

## ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПЛАВНОСТІ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ М1. ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ НАТУРНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВІСКИ

Мельничук С.В., Вітюк І.В., Бовсунівський І.А.  
*Житомирський державний технологічний університет*

Спроековано підвіску задньої вісі автомобіля категорії М1 (ИЖ-2715) на основі чотириланкового важільного механізму. Створено програмно-апаратний комплекс для натурального дослідження плавності ходу автомобіля. Проведено випробування на плавність ходу автомобіля ИЖ-2715 методом переїзду перешкоди.

**Ключові слова:** плавність ходу, підвіска автомобіля, програмно-апаратний комплекс.

**Постановка проблеми.** Плавність ходу автомобіля є одним з найважливіших експлуатаційних складових активної безпеки автомобіля і які напряду пов'язані з якістю роботи підвіски. Покращенню цих техніко-експлуатаційних параметрів у всьому світі приділяється велике значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед робіт, присвячених цій проблемі слід виділити наукові праці, що заклали фундаментальні основи створення сучасного автомобіля. Завдяки роботам таких дослідників, як Я.М. Певзнер[6], А.А. Хачатуров, Р.В. Ротенберг[1], J.R. Ellis, Y. Furukawa, Н.В. Расаєйка і багатьох інших, вдалося закласти основи наукових шкіл і виробити шляхи розвитку сучасного автомобілебудування, що задовольняють виробничим і експлуатаційним вимогам, що постійно посилюються.

У дисертаційній роботі Р.П. Кушвид [9] розвиває теорію дослідження руху автомобіля, спрямовану на скорочення термінів проектування і доведення автомобілів за рахунок прогнозування їх показників. Також останнім часом питанням стійкості руху автомобіля присвячені кандидатські роботи Морозова С. А. [10] та Гурьянова М.В. [11].

Відповідно підвищити ходові якості і розширити потенціали міського автомобіля категорії М1 можна за допомогою удосконалення вже існуючих підвісок або створення нових.

Специфікою вантажопасажирських автомобілів категорії М1 є те, що співвідношення навантаження на задню вісь пустого та навантаженого автомобіля відрізняється майже вдвічі. Задні підвіски автомобілів іноземного виробництва Volkswagen Touran (незалежна важільна), Volkswagen Caddy (залежна ресорна), Renault Kangoo (напівзалежна торсіонна) не можуть забезпечити необхідну плавність ходу при такому розподілі навантаження.

Автомобіль Volkswagen Touran має незалежну важільну підвіску. Всі елементи кріпляться на підрамнику через потужні сайлент-блоки та шарові шарніри – це забезпечує незалежність коліс один від одного та кращу керованість. Навпаки проста конструкція ресорної підвіски Volkswagen Caddy має свої переваги. Два головних - це, по-перше, виникає при міжлистовому терті ефект гасіння коливань, завдяки якому ресора працює як найпростіший фрикційний амортизатор; а по-друге - ресора має прогресивну характеристику - тобто, її жорсткість збільшується в міру зростання навантаження. Але конструкція даної підвіски не повністю відповідає сучасним вимогам та, все ж, має обмежений діапазон регулювання плавності ходу.

Остання із перелічених - напівзалежна торсіонна підвіска Renault Kangoo проста у виконанні та експлуатації її висоти, компактно розташована відносно ширини транспортного засобу, а також довговічна. У порівнянні з розглянутими, її головним недоліком є високий центр крену.

**Мета роботи:** розробити програмно-апаратний комплекс для натурних досліджень підвіски автомобіля категорії М1.

На базі кафедри автомобілі та автомобільне господарство (А та АГ) Житомирського державного технологічного університету запропоновано спосіб підвищення плавності ходу автомобіля за рахунок конструктивних змін підвіски автомобіля. Було розроблено схему підвіски автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму (ЧЛВМ)[1], яка забезпечуватиме збільшення енергоємності, підвищення показників плавності ходу, та стійкості.

Даною схемою була спроектована підвіска для задньої вісі автомобіля категорії М1 (ИЖ-2715), що показана на рис. 1.

За схемою підвіски традиційний пружний елемент 1 встановлений в середині ромбовидного важільного механізму 2.

Динамічне навантаження від дороги передається на підресорену масу через кінематичний ланцюг з важільного механізму 2 та повздовжніх напрямних 3, при цьому пружний елемент 1 отримує збільшену вдвічі деформацію, що призводить до збільшення енергоємності підвіски та покращення плавності ходу.

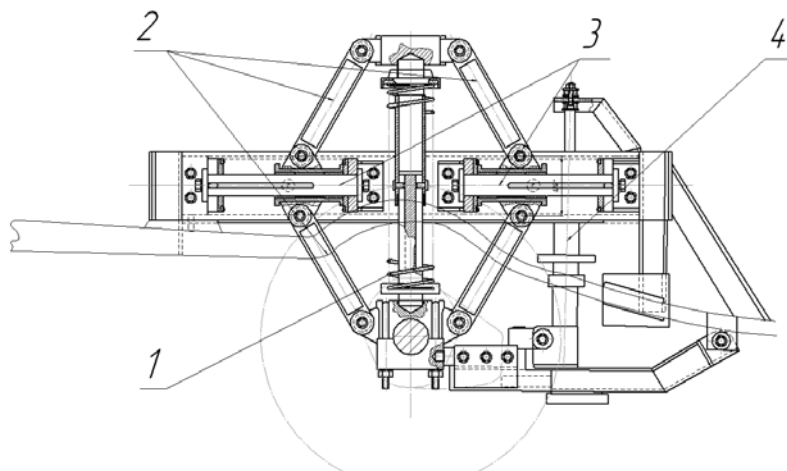


Рис. 1. Підвіска на основі ЧЛВМ

Для підтвердження переваг вказаної схеми підвіски були проведені модельні випробування, результати яких задовільно узгоджуються з теоретично отриманими.

Натурні випробування даної підвіски заплановано проводити в три етапи.

На першому етапі необхідно дослідити штатну підвіску ИЖ-2715, на другому – проектовану підвіску, на третьому – порівняти параметри роботи обох підвісок та зробити висновки.

Заплановано проведення досліджень плавності ходу за статичними (для отримання пружної характеристики) та динамічними (для оцінки параметрів коливального процесу) випробуваннями.

Комплекс лабораторних та дорожніх випробувань складається з:

- лабораторних випробувань:
  - динамічних - методом скидання;
  - статичних – методом довантаження;
- дорожніх випробувань:
  - методом переїзду перешкоди.

#### **Лабораторні статичні випробування.**

Підчас проведення статичних випробувань використовувалась наступна методика, розроблена на основі рекомендацій:

- автомобіль встановлюється на рівній горизонтальній площадці;
- встановлюються противідкатні упори під передні колеса;
- встановлюються вимірювальні прилади;
- фіксується початкове значення прогину підвіски без навантаження;
- довантажується автомобіль (дискрета довантаження 25 кг), рівномірно розподіляючи баласт у кузові;
- при кожному довантаженні фіксувати зміну прогину;
- довантаження провести до упору у відбійники;
- автомобіль розвантажується (дискрета розвантаження 25 кг);
- при кожному розвантаженні фіксується прогин підвіски;
- за результатами навантаження та розвантаження будується пружна характеристика підвіски автомобіля.

На рис.1 приведена схема випробування.

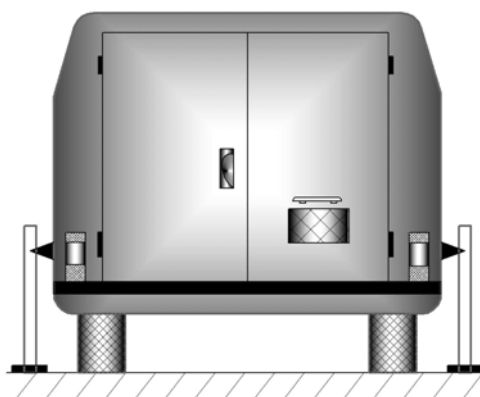


Рис. 1. Статичні випробування автомобіля ІЖ-2715

Для проведення експерименту автомобіль було розміщено на підготовленій рівній площадці та зафіксовані передні колеса. При навантаженні задньої вісі використовувались вантажі масою 25 кг, контролювалась рівномірність розміщення вантажів в кузові для отримання коректних даних. Експеримент проводили два рази та у два етапи. Довантаження відбувалось з кроком у двадцять п'ять кілограмів. Прогин задньої підвіски вимірювали спеціальною обладнаною лінійкою при кожному довантаженні. При досягненні маси вантажу, що відповідає максимальній допустимій (450 кг), було проведено розвантаження задньої вісі з кроком у двадцять п'ять кілограмів. По закінченню експерименту дослід було повторено ще три рази.

#### Лабораторні динамічні випробування.

Пружну характеристику отримали шляхом дискретного довантаження і розвантаження автомобіля.

Частоти вільних коливань були оцінені методом «скидання».

Автомобіль скидали з висоти 60 мм, при умові відсутності ударів в обмежувач ходу і відриву коліс від площадки на якій проводяться випробування [8].

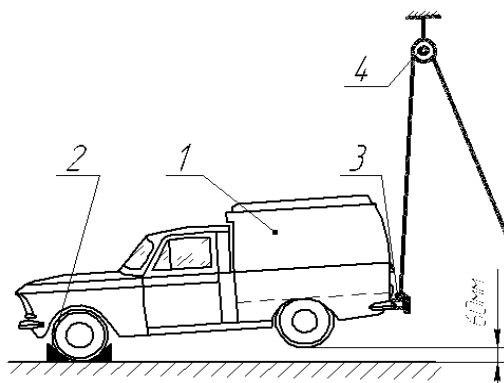


Рис. 2. Схема дослідження вільних коливань автомобіля ІЖ-2715 методом скидання:

- 1- автомобіль ІЖ-2715; 2 – противідкатні упори;  
3 – розривна муфта (електромагніт); 4 – таль

Підйом автомобіля 1 відбувався за допомогою талі 4 на якій закріплюються електромагніти 3. Використання електромагнітів дозволить чітко фіксувати час скидання і комп'ютеризувати експеримент.

Після проведення лабораторних досліджень на плавність ходу автомобіля, наступним етапом за наведеним планом є проведення дорожніх випробувань - застосовувався метод «переїзд перешкоди».

#### Дорожні випробування.

Вказівки щодо безпосереднього проведення випробувань за методом переїзд перешкоди:

- плавний розгін до 20 км/год, після розгону в КПП вибрати нейтральну передачу;
- синхронізоване ввімкнення вимірювального обладнання;
- рух у коридорі з постійною швидкістю;

- гальмування на виході з коридору до повної зупинки;
- випробування проводити зі збільшення початкової швидкості на 10 км/год;
- випробування проводити з кроком довантаження 100 кг;
- для підвищення достовірності проведення експерименту заїзд повторити 3-4 рази.

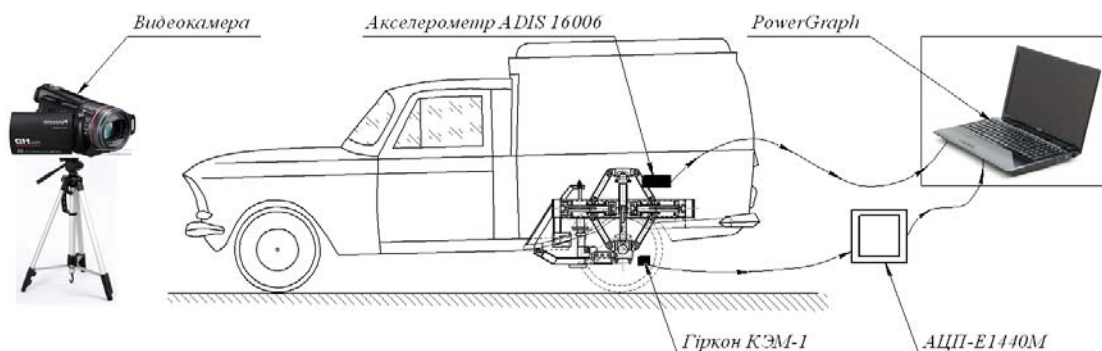


Рис. 3. Програмно-апаратний комплекс

Для запису динамічних параметрів руху під час проведення випробувань був розроблений програмно-апаратний комплекс (рис. 3), що складається з наступних приладів і датчиків:

- акселерометр Adis 16006;
- контролер ADISUSBZ;
- гіркон типу КЭМ-1;
- аналогово-цифровий перетворювач типу АЦП-Е1440М (L-card);
- Персональний комп'ютер з пакетом попередньо встановлених програм (PowerGraph, ADISUSBZ) для синхронізації, обробки та запису даних з встановлених датчиків;
- високошвидкісна відеокамера Panasonic HDCTM-700EE для запису відеозображення переїзду перешкоди автомобілем та подальшого коливання підресореної маси.

Для дослідження проектованої підвіски автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму [1] пропонується поєднати наступні методи:

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

За першим методом використовуються акселерометри ADIS16006 фірми Analog Devices, які вимірюють лінійне прискорення руху або гравітації та перетворюють отримані дані в електричний сигнал.

Дані акселерометри являють собою високоточні, низьковольтні пристрої для вимірювань прискорень вздовж двох осей із межами виміру  $\pm 5g$ . Вихідним є аналоговий сигнал, пропорційний прискоренню незалежно уздовж кожної осі. Точність даних датчиків складає 0,001 g (нахил 0,06°). Витримують прискорення до 3500 g, розміри складають 7,2 x 7,2 x 3,7 мм.

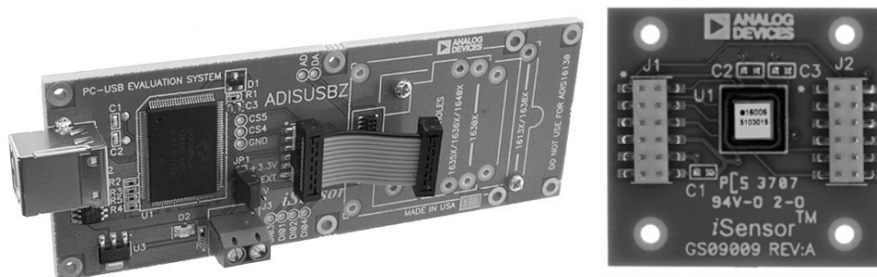


Рис. 4. Вид інтегрального контролера ADISUSBZ та акселерометра ADIS16006

Для перетворення аналогового сигналу від акселерометра на цифровий використовується контролер ADISUSBZ (рис. 4), який в свою чергу підключається за допомогою USB-кабеля до

комп'ютера (рис. 5). За допомогою спеціального програмного забезпечення зняті дані експерименту представляються у вигляді обробленої цифрової та графічної інформації.

Програма перетворює сигнал, що надходить від контролера, у зрозуміле зображення коливань випробувальної системи. Побудова синусоїдної кривої досліду відбувається автоматично, виходячи з двох параметрів які здатен вимірювати акселерометр, тобто по вісі X – час виміру (мс), по вісі Y – прискорення ( $m/c^2$ ).

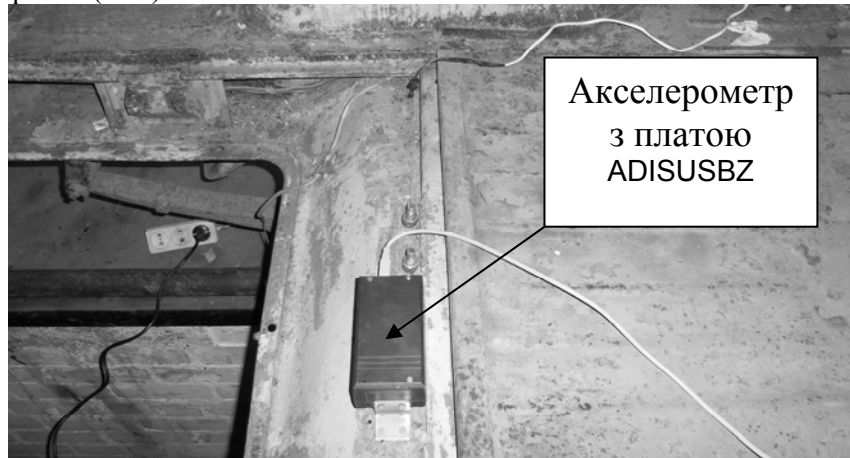


Рис. 5. Датчик акселерометр, встановлений на кузов автомобіля над задньою віссю

Для контролю швидкості автомобіля був використаний датчик гіркон КЭМ-1. Корпус датчика був закріплений до гальмівного циліндра заднього правого колеса (рис. 6) автомобіля ИЖ-2715. Магніт з комплекту до датчика, діаметр корпусу якого 7,5 мм, було змонтовано в корпус гальмівного барабану, при цьому забезпечивши зазор 2мм. Сигнал гіркону опрацьовував аналогово-цифровий перетворювач типу АЦП-Е1440М (L-card), який в свою чергу передавав сигнал на комп'ютер на якому програма PowerGraph опрацьовувала ці данні. Таким чином, знаючи радіус колеса та частоту спрацювання датчика, в реальному часі визначалась швидкість та прискорення автомобіля підчас проведення випробування.

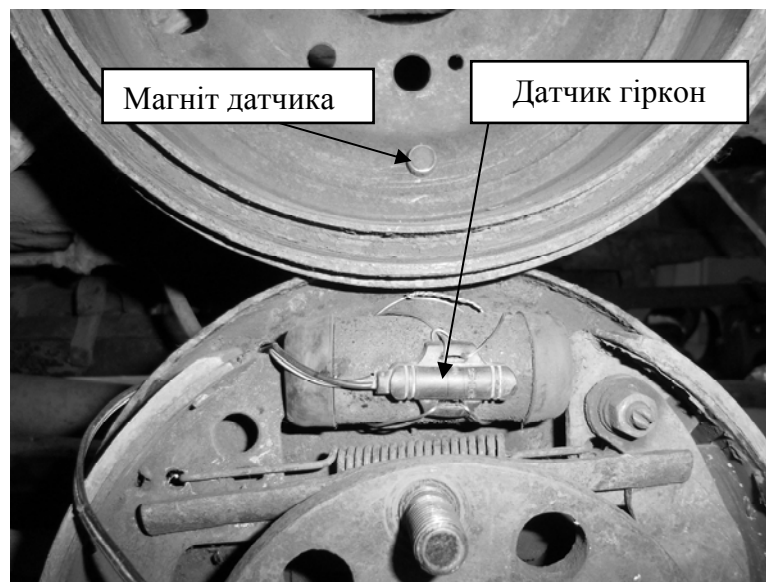


Рис. 6. Датчик гіркон закріплений на гальмівний циліндр та магніт датчика закріплений на гальмівний барабан

Для візуальної контролю проведення експерименту використовувалась високочастотна відеокамера PANASONIC HD-СТМ700ЕЕ, яка здатна реєструвати зображення з частотою до 60 кадрів\секунду включно. Завдяки такій швидкості, можливо більш детально слідкувати за ходом випробування та в подальшому зв'язати дані отримані від акселерометра з відеозображенням.



Для збереження вагових характеристик автомобіля під час випробувань, підтримувати рівень палива.



Рис. 7. Переїзд перешкоди автомобілем ІЖ-2715

Після проведення випробувань (рис. 7) по отриманим даним експерименту були побудовані графіки прискорень. Після програмного інтегрування було отримано залежність переміщень від часу (рис. 8-11).

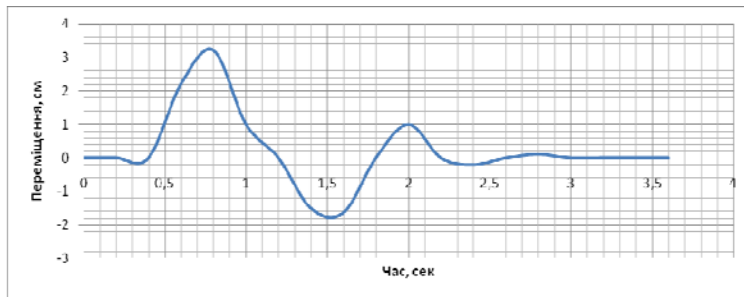


Рис. 8. Переїзд перешкоди при повному завантаженні автомобіля на швидкості 20 км/год

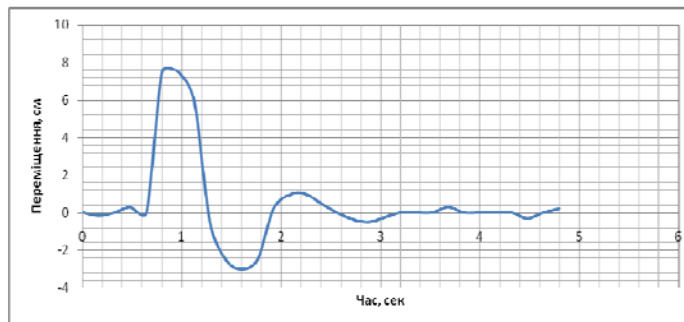


Рис. 9. Переїзд перешкоди з пустим кузовом автомобіля на швидкості 60 км/год

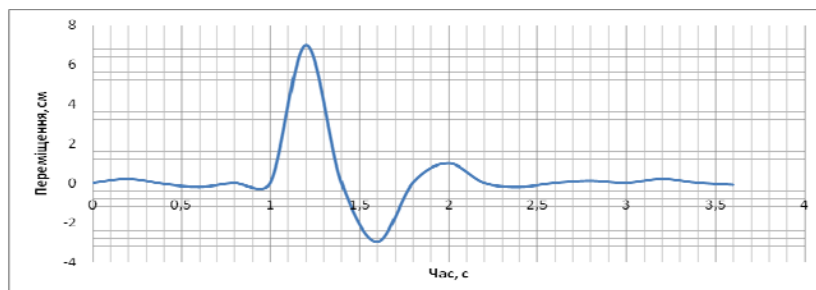


Рис. 10. Переїзд перешкоди з пустим кузовом автомобіля на швидкості 20 км/год

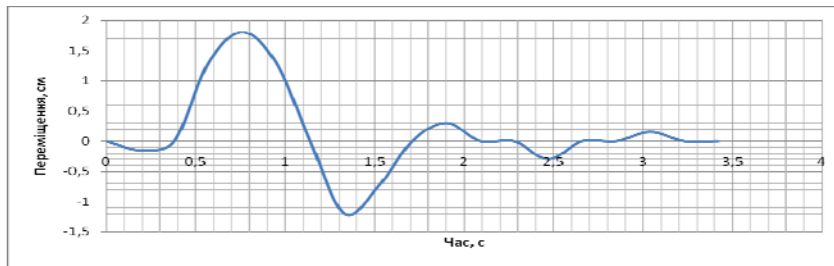


Рис. 11. Переїзд перешкоди при повному завантаженні автомобіля на швидкості 60 км/год

Аналіз даних експерименту показує, що величини частот коливань штатної задньої підвіски автомобіля ИЖ-2715, отримані при обробці графіків, співпадають в межах допустимої похибки із розрахунковими даними цього автомобіля.

Наступним етапом буде дослідження ходових якостей автомобіля ИЖ-2715 із встановленою підвіскою на основі чотириланкового важільного механізму для порівняння отриманих даних.

#### Висновки:

- розроблено підвіску задньої вісі автомобіля категорії М1 (ИЖ-2715) на основі чотириланкового важільного механізму, яка забезпечує збільшення енергоємності, підвищення показників плавності ходу та стійкості.
- розроблено програмно-апаратний комплекс для натурного дослідження плавності ходу автомобіля, який дає змогу відслідковувати зміну коливання підресореної маси;
- проведено натурні випробування на плавність ходу автомобіля ИЖ-2715 методом переїзду перешкоди дає змогу оцінити працездатність програмно-апаратного комплексу

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. / Р.В. Ротенберг – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
2. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. / Г.А. Смирнов – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
3. Рябыкин С.Л. Средства измерения параметров движения. / С.Л. Рябыкин, Ф.Я. Загавура /М.: Высшая школа.- 1987. – 136с.
4. Успенский И.Н., Проектирование подвески автомобиля./ И.Н. Успенский, А.А. Мельников /М.: Машиностроение, 1976. – 60с.
5. Копилевич Э. В. Диагностика подвески автомобилей/ Э. В. Копилевич, М. А. Пурник, С. А. Федоров /М.: Транспорт, 1974. – 52 с.
6. Певзнер Я.М. Колебания автомобиля. Испытания и исследования./ Я.М.Певзнер, Г.Г. Гридасов, А.Д. Конев – М.: Машиностроение, 1979. – 208 с
7. Мельничук С.В. Методика проведення модельних випробувань підвіски автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму./ С.В. Мельничук, І.В. Вітюк //Ж.: Вісник ЖДТУ. – Технічні науки. – 2008. - №3(46). – с.88-91
8. Мельничук С.В. Дослідження вільних коливань моделі підвіски автомобіля на основі чотири ланкового важільного механізму / С.В. Мельничук, Ю.О. Подчашинський, І.В. Вітюк // Вісник СевНТУ. – 2011 - № 121. – с.146-149.
9. Кушвид Р. П. «Прогнозування показників керованості і стійкості автомобіля з використанням комплексу експериментальних і теоретичних методів». Дис. докт. техн. наук. - М., 2005. - 348 с.
10. Морозов С. А. «Кутові параметри кочення керованих коліс як чинник підвищення стійкості руху і зниження навантаження передньої осі вантажного автомобіля». Дисс. канд. техн. наук. - М., 2005. - 180 с.
11. Гурьянов М.В. «Частотний метод оцінки курсової стійкості автомобіля на основі його моделей у вигляді систем з багатьма ступенями свободи і нелінійною взаємодією шин з дорожнім покриттям» - Дисс. . канд. техн. наук: 05.13.18.- Ульяновск, 2007.- 226 с.

**Мельничук С.В., Вітюк І.В., Бовсунівський І.А., К вопросу повышения показателей плавности хода автомобиля категории М1. Программно-аппаратный комплекс для проведения натурных исследований подвески.** Спроектирована подвеска задней оси автомобиля категории М1 (ИЖ-2715) на основе четырехзвенного рычажного механизма. Создан программно-аппаратный комплекс для натурного исследования плавности хода автомобиля. Проведены испытания на плавность хода автомобиля ИЖ-2715 методом переезда препятствия.

**Melnychuk S., Vityuk I., Bovsunivskiy I., The problem of increasing indicators smooth progress vehicle categories m1. Hardware-software complex research of field investigations of suspension**

Designed suspension rear axle vehicle category M1 (ИЖ-2715) on the basis of the four-link motion mechanism. Established software and hardware for full-scale research ride car. The tests on the smooth running of the car ИЖ-2715 method of moving obstacles.

Стаття надійшла в редакцію 06.05.2014 р.