

УДК 629.017

В. В. Глущенко, М. А. Подригало, Д. М. Клец, Є. О. Дубінін, Д. В. Абрамов, О. Ю. Сергієнко

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СТІЙКОСТІ ТА ДИНАМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ЦИСТЕРН У ДОРОЖНІХ УМОВАХ

Викладено порядок проведення та результати експериментальних досліджень параметрів руху автомобільних цистерн у дорожніх умовах з використанням мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу. Визначено статистичний розподіл значень прискорень автомобільних цистерн, також отримано усереднений нормальний закон зміни кутових прискорень.

К л ю ч о в і с л о в а: автомобільна цистерна, мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс, стійкість, динамічність.

Постановка проблеми. Сучасний період розвитку суспільства характеризується збільшенням кількості транспортних засобів на дорогах, зростанням питомих потужностей двигунів, наслідком чого є інтенсифікація транспортних потоків. Динамічні властивості автомобілів визначають їх приємісткість і здатність вписуватися в інтенсивний транспортний потік [6]. Особливістю транспортних засобів для перевезення рідин є можливість переміщення вантажу, що транспортується, відносно резервуара цистерни. Іншою їхньою особливістю є високе розташування центра мас вантажу над дорогою. Коливання рідкого вантажу усередині резервуара призводять до істотного зниження поздовжньої й поперечної стійкості, керованості та збільшують навантаження на конструкцію цистерни [2].

Для вирішення зазначених проблем необхідно досліджувати можливість реалізації граничних динамічних можливостей та стійкості за допомогою мобільних обчислювальних комплексів. Це дозволяє без втручання в конструкцію автоцистерн визначати їх кінематичні та динамічні параметри і надалі виробити нормативи оцінювання, виконати кваліметричні дослідження зазначених властивостей автомобільних цистерн.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Динамічні властивості автомобіля проявляються в його реакції на керуючий вплив. У праці [5] запропоновано як критерій стійкості використовувати величину прискорення (лінійного або кутового) автомобіля, що виникає при створенні керуючого впливу. За допомогою зазначеного критерію можна оцінити динамічні властивості автомобіля не тільки на повороті, а й під час розгону та гальмування.

Режими руху автомобіля у транспортному потоці визначаються його тяговими й потужнісними можливостями [1, 6]. Зазначені режими характеризуються лінійними швидкостями, прискореннями і шумом прискорень автомобілів. Сьогодні на дорогах з'являються досконаліші автомобілі, що мають більшу потужність двигунів. Це спричинює підвищення вимог до режимів руху. Тому періодично необхідно вимірювати параметри руху автомобілів у транспортному потоці й оцінювати режими руху за величинами прискорень. Для цього бажано використовувати вимірювальні комплекси, не вбудовані в автомобіль, а такі, що дозволяють здійснювати реєстрацію й обробку параметрів його руху. Такі вимірювальні комплекси сьогодні існують [3, 4].

Таким чином, лінійне прискорення при розгоні є показником динамічності й стійкості автомобіля. Для дослідження режимів руху в транспортному потоці необхідно визначити статистичний розподіл значень прискорень автомобілів.

Метою статті є оприлюднення результатів визначення параметрів стійкості та динамічних характеристик автомобільних цистерн на базі ЗИЛ-131 у дорожніх умовах за допомогою мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу. Для досягнення вказаної мети необхідно провести експериментальні дослідження режимів руху автомобільних цистерн.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом випробувань вибрано автомобіль, маса якого в ході експериментальних досліджень змінюється в широких межах. Як такий автомобіль взято автоцистерну АРС-14 на базі ЗИЛ-131 (рис. 1, а), маса якого змінювалася в межах від 7210 до 9710 кг за рахунок ступеня наповнення цистерни водою. Випробування проводили на горизонтальній ділянці дороги з твердим і рівним асфальтобетонним покриттям. Інтенсивність руху автотранспорту під час проведення експерименту була мінімальною. Агрегати трансмісії і ходової частини автомобіля перед початком випробувань були прогріті. Шини чисті, сухі, знос протектора не більше 5 %. Дорожні

© В. В. Глущенко, М. А. Подригало, Д. М. Клец, Є. О. Дубінін, Д. В. Абрамов, О. Ю. Сергієнко

експериментальні дослідження базувалися на вимірюванні параметрів руху автомобіля інерційними чутливими елементами (датчиками) в реальних умовах руху. На рис. 1, б, в, г показані місця і спосіб кріплення на раму та кабінку автомобіля трикоординатних датчиків прискорень, а на рис. 2 – схема їх установки.



а



б



в



г

Рис. 1. Автоцистерна АРС-14 на базі автомобіля ЗИЛ-131 в ході проведення експериментальних досліджень:
а – загальний вигляд; б – кріплення на рамі трикоординатних датчиків прискорення; в та г – кріплення
в кабінці трикоординатних датчиків прискорення

Зняття показань повздовжніх прискорень автомобіля здійснювалося одночасно з чотирьох датчиків, що дозволило підвищити точність вимірювань за рахунок усереднення одержуваних значень.

Під час експерименту автомобіль з певним завантаженням розганяли з місця при однаковому ступені натискання на педаль газу. Далі здійснювалася зупинка, після якої заїзд повторювали в зворотному напрямку для компенсації кутів ухилу дороги. Після цього змінювали завантаження автомобіля шляхом зливання відповідного об'єму води з цистерни, і цикл випробувань повторювався. Дорожні випробування автоцистерни АРС-14 проводили при максимальному заповненні цистерни водою, при заповненні цистерни на 75, 50 та 25 % і за відсутності води у цистерні, що відповідає масі автомобіля 9710, 8460, 7835 та 7210 кг відповідно. У кабінці автомобіля знаходилися три людини, загальна маса яких дорівнювала 240 кг. Час одного заїзду становив 15–20 с. У процесі руху реєструвалися такі параметри: час руху, с; швидкість руху за спідометром, км/год; код АЦП по осі ОХ з чотирьох датчиків (для переведення в поздовжні прискорення).

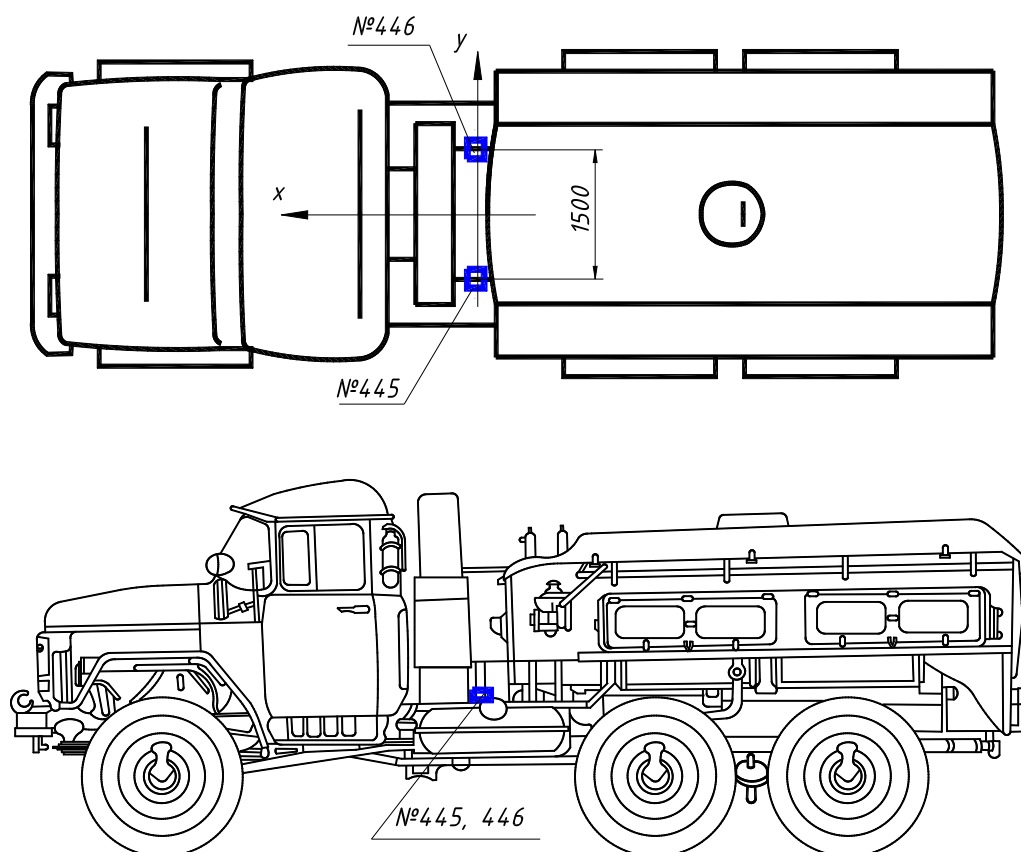


Рис. 2. Схема установки трикоординатних датчиків прискорення на рамі автоцистерни АРС-14 автомобіля ЗИЛ-131 при проведенні експериментальних досліджень

Безперервний процес записування показань датчиків прискорень здійснювався за допомогою спеціальної програми, яка дозволяє одночасно реєструвати дані і зберігати їх на жорсткому диску ЕОМ, а також візуалізувати процес випробувань.

Метеорологічні умови за даними метеослужби перед початком і у кінці експерименту в зоні ділянки дороги, на якій проводилися дослідження, наведено у таблиці.

Т а б л и ц я

Метеорологічні умови перед початком і у кінці експерименту

Час	Опади	Напрямок вітру	Швидкість вітру, м/с	Температура повітря, °С	Вологість, %	Атм. тиск, мм рт. ст.
09:00	без опадів	півд.	6	1	93	767,6
10:00	без опадів	півд.-сх.	5	2	92	768,2
11:00	без опадів	півд.-сх.	6	2	90	768,5

Під час випробувань використовували таке матеріально-технічне забезпечення.

1. Автомобільна цистерна для перевезення рідкого вантажу АРС-14 на базі ЗИЛ-131, номерний знак 0572 Ф4.

2. Мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс (МРВК):

– датчик прискорень Freescale Semiconductor моделі MMA7260QT ДЛШ, заводський номер № 06085445;

– датчик прискорень Freescale Semiconductor моделі MMA7260QT ДЛШ, заводський номер № 06085446;

– ПЕОМ Acer ASPIRE 5520G, заводський номер № 4104A AR5BXB63.

3. Пристосування спеціальне для закріплення датчиків прискорення.

4. Рулетка вимірвальна металева Р50УЗК, ДСТУ 4179-2003.
5. Фотокамера NIKON Coolpix S2600.

Технічні характеристики АРС-14 відповідали нормам експлуатаційно-технічної документації. Повна маса АРС-14 дорівнювала 6970 кг за даними, вказаними в експлуатаційно-технічній документації на зразок автомобільної техніки, з урахуванням маси водія, наявності експлуатаційних матеріалів та ПММ і вимірвальної апаратури.

Дорожні ділянки відповідали умовам експлуатації засобів рухомості (ЗР) в умовах цементно-бетонних, ґрунтових доріг (прямолинійні, горизонтальні, з гладким, сухим і чистим покриттям) та бездоріжжя. Подовжні ухили на ділянках цементно-бетонних та ґрунтових доріг не більше 0,05 %, поперечні ухили не більше 1 %. Під'їзні дорожні ділянки мали аналогічне покриття і довжину, достатню для розгону і стабілізації максимальної швидкості ЗР. Довжина ділянок асфальтобетонних та ґрунтових доріг для експерименту складала 2000 м. Довжина ділянок бездоріжжя для експерименту складала 100 м.

Вимірювання динамічних властивостей ЗР проводили згідно з експлуатаційно-технічною документацією на відповідні зразки.

Похибка значень потужності, отриманих за допомогою МРВК, складала не більше 4 % (1 % – похибка акселерометрів за паспортом і до 3 % – похибка установки) [4].

Перший етап – рух асфальтобетонною дорогою заповненої на 100 % цистерни. Другий етап – рух асфальтобетонною дорогою цистерни, заповненої на 75 %. Третій етап – рух асфальтобетонною дорогою цистерни, заповненої на 50 %. Четвертий етап – рух асфальтобетонною дорогою цистерни, заповненої на 25 %. П'ятий етап – рух асфальтобетонною дорогою порожньої цистерни. Шостий етап – рух ґрунтовою дорогою та в умовах бездоріжжя.

Вимірювання динамічних властивостей ЗР виконував штатний обслуговуючий персонал та члени робочої групи шляхом спостереження за показниками контрольно-вимірвальних пристроїв та МРВК.

На рис. 3–5 наведені значення подовжніх прискорень досліджуваної автомобільної цистерни АРС-14 в різних режимах руху.

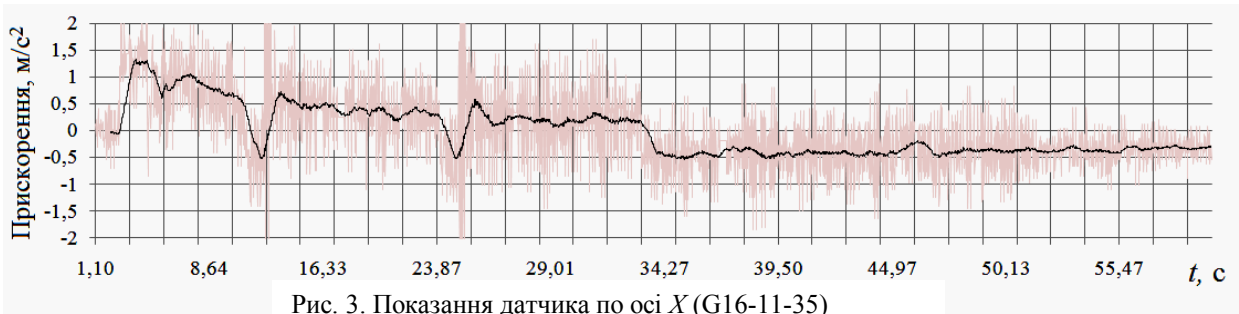


Рис. 3. Показання датчика по осі X (G16-11-35)

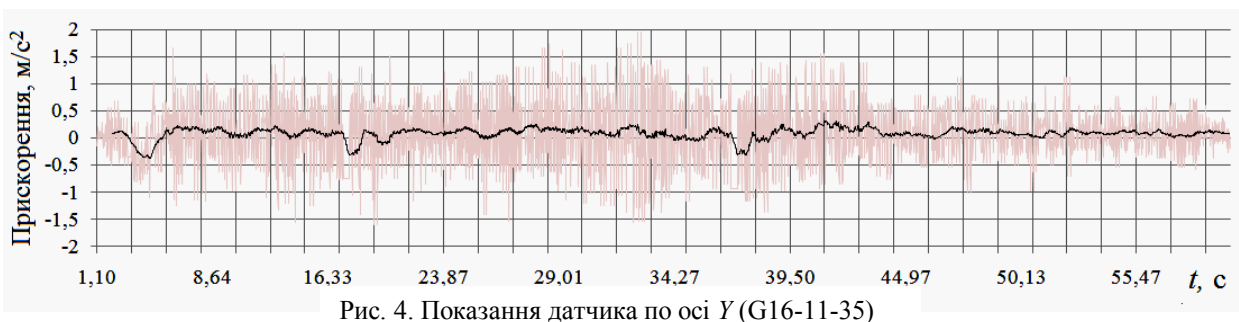


Рис. 4. Показання датчика по осі Y (G16-11-35)

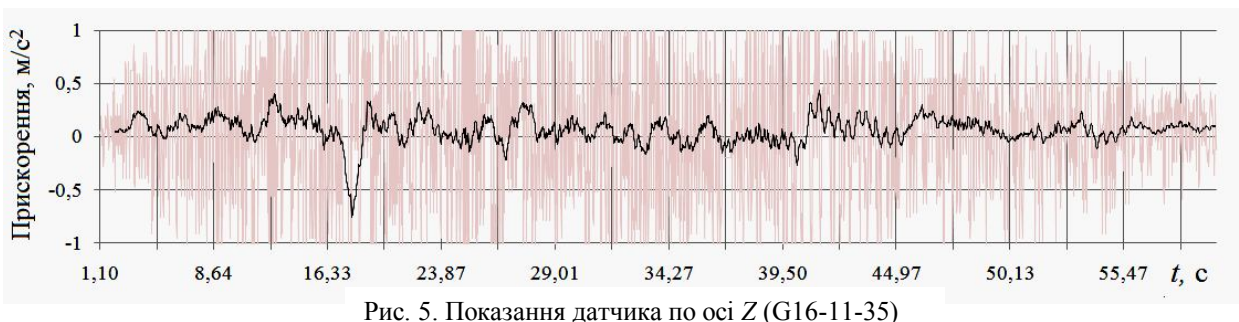


Рис. 5. Показання датчика по осі Z (G16-11-35)

З використанням МРВК визначені кутові швидкості, кутові прискорення (див. рис. 6–8), миттєві радіуси повороту автомобільної цистерни АРС-14 з метою оцінювання його маневреності.

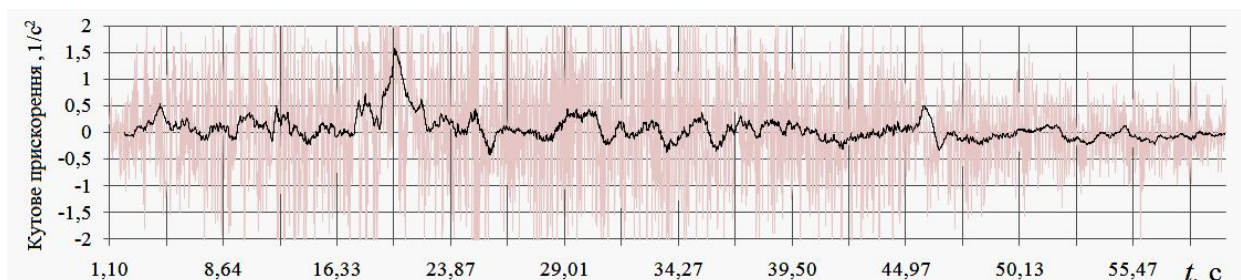


Рис. 6. Кутові прискорення в площині дороги, що виникають під час руху автоцистерни АРС-14 (G16-11-35)

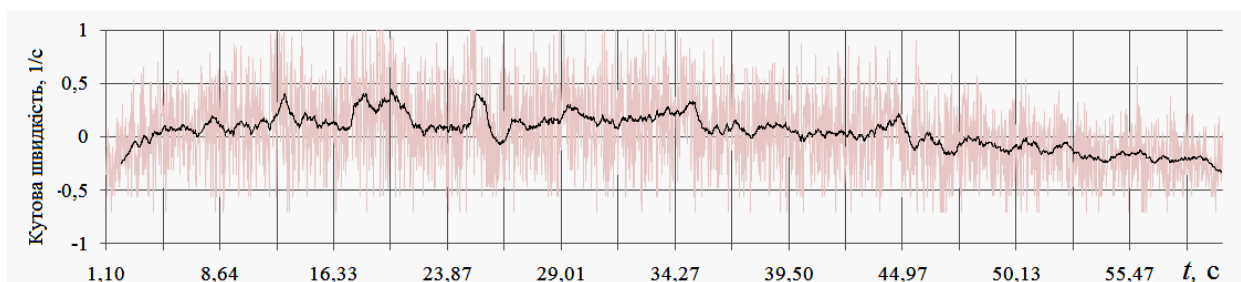


Рис. 7. Кутові швидкості в площині дороги, що виникають під час руху автоцистерни АРС-14 (G16-11-35)

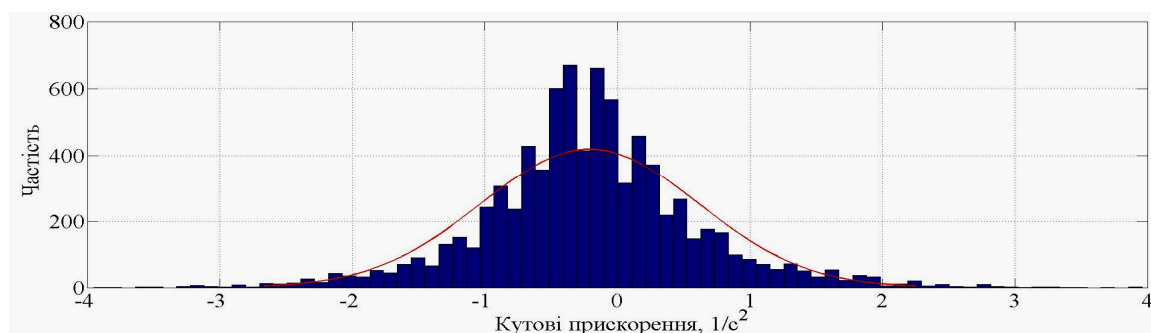
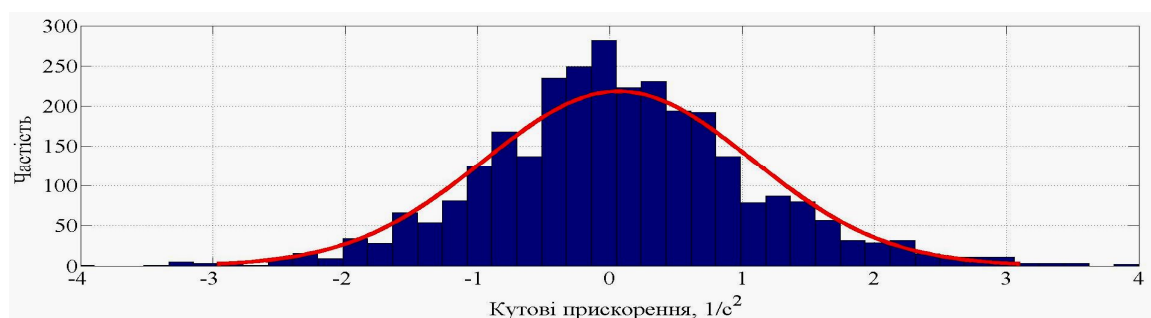
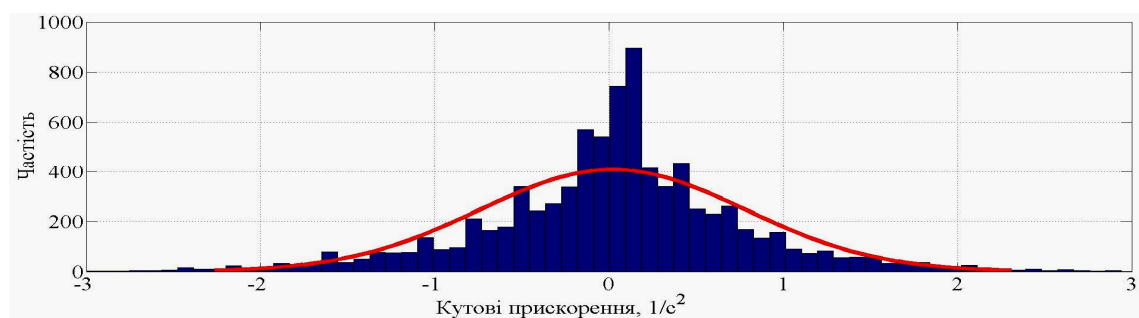


Рис. 8. Гістограми розподілу величин кутових прискорень автоцистерни АРС-14 на базі автомобіля ЗИЛ-131 (результати обробки даних трьох заїздів)

Усереднений нормальний закон зміни кутових прискорень у площині дороги досліджуваної автомобільної цистерни має такий вигляд:

$$Q = \frac{1}{0,82 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \cdot e^{-\frac{(\varepsilon + 0,21)^2}{2 \cdot 0,82^2}}$$

Висновки

1. Проведені експериментальні дослідження дозволили отримати закон розподілу випадкових величин кутових прискорень автомобільної цистерни, які можуть бути використані у моделюванні руху на ПЕОМ, проектуванні нових машин та кваліметричному оцінюванні існуючих моделей.

2. Отриманий усереднений нормальний закон зміни кутових прискорень в площині дороги досліджуваної автомобільної цистерни дозволяє прогнозувати параметри її стійкості. Середнє квадратичне відхилення склало $0,82 \text{ с}^{-2}$, а математичне очікування – $0,21 \text{ с}^{-2}$.

Список використаних джерел

1. Бортницький, П. И. Тягово-скоростные качества автомобилей [Текст] / П. И. Бортницький, В. И. Задорожный. – К. : Вища школа, 1978. – 176 с.

2. Обеспечение безопасности движения автоцистерн на основе оптимизации конструкции кузова [Текст] / М. С. Высоцкий, Ю. М. Плещачевский, А. О. Шимановский, М. Г. Кузнецова // Механика машин, механизмов и материалов. – № 3–4. – Гомель : Изд-во БГУТ. – 2012. – С. 142–148.

3. Гаврилов, Э. В. Принципы разработки мобильных вычислительных комплексов [Текст] / Э. В. Гаврилов, О. П. Алексеев, О. П. Смирнов // Информационные технологии. – Х. : Магдебург; ХГПУ, 1999. – С. 139–141.

4. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях [Текст] : пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00 25.06.2010 / Подригало М. А., Коробко А. І., Клец Д. М., Файст В. Л. ; заявник та патентовласник Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – № u 2010 01136 ; заявл. 04.02.10 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

5. Динамика автомобиля [Текст] : монография / М. А. Подригало, В. П. Волков, Д. М. Клец и др. ; под ред. М. А. Подригало. – Х. : Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.

6. Подригало, М. А. Экспериментальная оценка распределения ускорений при движении автомобилей в транспортном потоке [Текст] / М. А. Подригало, Д. М. Клец, В. Л. Файст // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : наук.-вироб. зб. – 2011. – № 1(12). – С. 6–12.

Стаття надійшла до редакції 04.03.2014 р.