.

Таблиця

Розмір коліс	Прийнята резонансна частота $f_0$ , Гц	Прийнята відцентрова сила при резонансній частоті F, Н	Додаткова маса г,	Відстань від центра колеса до центра додаткової маси $R_{gp}$ .
13"	18	~409	~200	0,160
14"	15	~409	~266	0,173
15"	13	~409	~393	0,183

35 Застосування портативного способу оцінки демпфуючої здатності амортизаторів дозволяє отримати діагноз, зіставний по точності і достовірності із стаціонарним варіантом, що забезпечує зниження вартості оцінки і дає можливість використання прогресивної технології оцінки з урахуванням силової взаємодії сполучення "шина - опорна поверхня". Реалізація способу дозволяє оцінити демпфуючі властивості амортизатора підвіски в умовах портативності, тобто поза виробничими приміщеннями. Спосіб може бути застосований в польових умовах, малих підприємствах, випробувальних лабораторіях, автотранспортних підприємствах, гаражах, станціях технічного обслуговування.

Джерела інформації:

45 1. Пат. США US 4062221A. Hand-portable shock absorber tester; дата подання - 16 грудня 1976; дата публ. - 13 грудня 1977.

2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля, изд. 3-е переработ, и доп. /Ротенберг Р.В., М.: Машиностроение, 1972. - 392 стр.

3. Пат України № 99593. Спосіб випробування демпфуючої здатності амортизатора в підвісці автомобіля; дата подання - 06 січня 2015 р.; дата публ. - 10 червня 2015 р., публ. бюл. № 11.

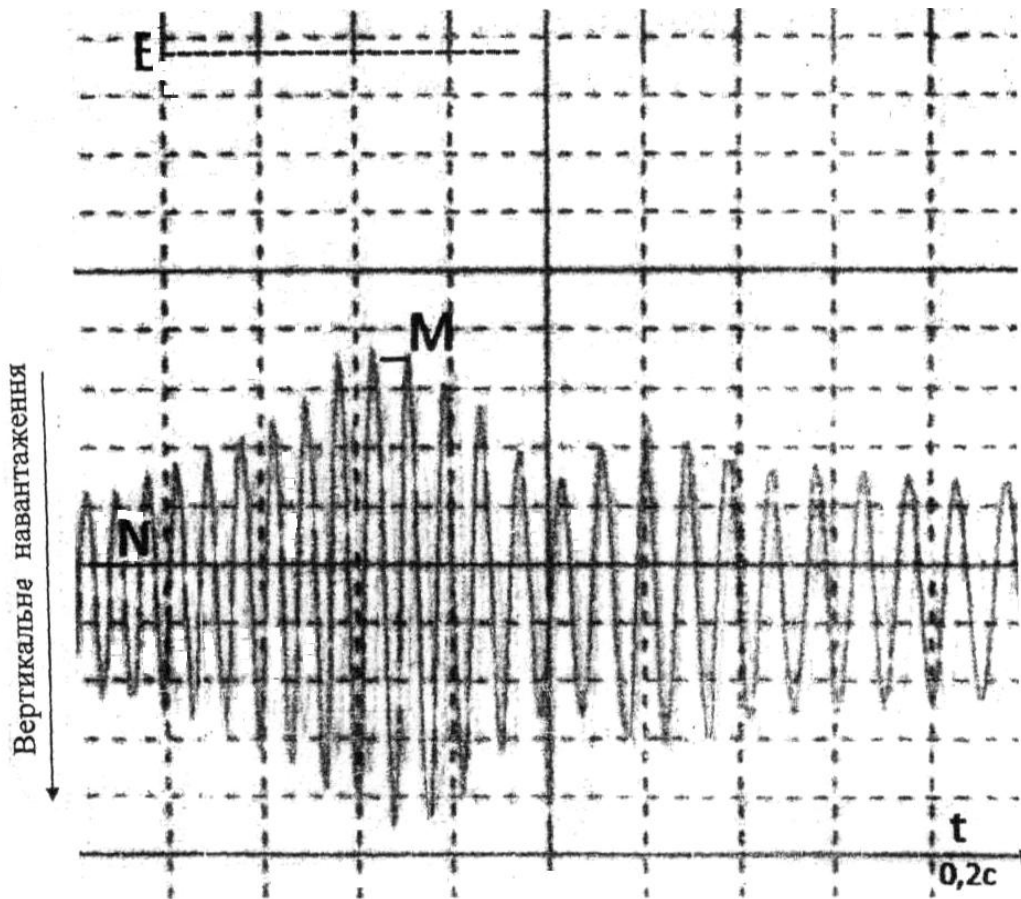
5 4. Пат. EP 0220978-A1. Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung einer Fahrzeugaufhängung mittels Messung des Dämpfungsfaktors einer Schwingung der Aufhängung; дата подання - 10 жовтня 1986 р.; дата публ. - 6 травня 1987 р.

5. Пат. США US 4002051 A. Method for determining the behavior of a shock absorber of a motor vehicle arranged in the wheel suspension and a jig for performing the method; дата подання - 24 грудня 1974 р.; дата публ. - 11 січня 1977 р.

10 6. Методы определения технического состояния амортизаторов (Електронний ресурс]: Режим доступу: [eljbi.ru/metody-opredeleniya-texnicheskogo-sostoyaniya-amortizatorov/](http://eljbi.ru/metody-opredeleniya-texnicheskogo-sostoyaniya-amortizatorov/) - Назва з екрана.

#### 15 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Спосіб портативної оцінки демпфуючої здатності амортизаторів в підвісці автомобіля, відповідно до якого вимірюють статичне вертикальне навантаження на колесо з тестованим амортизатором, сканують підвіску цього колеса збудженням силового тестового сигналу в  
20 робочому діапазоні частот, визначають безрозмірний коефіцієнт як відношення мінімального за цикл сканування вертикального навантаження до статичного вертикального навантаження, який **відрізняється** тим, що сканування тестовим сигналом проводять за допомогою вибігання автомобіля з неврівноваженою масою, заздалегідь встановленою на колесо з тестованим амортизатором, вертикальне навантаження на колесо визначають кутом нахилу поперечного (подовжнього) важеля підвіски або моста за допомогою попередньо встановленого  
25 інклінометра, причому для безрозмірного коефіцієнта статичне вертикальне навантаження отримують заздалегідь через свідчення інклінометра для автомобіля в початковому стані, також заздалегідь визначають нульове вертикальне навантаження шляхом підйому автомобіля за важіль або за колесо і фіксації свідчення інклінометра у момент відриву шини від опорної  
30 поверхні, а мінімальне за цикл сканування вертикальне навантаження для безрозмірного коефіцієнта визначають обробкою результатів вибігання як мінімальне навантаження в діапазоні значень від нульового до статичного вертикального навантаження в сполученні "шина - опорна поверхня".



---

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601