

УДК 629.3.027

С.В. Мельничук, к.т.н., доц.
Ю.О. Подчашинський, к.т.н., доц.
О.О. Лугових, магістр
І.В. Вітюк, пров. інж.
О.С. Повар, магістр

Житомирський державний технологічний університет

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕМІЩЕНЬ І ОЦІНКИ ПЛАВНОСТІ ХОДУ ПІДВІСКИ НА ОСНОВІ ЧОТИРИЛАНКОВОГО ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

Розроблено програмно-апаратний комплекс, що використовує методи оцінки прискорень за допомогою електронних акселерометрів та відеовимірювань параметрів переміщень динамічних механічних систем. Цей комплекс може бути використано для проведення лабораторних випробувань підвісок автомобіля.

Вступ. Постановка проблеми. Дослідження експлуатаційних характеристик плавності ходу проводять за математичними моделями (на етапі проектування підвіски), в дорожніх та лабораторних умовах. При цьому оцінюють цілий ряд показників: жорсткість підвіски, частоту та амплітуду коливань, швидкість, прискорення підресореної маси та ін. [20, 21]. У процесі проведення експериментів отримують великі масиви даних. При проведенні аналізу даних експерименту дослідник отримує цілий ряд трудомістких задач. Автоматизація процесу збору та обробки даних дозволяє пришвидшувати проектування та доведення до робочого стану техніки, суттєво зменшує похибки результатів. На сьогоднішній день відомі такі методи автоматизації збору, фіксації та обробки результатів експерименту:

- 1) використання датчиків механічних величин (акселерометрів різного типу) [2, 4, 5, 7, 12, 14];
- 2) реєстрація переміщень механічних об'єктів вимірювань за допомогою кіно-, фото-, відеоапаратури [1, 8, 13, 17, 18, 19, 20];
- 3) введення сигналів від датчиків механічних величин в ЕОМ з одночасним перетворенням цих сигналів у цифрову форму [6, 3, 10, 11, 15];
- 4) алгоритмічна обробка вимірювальних сигналів в ЕОМ з метою визначення поточних координат і параметрів переміщень об'єктів вимірювань [8, 11, 16];
- 5) накопичення, зберігання та візуалізація результатів вимірювання механічних величин [3, 8].

Мета роботи. Створення автоматизованого програмно-апаратного комплексу для динамічних досліджень підвіски автомобіля в лабораторних умовах.

Для дослідження проектованої підвіски автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму [23] пропонується поєднати такі методи:

- 1) метод, що базується на використанні акселерометрів, адаптованих для роботи з комп'ютером;
- 2) метод відеовимірювання параметрів переміщень динамічних механічних систем.

За першим методом використовуються акселерометри ADIS1606 [22] фірми Analog Devices (рис. 1), які вимірюють лінійне прискорення руху або гравітації та перетворюють отримані дані на електричний сигнал.

Дані акселерометри являють собою високоточні, низьковольтні пристрої для вимірювань прискорень вздовж двох осей з межами виміру ± 5 g. Вихідним є аналоговий сигнал, пропорційний прискоренню незалежно уздовж кожної осі. Точність даних датчиків становить 0,001 g (нахил 0,06°). Витримують прискорення до 3500 g, розміри становлять 7,2x7,2x3,7 мм.

Для перетворення аналогового сигналу від акселерометра на цифровий використовується контролер ADISUSBZ [22], який, у свою чергу, підключається за допомогою USB кабелю до комп'ютера. За допомогою спеціального програмного забезпечення зняті дані експерименту представляються у вигляді обробленої цифрової та графічної інформації (рис. 2).

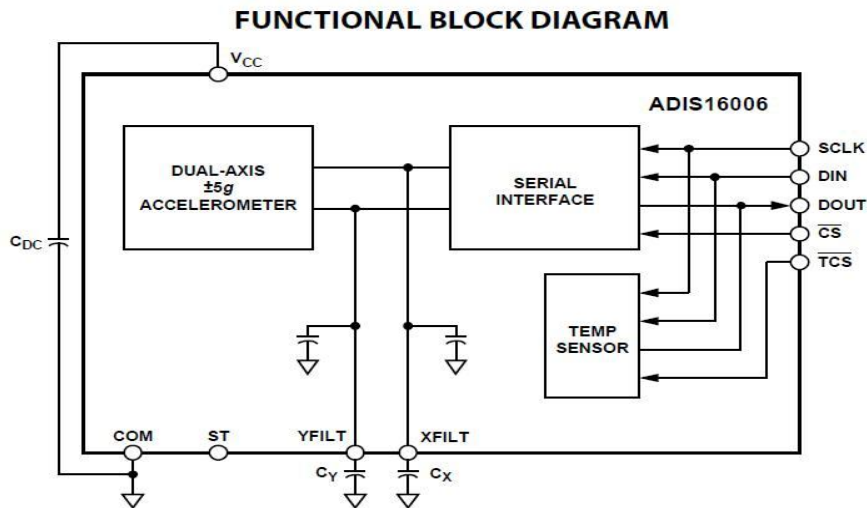


Рис. 1. Схема інтегрального акселерометра ADIS1606



Рис. 2. Графічний інтерфейс програми:

- 1 – тип пристрою та до якого каналу під'єднаний;
- 2 – функція перевірки вихідного сигналу;
- 3 – дані для збереження результатів виміру;
- 4 – налаштування параметрів збору даних;
- 5 – налаштування масштабу і зсуву ділянки виміру

Програма перетворює сигнал, що надходить від контролера, на зрозуміле зображення коливань випробувальної системи. Побудова синусоїдної кривої досліджується автоматично, виходячи з двох параметрів, які здатен вимірювати акселерометр, тобто по осі X – час виміру (мс), по осі Y – прискорення (м/с²). При вимірі по обох координатних осях на екрані будуються одразу дві криві, в реальному часі, перша ілюструє зміну прискорення по осі X, відповідно інша – по осі Y.

Реалізація програмно-апаратного комплексу відбувається за такою схемою (рис. 3). Акселерометром 1 оцінюються параметри коливань підресореної маси, акселерометром 2 – непідресореної маси. Акселерометри 2 і 3 оцінюють характер руху окремих вузлів підвіски.

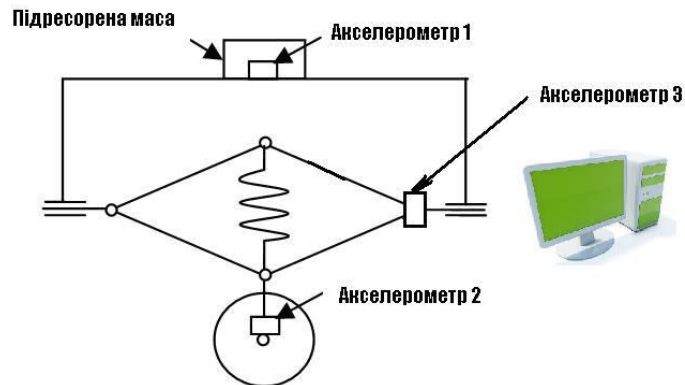


Рис. 3. Схема установки датчиків при випробуванні підвіски

Методи вимірювання механічних величин за відеозображеннями [3, 18, 20]. Відеозображення містять інформацію про такі механічні величини, як лінійні й кутові переміщення об'єктів. Для визначення цих переміщень необхідно виділити на відеозображенні потрібний об'єкт і визначити координати точок, що утворюють зовнішній контур цього об'єкта. Потім необхідно порівняти ці координати для послідовності відеозображень, на яких зафіксовано переміщення об'єкта.

Можливі два методи пошуку й виділення об'єктів на зображенні:

— на основі виділення контурів (контурних ознак зображення) з подальшим переходом до символічного опису зображення;

— на основі розподілу зображення на об'єкт і фон шляхом сегментації.

Перший метод більш складний, потребує більшого об'єму обчислень і призначений для обробки зображень, які:

— містять багато об'єктів складної форми;

— мають недостатню якість, обумовлену об'єктивними обставинами, наприклад, низький контраст об'єктів і фону через недостатнє освітлення або значний рівень шумів.

Другий метод базується на сегментації зображень. Сегментація зображення – розподіл зображення на області за ознакою подібності властивостей їх точок. Найбільш часто сегментацію проводять за яскравістю на основі порогового значення яскравості. Пороговий розподіл напівтонового зображення на області за ознакою їх яскравості також має назву бінарізації зображення.

Важливе завдання при сегментації зображення – це вибір порогового значення яскравості, що розділяє зображення на об'єкт і фон.

Відомо багато різних емпіричних і аналітичних підходів до визначення порогу яскравості, вибір яких залежить від властивостей конкретного типу зображень, потрібної точності та швидкості обробки. Існують способи глобального й локального порогового розподілу зображень.

При аналітичному підході порогове обмеження формується в процесі обробки зображення на основі одного з таких способів:

- побудова гістограми розподілу яскравості точок зображення;
- визначення максимального значення яскравості зображення;
- обчислення середнього значення яскравості у вікні;
- кореляційний аналіз зображення тощо.

Більшість способів визначення порогу яскравості орієнтовані на високу вірогідність безпомилкового виявлення об'єкта й низьку вірогідність помилкового виявлення об'єкта на зображенні, що має деякий рівень шуму, але не орієнтовані на задачу геометричних вимірювань.

При відеовимірюваннях лінійних і кутових переміщень об'єктів потрібна якість зображення забезпечується вибором відповідних апаратних засобів і створенням відповідних умов для дослідження процесів механічної деформації. Також заздалегідь відомо, які об'єкти є на відеозображенні. Потрібно визначити координати контурних точок цих об'єктів.

Ці координати доцільно визначити на основі порівняння яскравостей точок у рядку цифрового відеозображення з пороговим значенням. Тому необхідно розробити відповідний метод визначення координат контурних точок об'єкта, що деформується. Цей метод повинен забезпечити високу точність геометричних вимірювань і враховувати особливості відеозображень процесів деформації.

Апаратні засоби для відеовимірювань механічних величин [19, 20].

Метод відеовимірювань лінійних і кутових переміщень об'єктів потребує використання певного набору апаратних засобів (рис. 4). Найсуттєвішим елементом даної структурної схеми є вимірювальний канал, від якого значною мірою залежать точнісні й часові характеристики геометричних вимірювань.



Рис. 4. Структурна схема апаратних засобів для відеовимірювань лінійних і кутових переміщень об'єктів

Елементи даної структурної схеми є складними технічними виробами, що потребують для розробки значних затрат праці й багато часу, а для виготовлення — складного обладнання і певного рівня технології. Тому доцільно використовувати існуючі стандартні апаратні засоби, а підвищення точності й розширення функціональних можливостей вимірювань забезпечити на основі алгоритмічної обробки відеоінформації.

Можливі такі варіанти використання стандартних апаратних засобів для відеовимірювань механічних величин:

1. Відеокамера, яка підключена до пристрою введення відеозображень (у складі комп'ютера).
2. Цифровий фотоапарат, підключений до комп'ютера через послідовний інтерфейс або інтерфейс USB.
3. Цифрова відеокамера, підключена до комп'ютера через інтерфейс IEEE 1394 "FireWire" або інтерфейс USB.

Розглянемо ці варіанти більш детально, звертаючи увагу на технічні характеристики апаратних засобів, важливі для геометричних вимірювань.

Відеокамера, яка підключена до пристрою введення відеозображень (у складі комп'ютера). Введення відеозображень від відеокамери в персональний комп'ютер та їх перетворення в цифрову форму виконується за допомогою спеціального пристрою, що являє собою плату розширення в складі комп'ютера.

Даний варіант має такі недоліки, що негативно впливають на точність вимірювань механічних величин:

1. Максимальний розмір цифрового зображення приблизно дорівнює 800x600 дискретним точкам через обмеження, що випливають із властивостей аналогового відеосигналу відповідно до телевізійних стандартів.
2. Верхня межа смуги частот відеосигналу після всіх перетворень дорівнює 3–5 МГц, що негативно впливає на відтворення контурів об'єктів на відеозображенні.
3. В даному випадку має місце черзрядкова розгортка, що негативно впливає на якість швидко рухомих зображень.

Переваги даного варіанта:

1. Можливість введення й обробки послідовності зображень з високою частотою кадрів (25 кадрів / 50 напівкадрів на секунду), що важливо для дослідження динаміки швидкоплинних процесів.
2. Доступність і відносно невелика собівартість апаратних засобів.
3. Можливість накопичення відеозображень шляхом запису на магнітну стрічку з подальшим введенням у комп'ютер.

Для подолання недоліків даного варіанта слід використовувати спеціалізовану відеокамеру або переходити до інших варіантів введення відеозображень у комп'ютер.

Цифровий фотоапарат дозволяє фіксувати у власному запам'ятовуючому пристрої невелику кількість цифрових зображень у форматі без ущільнення (BMP, TIFF) або з ущільненням (JPEG). Перетворення відеоінформації на цифрове зображення виконується у самому фотоапараті за допомогою напівпровідникового перетворювача "світло–сигнал". Далі цифрові зображення передаються в комп'ютер по послідовному інтерфейсу або інтерфейсу USB.

Переваги даного варіанта:

1. Великий розмір цифрового зображення, який дорівнює 2048x1536 дискретних точок у кращих моделях цифрових фотоапаратів. Цей розмір обмежується в основному тільки сучасними можливостями технології виготовлення напівпровідникових перетворювачів "світло–сигнал". Зображення може бути ущільнене в цифровому фотоапараті або введене в комп'ютер у неущільненому вигляді.

2. Висока якість цифрового зображення, порівняно з аналоговою відеокамерою. Це обумовлено низьким рівнем шумів і малими похибками дискретності відеоінформації.

3. Можливість безпосереднього отримання напівтонового зображення у цифровому фотоапараті, що важливо при введенні експериментальних даних.

Недоліком даного варіанта є те, що відсутня можливість введення в комп'ютер послідовності зображень з високою частотою кадрів, що важливо для дослідження динаміки переміщень об'єктів. Зауважимо, що кращі моделі цифрових фотоапаратів мають можливість введення в комп'ютер послідовності ущільнених зображень у реальному масштабі часу з максимальною швидкістю 2—3 кадри на секунду. Передача неущільненого відеозображення в комп'ютер може займати декілька хвилин, що неприйнятно в багатьох випадках. Ці недоліки випливають з обмеженої пропускної здатності послідовного інтерфейсу (115 Кбіт/с) або інтерфейсу USB (12 Мбіт/с).

Цифрова відеокамера дозволяє отримати послідовність відеозображень у цифровій формі й передати їх у комп'ютер через інтерфейс USB або IEEE 1394 "FireWire" (пропускна здатність 100 Мбіт/с). Перетворення відеоінформації на цифрове зображення відбувається в самій відеокамері. Обмежена пропускна здатність апаратних засобів вимагає застосування ущільнення відеозображень. Для ущільнення використовуються формати відеопослідовностей M-JPEG, MPEG та ін.

Переваги даного варіанта:

1. Краща якість цифрового зображення, порівняно з аналоговою відеокамерою. Це обумовлено низьким рівнем шумів і малими похибками дискретності.

2. Послідовна розгортка відеозображення.

3. Можливість введення в комп'ютер і обробки послідовності зображень з високою частотою кадрів (25 кадрів на секунду для інтерфейсу IEEE 1394).

Недоліком даного варіанта є те, що стандартні цифрові відеокамери, орієнтовані на телевізійний стандарт передачі зображень, забезпечують максимальний розмір цифрового зображення близько 800x600 дискретних точок. Цифрові відеокамери, орієнтовані на передачу зображень по комп'ютерних мережах, формують зображення невеликого розміру (320x240 точок) і з невеликою частотою кадрів. Для подолання вказаних недоліків потрібно використання спеціалізованої цифрової камери, яка призначена для роботи в складі промислового комп'ютера і має підвищений розмір цифрового відеозображення (1024x1024 точок і більше).

Для вимірювань механічних величин найбільш важливим є розмір зображення в дискретних точках, отриманий у пристрої формування відеозображень. Наприклад, при розмірі відеозображення 800x600 точок і зйомці площі розміром 80x60 мм одній дискретній точці відповідає площа 0,10x0,10 мм, при розмірі відеозображення 2048x1536 точок – площа 0,04x0,04 мм. Це є достатнім для розв'язання задач, наведених у підрозділі 1.1.

При дослідженні розвитку пластичної деформації в часі потрібно введення послідовностей відеозображень з частотою до 25 кадрів на секунду. Це може бути реалізовано на основі використання цифрової відеокамери або аналогової відеокамери і пристрою введення відеозображень, який забезпечує ущільнення відеозображень.

На основі проведеного аналізу стандартних апаратних засобів можна зробити такі висновки:

1. Існують стандартні апаратні засоби, що забезпечують потрібну точність вимірювань лінійних і кутових переміщень об'єктів, а також забезпечують можливість дослідження розвитку деформації в часі.

2. Для вимірювань лінійних розмірів нерухомих і малорухомих об'єктів доцільно використовувати цифровий фотоапарат, який забезпечує високу якість цифрових зображень (великий розмір у дискретних точках і низький рівень шумів). Для дослідження розвитку деформації в часі доцільне використання аналогової відеокамери і пристрою введення відеозображень у комп'ютер, зважаючи на можливість введення послідовності кадрів, доступність і відносно невелику собівартість апаратних засобів.

3. Точнісіні характеристики геометричних вимірювань визначаються похибками й викривленнями, що мають місце у вимірювальному каналі. Для розглянутих варіантів апаратних засобів найсуттєвішими є такі похибки й викривлення: похибки квантування відеосигналу по рівню, похибки дискретності при перетворенні відеозображень у цифрову форму; шуми в пристрої формування відеозображень; обмеження смуги частот відеосигналу; геометричні викривлення. Для цих похибок необхідно вдосконалити існуючі або розробити нові математичні моделі. В результаті можна розрахувати похибки геометричних вимірювань і визначити можливі заходи з їх компенсації шляхом алгоритмічної обробки відеозображень.

На основі апаратних засобів для відеовимірювання механічних величин та сучасного стану розвитку відеотехніки, для проведення власного експерименту приймаємо методи на основі цифрової відеокамери. До відеокамери, спираючись на умови дослідження підвіски автомобіля, було висунуто такі вимоги:

– формування послідовності відеозображень із прогресивною розгорткою (кожен кадр одночасно містить парні та непарні рядки відеозображення);

– висока розподільна здатність (до 1500–2000 дискретних точок по висоті та ширині відеозображення);

– частота кадрів 25–30 кадрів за секунду, що є достатнім для дослідження коливань підвіски з частотою до декількох Гц;

– формування послідовності відеозображень з використанням методів стиснення цифрових даних. Причому стиснута послідовність повинна містити всі захоплені кадри (відеозображення) в стиснутому вигляді. Це означає неможливість використання методів стиснення MPEG-2 або -4. Потрібно використовувати методи, що стискають та зберігають кожен кадр (наприклад, DV або MJPEG);

– високоякісна оптична система, що забезпечує мінімум геометричних викривлень відеозображення;

– наявність сучасного високошвидкісного інтерфейсу для введення відеозображень у цифрову ЕОМ в реальному часі (наприклад, USB 2.0) або запам'ятовуючого пристрою великої ємності (наприклад, флеш-пам'яті);

– придатність до роботи в умовах, що відповідають умовам проведення експериментів з дослідження підвіски автомобілів.

Такі вимоги задовольняє відеокамера PANASONIC HD-CTM700EE, яка здатна захоплювати зображення з частотою до 60 Гц включно. Завдяки такій швидкості можливо більш детально слідкувати за ходом випробування та в подальшому пов'язати дані отримані від акселерометра, з відеозображенням.

PANASONIC HD-CTM700EE – флеш-камера з системою 3MOS із загальним ефективним дозволом 7,59 Ммп (3x2,53 мпкс.), здатна знімати відео в HD-якості (1920x1080). Запис проводиться на 32 ГБ флеш-карту, а також карти пам'яті формату SD/SDHC/SDXC.

Zoom оптичний: 12x.

Zoom цифровий: 700x.

Фокусна відстань(min): 35 мм.

Фокусна відстань (max): 420 мм.

Максимальна частота захоплення зображення: 60 Hz.

Висновок. У процесі аналізу методів та засобів автоматизованого збору експериментальних даних запропоновано для динамічних випробувань проектованої підвіски автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму використовувати програмно-апаратний комплекс, що базується на методах оцінки прискорень за допомогою електронних акселерометрів та відеовимірювань динамічних механічних величин.

Це дасть змогу:

– автоматизувати процес збору, фіксації та обробки даних експерименту;

– отримувати результати експерименту в зручній для дослідника числовій та графічній формі;

– напряму застосовувати стандартні математичні програмні продукти для аналізу даних;

– спостерігати за ходом експерименту по динамічних діаграмах експерименту, що будуються в реальному масштабі часу;

– детально аналізувати процес коливань підвіски за отриманою відеоінформацією з дискретою до 60 Гц.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дубовик А.С. Фотографическая регистрация быстропротекающих процессов / А.С. Дубовик. – М. : Наука, 1984. – 320 с.
2. Безвесільна О.М. Вимірювання прискорень / О.М. Безвесільна. – К. : Либідь, 2001. – 264 с.

3. *Безвесільна О.М.* Інформаційно-комп'ютерні системи та технології. Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин / *О.М. Безвесільна, Ю.О. Подчащинський.* – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 320 с.
4. *Безвесільна О.М.* Технологічні вимірювання та прилади. Перетворюючі пристрої приладів та комп'ютеризованих систем / *О.М. Безвесільна, Ю.О. Подчащинський.* – Житомир : ЖДТУ, 2006. – 560 с.
5. *Рябыкин С.Л.* Средства измерения параметров движения / *С.Л. Рябыкин, Ф.Я. Загавура.* – М. : Высшая школа, 1987. – 136 с.
6. *Шлихт Г.Ю.* Цифровая обработка цветных изображений / *Г.Ю. Шлихт.* – М. : ЭКОМ, 1997. – 336 с.
7. *Агейкин Д.И.* Датчики контроля и регулирования / *Д.И. Агейкин, Е.Н. Костина, Н.Н. Кузнецова.* – М. : Машиностроение, 1965. – 928 с.
8. *Безвесільна О.М.* Принципи побудови системи для вимірювання механічних величин на основі двовимірної інформації / *О.М. Безвесільна, Ю.О. Подчащинський* // Вісник Інженерної академії України. – 2009. – № 4. – С. 52–55.
9. *Засторогин Ю.Ф.* Прецизионные измерения параметров движения с использованием лазера / *Ю.Ф. Засторогин.* – М. : Машиностроение, 1986. – 272 с.
10. *Страхов А.Ф.* Автоматизированные измерительные комплексы / *А.Ф. Страхов.* – М. : Энергоиздат, 1982. – 216 с.
11. Цифровые информационно-измерительные системы. Теория и практика / *А.Ф. Фомин, О.Н. Новоселов, К.А. Победоносцев, Ю.Н. Чернышов* ; под ред. *А.Ф. Фомина, О.Н. Новоселова.* – М. : Энергоатомиздат, 1996. – 448 с.
12. *Шваб И.А.* Измерение угловых ускорений / *И.А. Шваб, А.В. Селезнев.* – М. : Машиностроение, 1983. – 160 с.
13. *Дубовик А.С.* Фотографическая регистрация быстропротекающих процессов / *А.С. Дубовик.* – 3-е изд., перераб. – М. : Наука, 1984. – 320 с.
14. *Бриндли К.* Измерительные преобразователи : справ. пособие : пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.
15. *Мейдза Ф.* Электронные измерительные приборы и методы измерений : пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 535 с.
16. *Цветков Э.И.* Процессорные измерительные средства / *Э.И. Цветков.* – Л. : Энергоатомиздат, 1989. – 224 с.
17. *Горелик С.Л.* Телевизионные измерительные системы / *С.Л. Горелик, Б.М. Кац, В.И. Киврин.* – М. : Связь, 1980. – 168 с.
18. *Форсайт Д.* Компьютерное зрение. Современный подход / *Д.Форсайт, Ж.Понс.* – М. : Вильямс, 2004. – 928 с.
19. *Грязин Г.Н.* Системы прикладного телевидения : учеб. пособие для вузов / *Г.Н. Грязин.* – СПб. : Политехника, 2000. – 277 с.
20. Колебания автомобиля. Испытания и исследования / *Я.М. Певзнер, Г.Г. Гридасов, А.Д. Конев, А.Е. Плетнев.* – М. : Машиностроение, 1979. – 208 с.
21. *Копилевич Э.В.* Диагностика подвески автомобилей / *Э.В. Копилевич, М.А. Пурник, С.А. Федоров.* – М. : Транспорт, 1974. – 52 с.
22. Електронний ресурс. Режим доступу : <http://www.analog.com>
23. *Мельничук С.В.* Методика проведення модельних випробувань підвіски автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму / *С.В. Мельничук, І.В. Вітюк* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2008. – № 3 (46). – С. 88–91.

МЕЛЬНИЧУК Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- плавність ходу автомобіля;
- проектування підвіски автомобіля.

ПОДЧАШИНСЬКИЙ Юрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматичної та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання механічних величин;
- цифрова обробка зображень.

ЛУГОВИХ Оксана Олександрівна – магістр кафедри автоматичного управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання механічних величин;
- цифрова обробка зображень.

ВІТЮК Іван Васильович – провідний інженер кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- плавність ходу автомобіля.

ПОВАР Олександр Сергійович – магістр кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- плавність ходу автомобіля.

Подано 11.05.2010

Мельничук С.В., Подчашинський Ю.О., Лугових О.О., Вітюк І.В., Повар О.С. Програмно-апаратний комплекс для визначення параметрів переміщень і оцінки плавності ходу підвіски на основі чотири ланкового важільного механізму

Мельничук С.В., Подчашинский Ю.О., Луговых О.О., Витюк И.В., Повар О.С. Программно-аппаратный комплекс для определения параметров перемещений и оценки плавности хода подвески на основе четырёхзвенного рычажного механизма.

Melnychuk S.V., Podchashinskiy U.O., Lugovyh O.O., Vityuk I.V., Povar O.S. The software and hardware complex to definition the parameters of displacement and assess the flowess of the suspension on the basis of four-link lever motion mechanism.

УДК 629.3.027

Программно-апаратний комплекс для определения параметров перемещений и оценки плавности хода подвески на основе четырёхзвенного рычажного механизма / С.В. Мельничук, Ю.О. Подчашинский, О.О. Луговых, И.В. Витюк, О.С. Повар

Разработано программно-аппаратный комплекс, что использует методы оценки ускорений при помощи электронных акселерометров и видеоизмерений параметров динамических механических систем. Этот комплекс может быть использован для проведения лабораторных испытаний подвески автомобиля.

УДК 629.3.027

The software and hardware complex to definition the parameters of displacement and assess the flowess of the suspension on the basis of four-link lever motion mechanism // S.V. Melnychuk, U.O. Podchashinskiy, O.O. Lugovyh, I.V. Vityuk, O.S. Povar

Developed hardware and software system are that used the methods of evaluation of acceleration with accelerometers and electronically videometer parameters of dynamic mechanical systems. This complex can be used for laboratory testing a vehicle suspension.