© Мельничук С.В., Вітюк І.В., Бовсунівський І.А. 2015

УДК 629.3.027
UDC 629.3.027

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

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ З ПІДВІСКОЮ НА ОСНОВІ ЧОТИРИЛАНКОВОГО ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

Проаналізовано сучасний стан перспектив та проблем використання комп'ютерних технологій для визначення експлуатаційних параметрів руху автомобіля. Проведено огляд наукових робіт, пов'язаних з вивченням властивостей керованості і стійкості автомобіля Із наведених прикладів видно, що сучасні дослідники питань курсової стійкості недостатньо уваги приділяють питанням пов’язаним із процесами які відбуваються в підвісках автомобіля. Розроблено анімаційну модель експериментального автомобіля в середовищі SOLIDWORKS зі штатною підвіскою та підвіскою на основі чотириланкового важільного механізму. Розроблена методика та програмно-апаратний комплекс проведення випробувань на стійкість автомобіля. Проведено випробування стійкості автомобіля категорії М1 методом «поворот» зі штатною підвіскою. Проведено комп’ютерне моделювання стійкості руху автомобіля з підвіскою на основі чотириланкового важільного механізму.

Ключові слова: підвіска, автомобіль, чотириланковий важільний механізм, стійкість, моделювання.

Постановка проблеми. Сучасний науково-технічний прогрес, безпосередньо пов'язаний з появою електронно-обчислювальних машин. Обчислення складних завдань на виробництві з використанням електронно-обчислювальних машин у багато разів збільшує виробництво і скорочує витрати на проектування. Прагнення відповідати найвищому рівню технічних вимог, які з'являються у зв'язку з постійним зростанням комп'ютерної техніки, призвело до появи безлічі широкодоступних програм для моделювання технологічних процесів, які відбуваються в автомобілі. Без комплексних і обширних віртуальних тестів розвиток автомобільної техніки сьогодні вже представити неможливо - надто складними стали конструкція автомобіля і законодавчі вимоги до проведення тестів. Використання комп'ютерних технологій для моделювання дозволяє істотно підвищити якість продукції, так як дає можливість проводити нескінченну кількість тестів з однією моделлю, постійно змінюючи і вдосконалюючи її, без особливо великих витрат матеріальних і фізичних ресурсів.

Комп'ютерне моделювання займає одну з важливих ролей у проектуванні систем підресорювання на ранніх стадіях проектування. Тому використання потужних електронно-обчислювальних машин для удосконалення або для створення нових, більш прогресивних систем автомобіля є неминучим кроком.

Звичайно, моделювання не може повністю замінити фізичні експерименти, його призначення забезпечити правильне тлумачення результатів експериментів з нелінійними системами, інтерполювати і екстраполювати їх результати. Однак розвиток і широта застосування чисельних методів в останні десятиліття призвели до того, що віртуальні системи проектування сьогодні є інструментом, повністю інтегрованим в процес проектування транспортного засобу та елементів дороги, що забезпечують безпеку. Зараз розвиток галузі неможливий без віртуальних систем проектування, які вже з середини 90-х років використовується всіма провідними автомобілебудівними компаніями для визначення експлуатаційних параметрів руху автомобіля, таких як стійкість, керованість, плавність ходу та ін.

Стійкість автомобіля є одним з найважливіших експлуатаційних складових активної безпеки і які напряму пов’язані з якістю роботи підвіски.

Стійкість автомобіля - властивість автомобіля зберігати в заданих межах незалежно від швидкості руху і дії зовнішніх, інерційних і гравітаційних сил напрям швидкості руху і орієнтацію подовжньої і вертикальної осей при певному управлінні, закріпленому у вільному кермі [4,5,6].

Головними параметрами оцінки стійкості транспортного засобу є перекидання та бокове ковзання[1,2,3]. Але при проведенні натурних випробувань автомобіля на стійкість виникає ряд проблем, що ускладнюють отримання розгорнутих оціночних показників, тому використання комп’ютерного моделювання повинно по-перше полегшити цей процес, по-друге надає можливість більш повномасштабно провести експеримент при скороченні його часу та вартості.

Необхідність поліпшення якості досліджень експлуатаційних властивостей автомобілів обумовлена подальшим вдосконаленням нормативних вимог і вимогами споживачів, відповідність яким особливо важлива в умовах конкуренції між виробниками автомобілів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різноманіття експериментальних методик оцінки керованості і стійкості перетворює процес проведення випробувань на тривалий і дорогий. Крім того, сучасні методики мають високу вартість.

Напрям наукових робіт, пов'язаних з вивченням властивостей керованості і стійкості є найбільш складним в розділі динаміки автомобіля з огляду на те, що зачіпає усі аспекти теорії і експерименту. Виникаючі теоретичні суперечки про відсутність єдиного тлумачення понять керованості і стійкості багато в чому пов'язані з орієнтацією дослідників на різні групи оцінних показників.

Серед робіт, присвячених проблемі стійкості та керованості, слід виділити наукові праці, що заклали фундаментальні основи створення сучасного автомобіля. Завдяки роботам таких дослідників, як Д.А.Антонов , Я.М.Певзнер, А.А.Хачатуров , Р.В. Ротенберг, J.R.Ellis, Y.Furukawa, H.B.Pacejkai 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[8] 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. [9] та Гурьянова М.В.[10].

Із наведених прикладів видно, що сучасні дослідники питань курсової стійкості недостатньо уваги приділяють питанням пов’язаним із процесами які відбуваються в підвісках автомобіля. Проте саме показники якості роботи підвіски відграють визначну роль у взаємодії колеса з опорною поверхнею та як наслідок на стійкість автомобіля в цілому. Тому питання удосконалення або створення нових підвісок автомобіля залишається відкритим.

Мета роботи. Розробити комп’ютерну модель автомобіля з підвіскою на основі чотириланкового важільного механізму (ЧЛВМ) та дослідити стійкість руху автомобіля з такою підвіскою.

Виготовлення повноцінної підвіски досить тривалий, складний та дорогий процес. В якості альтернативи пропонується використати сучасне програмне забезпечення, яке дозволить побудувати повнорозмірний віртуальний автомобіль та провести ряд імітаційних комп’ютерних випробувань.

Для виконання поставленої мети було вирішено розробити повнорозмірну анімаційну модель експериментального автомобіля (ИЖ-2715), яка відповідала б усім дорожньо-експлуатаційним вимогам автомобіля.

В якості базової програми була обрана програма SolidWorks з додатком MOTION, який призначений для моделювання динамічних систем в програмному середовищі. Модуль MOTION призначений для імітації руху механізмів з урахуванням кінематичних і силових факторів. Програма повністю інтегрована в SolidWorks, функціонує на геометричній моделі базової програми, запис розрахункових параметрів і результатів також здійснюється в модель. Програма аналізує зборку SolidWorks, транслюючи її в умовну модель механізму з урахуванням масово-інерційних характеристик деталей. При цьому інерційні параметри запозичуються з геометрії деталей SolidWorks, а щільність (маса) може бути призначена незалежно від геометричної оболонки. Далі, вже для математичної моделі будується система диференційних рівнянь руху, яка потім вирішується за допомогою різничних схем. Після цього програма перетворює чисельні результати у вид, придатний для відображення. На цьому кроці система знову взаємодіє з реальною геометрією. Відображення розрахункової кінематичної моделі (у вигляді піктограм), а також результатів проводиться в графічному вікні SolidWorks безпосередньо на тлі моделі зборки.

Модуль MOTION (рис 1) дозволяє встановлювати різні типи датчиків (кутові і лінійні переміщення, швидкості, прискорення та ін.). Програма включає наступні функціональні можливості:

- створювати розрахункові моделі на базі зборок SoIidWorks з читанням з неї геометрії, масово-інерційних характеристик деталей і взаємозв'язків в зборці;
- підтримувати актуальність розрахункових моделей, щодо структури зборки SoIidWorks;
- створювати з'єднання різних типів з умовними обмеженнями;
- імітувати контактні з'єднання з можливістю входу і виходу з контакту з урахуванням контактної податливості і демпферування;
- створювати віртуальні пружини, амортизатори і пластичні втулки;
- призначати руху та двигуни різних типів з використанням бібліотеки функцій MSC.ADAMS;

- виконувати настройку обчислювальних параметрів і вирішувати задачу з використанням різних типів алгоритмів;
- здійснювати візуалізацію кінематики механізму з одночасним відображенням результатів у вигляді графіків, векторів, піктограм;
- записувати результати в різноманітних графічних форматах, а також імпортувати результати динамічного розрахунку в COSMOSWorks;
- створювати процедури користувача з використанням функцій API-програми.

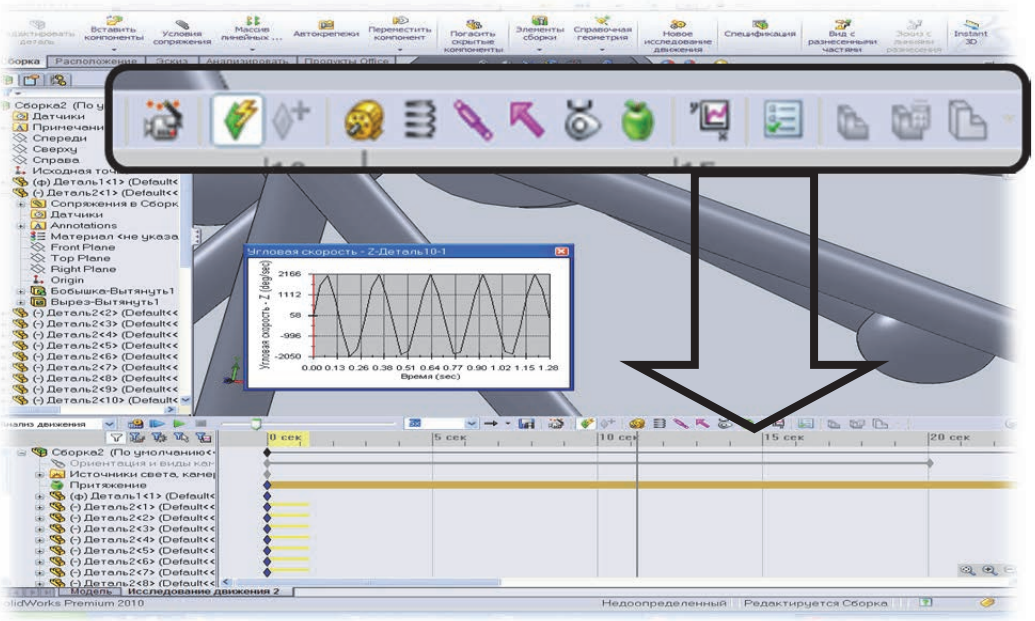

Рисунок 1. Інтерфейс програми

Але для побудови якісної моделі (рис. 1) необхідно украй точно призначити параметри роботи підвіски, які і будуть визначати точність і якість відображення результатів. Тому було проведено ряд лабораторно-дорожніх випробувань штатної підвіски випробовуваного автомобіля[7].

Дорожні випробування мали за мету визначити кут крену за методом «поворот» експериментального автомобіля зі штатною ресорною підвіскою на різних швидкостях руху.

Вказівки щодо безпосереднього проведення випробувань за методом «поворот»:

- плавний розгін до 20 км/год, після розгону в відключаються рушії;
- синхронізоване ввімкнення вимірювальних програмних датчиків;
- рух у коридорі з постійною швидкістю;
- гальмування на виході з коридору до повної зупинки;
- випробування проводити зі збільшення початкової швидкості на 5 км/год;
- випробування проводити з кроком довантаження 100 кг;
- для підвищення достовірності проведення експерименту заїзд повторити 3-4 рази.

За результатами експериментів були отримані основні характеристики штатної (заводської) підвіски автомобіля, які були використані для побудови базової анімаційної моделі експериментального автомобіля в оболонці SolidWorks Motion з базовою підвіскою і підвіскою на основі ЧЛВМ. Ці моделі враховують усі масово-геометричні параметри автомобіля і його елементів, також сили інерції, тертя у важелях, демпферні елементи, тертя шини з опорною поверхнею, сили гравітації і інші параметри(рис.2).

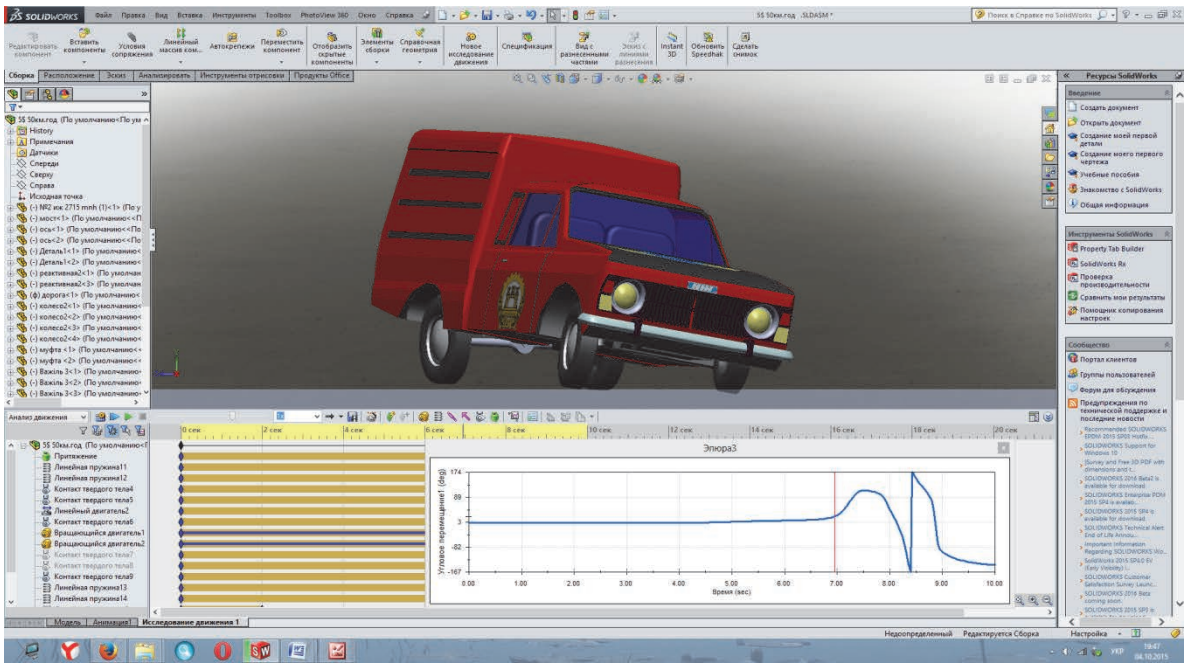

Рисунок 2. Анімаційна модель дослідження параметрів стійкості автомобіля

Наступним етапом було порівняння отриманих даних дорожнього випробування та комп’ютерного випробування (рис.3).

На рисунку 3,а показано останнє випробування в результаті якого автомобіль втратив стійкість при виконанні маневру «поворот». Для автомобіля з штатною ресорною підвіскою критичне значення крену виявилось 5°12´ при швидкості 73 км/год.

а) Крен автомобіля із штатною підвіскою підвіскою (дорожні випробування)

а) Крен автомобіля із штатною підвіскою (комп’ютерні випробування)

Рисунок 3. Дорожні та комп’ютерні випробування

Як видно з графіків залежностей крену α від швидкості руху при дорожньому та комп’ютерному випробуваннях штатної підвіски (рис.4), результати комп’ютерного випробування співпадають з отриманими експериментальними даними в межах допустимої похибки 5%, що дає підстави використання розробленої комп’ютерної моделі для дослідження стійкості проектованої підвіски на основі ЧЛВМ.

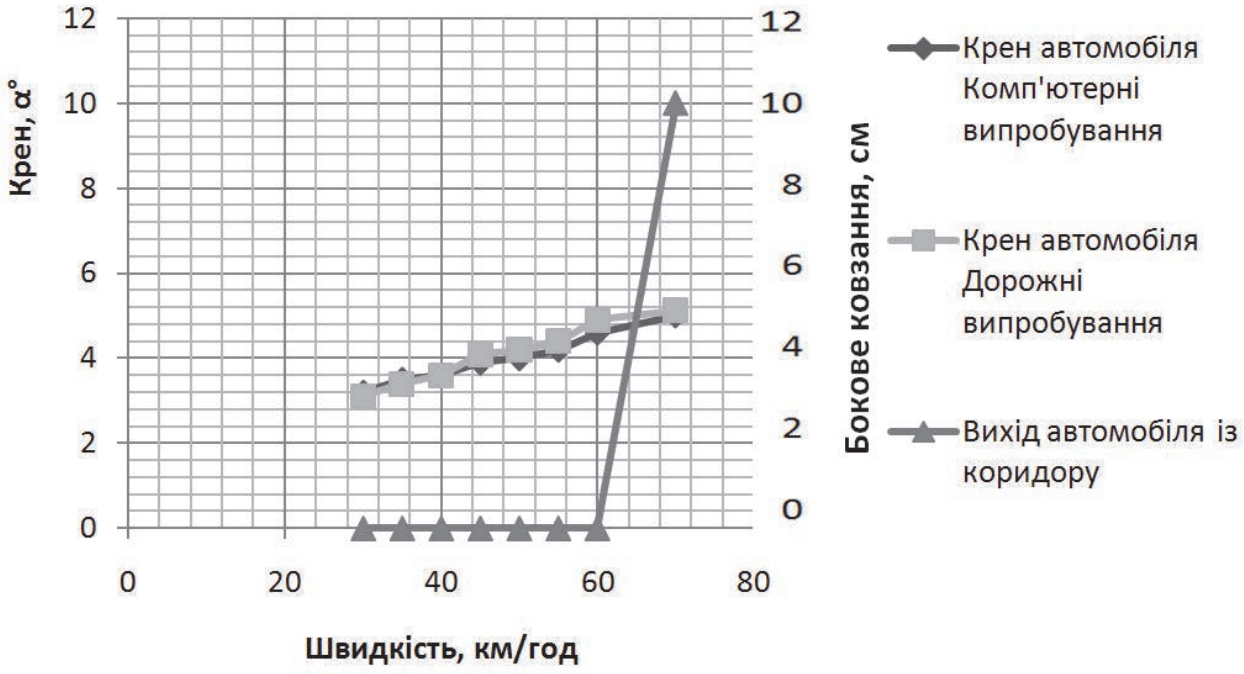

Рисунок 4. Дослідження стійкості автомобіля з штатною підвіскою

На рис. 5 приведено результати комп’ютерного моделювання стійкості автомобіля з підвіскою на основі ЧЛВМ.

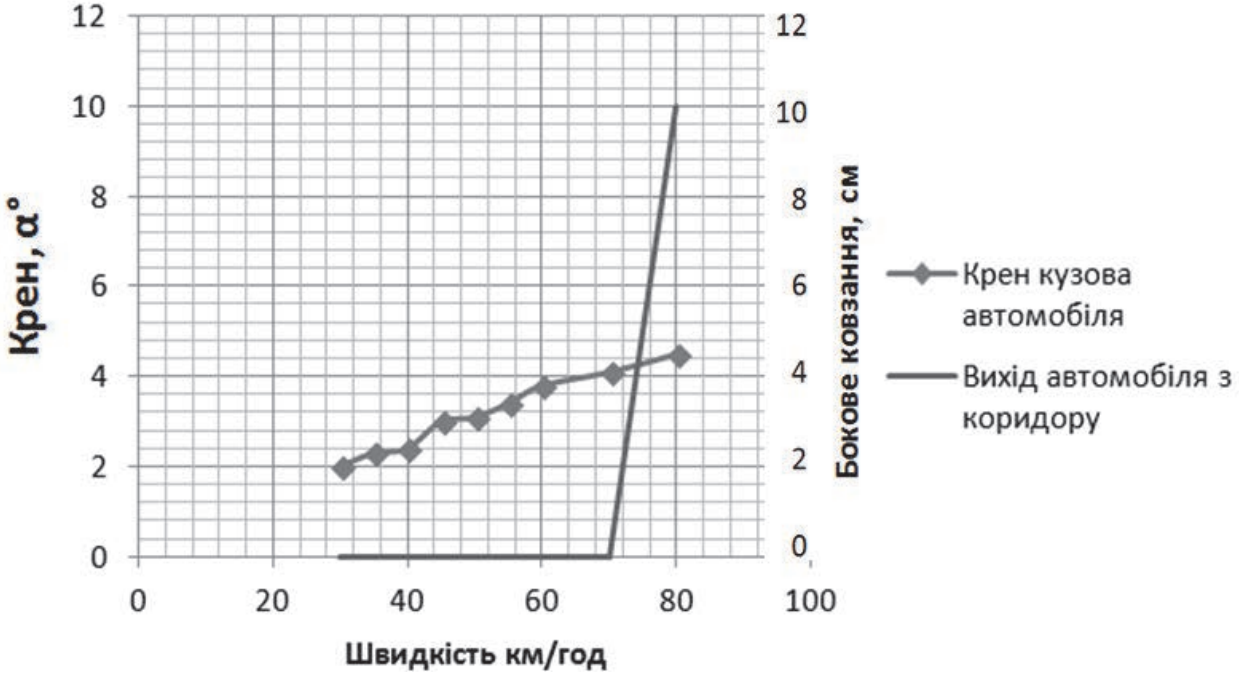

Рисунок 5. Комп'ютерне випробування з підвіскою на основі ЧЛВМ

Таким чином, з результатів експерименту, порівнюючи рисунки 4 та 5 видно:

- критична швидкість початку бічного ковзання (втрата стійкості) автомобіля з підвіскою на основі ЧЛВМ складає 80 км\год (штатна 73 км\год);
- кут крену штатної підвіски на критичній швидкості руху більший на 25% від кута крену автомобіля с підвіскою на основі ЧЛВМ.

Наступним етапом планується проведення натурних випробувань, наразі йде встановлення підвіски на основі ЧЛВМ на експериментальний автомобіль.

Висновки:

- розроблено анімаційно-комп'ютерну модель, що враховує масово-геометричні параметри експериментального автомобіля завдяки якій можна проводити різні випробування в різних умовах в середовищі SOLIDWORKS;
- проведено комп'ютерне моделювання параметрів стійкості руху автомобіля з підвіскою на основі ЧЛВМ.

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. До питання підвищення показників плавності ходу автомобіля категорії М1. Програмно-апаратний комплекс для проведення натурного дослідження підвіски / С.В. Мельничук, І.В. Вітюк , Бовсунівський І.А.// Сучасний технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. - Луцький НТУ, 2014.-№1.- с. 73-80
8. Кушвид Р. П. «Прогнозирование показателей управлемости и устойчивости автомобиля с использованием комплекса экспериментальных и теоретических методов». Дис. докт. техн. наук. - М., 2005. - 348 с.
9. Морозов С. А. «Угловые параметры кочения управлемых колёс, как следствие увеличения стойкости движения и снижения нагрузки передней оси грузового автомобиля». Дис. канд. техн. наук. - М., 2005. - 180 с.
10. Гурьянов М.В. «Частотный метод оценки курсовой стойкости автомобиля на основе его моделей в виде систем с многими ступенями свободы и нелинейным взаимодействием шин с дорожным покрытием» - Дис. канд. техн. наук: 05.13.18.- Ульяновск, 2007.- 226 с.

REFERENCES

1. Rotenberg, R. (1972) *Vehicle Suspension.* [*Podveska avtomobilya*].Moscow, Mashinostroenie Publ. 392p.
2. Smirnov, G. (1981) *The theory of motion-wheeled vehicles.*[*Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin*].Moscow, Mashinostroenie Publ., 271 p.
3. Ryabykin, S., Ryabykin, S. & Zagavura F. (1987) *Measurement of motion parameters.*[*Sredstva izmereniya parametrov dvizheniya*]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 136 p.
4. Uspenskiy, I., Mel'nikov, A. (1976) *Engineering vehicle suspension.* [*Proyektirovaniye podveski avtomobilya*]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 60p.
5. Kopilevich, E., Kopilevich, E., Purnik, M. & Fedorov, S. (1974) *The diagnostics suspension vehicles* [*Diagnostika podveski avtomobiley*]. Moscow,Transport Publ.52 p.
6. Pevzner, Ya, Gridasov, G. & Konev, A. (1979) *Fluctuations in the car. Tests and research.* [*Kolebaniya avtomobilya. Ispytaniya i issledovaniya*]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 208 p.
7. Mel'nichuk, S., Vityuk, I. & Bovsunнvs'kiy, H. (2014). On the issue of improving performance ride vehicle category M1. Hardware and software for conducting field research Suspension [Do pitannya pidvishchennya pokaznikiv plavnosti khodu avtomobilya kategorii M1. Programno-aparatniy kompleks dlya provedennya naturnogo doslнdzhennya pнdvнski]. *Advances in mechanical engineering and transport.* Vol. 1. Lutsk Publ. pp. 73-80.
8. Kushvid, R. (2005). *Predicting performance handling and stability of the car using a complex experimental and theoretical methods.[Prognozirovaniye pokazateley upravlemosti i ustoychivosti avtomobilya s ispol'zovaniyem kompleksa eksperimental'nykh i teoreticheskikh metodov].* Dis. dokt. tekhn. nauk. Moscow. 348 p.
9. Morozov ,S. (2005). *Corner behavior message-driven wheel, as a consequence of increasing the resistance movement and reduce the load of the front axle of the truck [Uglovyye parametry kocheniya upravlemykh kolos, kak sledstviye uvelicheniya stoykosti dvizheniya i snizheniya nagruzki peredney osi gruzovogo avtomobilya].* Dis. kand. tekhn. nauk. - Moscow.180 p.
10. Gur'yanov, M. (2007). *The frequency method for assessing exchange rate stability of the vehicle based on its models in the form of systems with many steps of freedom and nonlinear interaction of the tire with the road [Chastotnyy metod otsenki kursovoy stoykosti avtomobilya na osnove yego modeley v vide sistem s mnogimi stupenyami svobody i nelineynym vzaimodeystviyem shin s dorozhnym pokrytiyem].*Dis. kand. tekhn. nauk. Ul'yanovsk.226 p.

С.В. Мельничук, І.В. Вітюк, І.А. Бовсунівський. **Дослідження стійкості автомобіля з підвіскою на основі чотириланкового важільного механізму в середовищі SOLIDWORKS**

Сучасний науково-технічний прогрес, безпосередньо пов'язаний з появою електронно-обчислювальних машин. Без комплексних і обширних віртуальних тестів розвиток автомобільної техніки

сьогодні вже представити неможливо - надто складними стали конструкція автомобіля і законодавчі вимоги до проведення тестів. Необхідність поліпшення якості досліджень автомобілів обумовлена подальшим вдосконаленням нормативних вимог і вимогами споживачів, відповідність яким особливо важлива в умовах конкуренції між виробниками автомобілів.

Проведено огляд наукових робіт, пов'язаних з вивченням властивостей керованості і стійкості автомобіля Із наведених прикладів видно, що сучасні дослідники питань курсової стійкості недостатньо уваги приділяють питанням пов'язаним із процесами які відбуваються в підвісках автомобіля.

Метою даної роботи є розробка комп'ютерної моделі автомобіля з підвіскою на основі чотириланкового важільного механізму (ЧЛВМ) та дослідження стійкість руху автомобіля з такою підвіскою.

Для виконання поставленої мети було вирішено розробити повнорозмірну анімаційну модель експериментального автомобіля (ИЖ-2715), яка відповідала б усім дорожньо-експлуатаційним вимогам автомобіля. В якості базової програми була обрана програма SolidWorks з додатком MOTION, який призначений для моделювання динамічних систем в програмному середовищі.

Але для побудови якісної моделі необхідно украй точно призначити параметри роботи підвіски, які і будуть визначати точність і якість відображення результатів. Тому було проведено ряд лабораторно-дорожніх випробувань штатної підвіски випробовуваного автомобіля.

Наступним етапом планується проведення натурних випробувань, наразі йде встановлення підвіски на основі ЧЛВМ на експериментальний автомобіль.

Висновки:

- розроблено анімаційно-комп'ютерну модель, що враховує масово-геометричні параметри експериментального автомобіля завдяки якій можна проводити різні випробування в різних умовах в середовищі SOLIDWORKS;
- проведено комп'ютерне моделювання параметрів стійкості руху автомобіля з підвіскою на основі ЧЛВМ.

Ключові слова: підвіска, автомобіль, чотириланковий важільний механізм, стійкість, моделювання

***С.В. Мельничук, И.В. Витюк, И.А. Бовсуновский*. Исследование устойчивости автомобиля с подвеской на основе четырехзвенного рычажного механизма в среде SOLIDWORKS**

Современный научно-технический прогресс, непосредственно связан с появлением электронно-вычислительных машин. Без комплексных и обширных виртуальных тестов развитие автомобильной техники сегодня уже представить невозможно - слишком сложными стали конструкция автомобиля и законодательные требования к проведению тестов. Необходимость улучшения качества исследований автомобилей обусловлена дальнейшим совершенствованием нормативных требований и требованиям потребителей, соответствие которым особенно важна в условиях конкуренции между производителями автомобилей.

Проведен обзор научных работ, связанных с изучением свойств управляемости и устойчивости автомобиля Из приведенных примеров видно, что современные исследователи вопросов курсовой устойчивости недостаточно внимания уделяют вопросам связанным с процессами которые происходят в подвесках автомобиля.

Целью данной работы является разработка компьютерной модели автомобиля с подвеской на основе четырехзвенного рычажного механизма (ЧЗРМ) и исследования устойчивости движения автомобиля с такой подвеской.

Для выполнения поставленной цели было решено разработать полноразмерную анимационную модель экспериментального автомобиля (ИЖ-2715), которая отвечала бы всем дорожно-эксплуатационным требованиям автомобиля. В качестве базовой программы была выбрана программа SolidWorks с приложением MOTION, который предназначен для моделирования динамических систем в программной среде.

Но для построения качественной модели необходимо крайне точно назначить параметры работы подвески, которые и будут определять точность и качество отображения результатов. Поэтому был проведен ряд лабораторно-дорожных испытаний штатной подвески испытуемого автомобиля.

Следующим этапом планируется проведение натурных испытаний, сейчас идет установка подвески на основе ЧЗРМ на экспериментальный автомобиль.

Выводы:

- разработана анимационно-компьютерная модель, учитывающая массово-геометрические параметры экспериментального автомобиля благодаря которой можно проводить различные испытания в различных условиях в среде SOLIDWORKS;
- проведено компьютерное моделирование параметров устойчивости движения автомобиля с подвеской на основе ЧЗРМ.

Ключевые слова: подвеска, автомобиль, четырехзвенный рычажный механизм, стойкость, моделирование.

***S. Melnychuk, I. Vityuk, A. Bovsunivskiy*. Investigation of the stability of vehicle suspension based on four-bar linkage in SOLIDWORKS**

Modern scientific and technological progress, is directly associated with the advent of electronic computers. Without comprehensive and extensive virtual tests of the development of automotive technology today, it is impossible to imagine - have become too complex car design and legal requirements for conducting tests. The need to improve the quality of research vehicles as a result of further development of the regulatory requirements and

customer requirements, compliance with which is especially important in the conditions of competition between car manufacturers.

Review of scientific works connected with the exploration of properties of controllability and stability of the vehicle From the above examples it is evident that modern researchers of issues of exchange rate stability, not enough attention is focused on the issues related to the processes that occur in suspensions.

The aim of this work is to develop a computer model of a car suspension based on four-link motion mechanism (FLMM) and study the stability of motion of car with the suspension.

To fulfill this goal it was decided to develop a full-sized animated model of an experimental vehicle (IZ-2715), which would meet all road maintenance requirements of the vehicle. As the basic programme has been selected, the SolidWorks software with the MOTION application, which is intended for simulation of dynamical systems in the software environment.

But to build high-quality models must be very accurately set the parameters of the suspension, which will determine the accuracy and quality of results are displayed. Therefore conducted a series of laboratory and road tests of the regular suspension of the test car.

The next step it is planned to conduct full-scale tests, now comes the installation of the suspension on the basis of FLMM on the experimental vehicle.

Conclusions:

- developed animation and computer model taking into account the mass-geometric parameters of the experimental vehicle through which you can perform various tests under different conditions in the environment of SOLIDWORKS.
- computer simulations of the stability parameters of the vehicle suspension on the basis of FLMM.

Keywords: suspension, vehicle, four-link motion mechanism, durability, simulation.

АВТОРИ:

МЕЛЬНИЧУК Сергій Володимирович, к.т.н., доцент кафедри „Автомобілі і механіка технічних систем”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: s.v.melnychuk@ztu.edu.ua

ВІТЮК Іван Васильович, старший викладач кафедри „Автомобілі і механіка технічних систем”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: vnvik74@gmail.com

БОВСУНІВСКИЙ Ігор Анатолійович, старший викладач кафедри „Автомобілі і механіка технічних систем”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: bovigor@mail.ru

АВТОРЫ:

МЕЛЬНИЧУК Сергей Владимирович, к.т.н., доцент кафедры „Автомобили и механика технических систем”, Житомирский государственный технологический университет; e-mail: s.v.melnychuk@ztu.edu.ua

ВИТЮК Иван Васильевич, старший преподаватель кафедры „Автомобили и механика технических систем”, Житомирский государственный технологический университет; e-mail: vnvik74@gmail.com

БОВСУНОВСКИЙ Игорь Анатолиевич, старший преподаватель кафедры „Автомобили и механика технических систем”, Житомирский государственный технологический университет; e-mail: bovigor@mail.ru

AUTHORS:

S. MELNYCHUK, Ph.D. in Engineering, Assoc. Professor of the Department of Automobiles and Technical System Mechanics, Zhytomyr State Technological University; e-mail: s.v.melnychuk@ztu.edu.ua

I. VITYUK, Senior Lecturer of the Department of Automobiles and Technical System Mechanics, Zhytomyr State Technological University; e-mail: vnvik74@gmail.com

I. BOVSUNIVSKIY, Senior Lecturer of the Department of Automobiles and Technical System Mechanics, Zhytomyr State Technological University; e-mail: bovigor@mail.ru

Стаття надійшла в редакцію 14.09.2015р.