

УДК 621.397.444:004.8

О. Я. НІКОНОВ, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри ІТМ, ХНАДУ, Харків
М. В. СІНДЄЄВ, аспірант ХНАДУ,

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПІДВІСКИ СУЧАСНОГО АВТОМОБІЛЯ

У статті проведено аналіз основних принципів існуючих гідравлічних підвісок, що використовують автоматичні методи регулювання жорсткості амортизатора. Розглянуто переваги й недоліки таких систем. Розглядається принцип дії та основні режими роботи гідравлічних підвісок, що використовуються на сучасних автомобілях. Запропоновано технічне удосконалення систем регулювання жорсткості підвіски додатковим датчиком - відеокамерою, підключеною до автомобільного комп'ютера. Запропоновані додаткові способи використання відеокамери, з'єднаної з такими системами.

Ключові слова: автомобіль, підвіска, відеокамера, автомобільний комп'ютер, інтелектуальна підвіска.

Вступ. Сучасний автомобіль, це високотехнологічна складна система, яка взаємодіє з дорогою та іншими учасниками дорожнього руху. В теперішній час на перше місце виходить безпека і комфорт дорожнього руху. Для забезпечення цих критеріїв розробляються нові системи. Однією з таких систем є інтелектуальна підвіска автомобіля, здатна змінювати жорсткість залежно від якості дорожнього полотна. Але у цієї підвіски є ряд недоліків, наприклад, жорсткість регулюється або в ручному режимі, або в напівавтоматичному.

Аналіз останніх публікацій. В останнє десятиліття розвиток комп'ютерних технологій досягло колосальних масштабів. В даний час мікрокомп'ютерами обладнується все, де є ймовірність людської помилки. Не обійшла стороною комп'ютеризація і автопромисловість [1, 2]. Адже саме більшість дорожньо-транспортних пригод відбувається саме з вини людини, а не з вини несправності транспортного засобу. Розробки по створенню автомобіля-комп'ютера (безпілотного автомобіля) ведуться вже не один рік [3, 4]. У більшості своїй це автоматизація процесів в автомобілі, перекладання завдань людини на комп'ютер. Ведуться дослідження і в галузі застосування відеокамер на автотранспорті в якості помічників при парковці [5], помічників руху по смузі [6], систем нічного бачення і систем руху в поганих погодних умовах [7], система розпізнавання дорожніх знаків.

Більшість цих систем знаходяться тільки на етапі концептів або на етапі розробки. Швидкодія і надійність їх є далекими від умов, коли їх можна буде застосовувати в реальних умовах дорожнього руху.

Мета і постановка задачі. Метою даної статті є удосконалення наявних механізмів регулювання висоти кузова і жорсткості підвіски для збільшення комфорту і безпеки дорожнього руху, тобто максимально автоматизувати регулювання висоти кузова і жорсткості підвіски на основі електронних компонентів автомобіля.

Сучасні технології на автотранспорті та перспективи їх розвитку. Основою будь підвіски є амортизатор, саме він, головним чином, пом'якшує вплив нерівностей дорожнього полотна на положення кузова автомобіля. Найбільш типовими функціями амортизатора є протидія осіданню автомобіля при різких прискореннях і перемиканням передач, «пірнання» при різкому гальмуванні, крену при різких поворотах. Зміна

розмірів пропускного отвору виконується частіше за допомогою електродвигуна або соленоїда, а в деяких випадках – електродвигуном соленоїда.

Автоматичне управління амортизатором полягає в зміні опору перетіканню рідини в амортизаторах шляхом зміни діаметрів жиклерів або в'язкості рідини. Зазвичай передбачаються три режими регулювання опору амортизатора: мале, середнє і велике. Для зміни опору амортизатора при поворотах автомобіля необхідно знати положення рульового колеса. Тому на валу рульового колеса встановлюється датчик, який реагує не тільки на кут повороту, але і на напрямок повороту.

Електронний блок управління силою опору амортизаторів зображений на функціональній схемі (рис. 1). Всі вхідні сигнали є цифровими і надходять в мікрокомп'ютер через схеми вхідної обробки, що формують сигнали. Вихідні сигнали електронного блоку управління (ЕБУ) подаються на виконавчі механізми управління режимами роботи амортизаторів і на індикатори, що показують рівень сили опору. Ці сигнали надходять через схеми вихідної обробки від мікрокомп'ютера. Виконання основної програми займає ~ 4 мс. За цей час мікрокомп'ютер обробляє вхідні сигнали від датчиків і подає вихідні сигнали на виконавчі механізми. Чим менше час виконання основної програми, тим вище швидкодія ЕБУ.

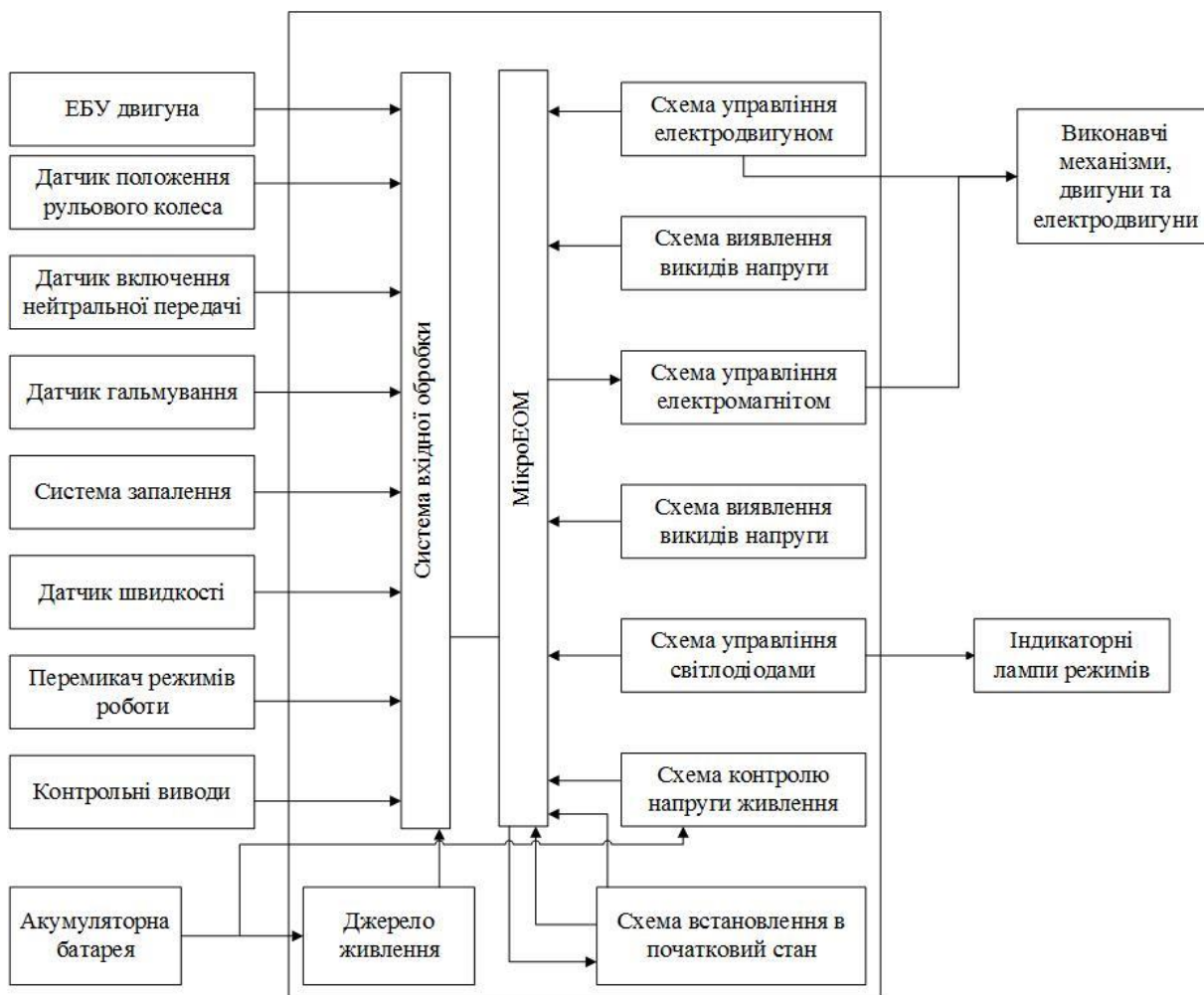


Рисунок 1 – Функціональна схема ЕБУ

Такий принцип управління амортизатором використовується в активній гідропневматичній підвісці Hydractive, який вже оснащений французький легковий автомобіль «Citroen-ХМ».

В пам'ять мікропроцесора закладений ряд граничних параметрів та їх поєднань, визначених на основі тривалих випробувань автомобілів «Citroen-СХ». Ці дані порівнюють з одержуваної від датчиків інформацією, і мікропроцесор вибирає відповідний режим підвіски. Причому гідравлічна система включається негайно (час спрацьовування менше 0,05 с), випереджаючи динамічну реакцію автомобіля, що особливо важливо при швидкій їзді по петлястій дорозі. На автомобілі «Citroen-ХМ» крім звичайних двох гідропневматичних балонів та двох гідроамортизаторів кожного моста додатково встановлюються один гідропневматичний балон і два гідроамортизатора. Додатковий гідропневматичний балон дозволяє змінити масу газу гідропневматичного пружного елемента кожного колеса і, таким чином, регулювати гнучкість підвіски моста. Два додаткових гідроамортизатора змінюють перетин отворів, через яке проходить рідина і тим самим впливають на амортизацію.

По командах мікропроцесора регулятор жорсткості за допомогою електроклапана підключає або відключає третій гідропневматичний балон і два гідроамортизатора, вибираючи режим підвіски: «м'який» або «жорсткий».

Робота підвіски залежить від отриманої від датчиків інформації та обробці її мікропроцесором, який при виявленні будь-якого відхилення (від попередньо введених даних) подає команду на перехід в «жорсткий» режим.

Датчик кута повороту і кутової швидкості руля інформує про досягнення граничних значень цих параметрів. У цей момент відбувається перехід в «жорсткий» режим. Підвіска залишається в даному режимі до тих пір, поки кут повороту рульового колеса не буде нижче граничного значення. В результаті качка зменшується і сповільнюється з одного боку завдяки переходу підвіски в «жорсткий» режим, з іншого боку – припинення повідомлення елементів підвіски правого і лівого бортів. Датчик положення педалі подачі палива реєструє час, необхідний для проходження 10% повного ходу педалі.

Датчик тиску в гальмівній системі інформує про досягнення еталонного його значення, коли відбувається перехід в «жорсткий» режим. Підвіска залишається в такому режимі при падінні тиску нижче заданої межі.

Датчик крену кузова реєструє поворот торсіонного валу. Перехід в «жорсткий» режим відбувається при досягненні певного рівня крену кузова.

Датчик швидкості автомобіля інформує про її значення, коли необхідно визначити дані, що застосовуються при переході в «жорсткий» режим по сигналах інших датчиків, а також для забезпечення більшої чутливості до повороту рульового колеса на великій швидкості або до крену (коливання) кузова на малій швидкості руху автомобіля.

На приладовій панелі розташовані перемикачі, за допомогою яких водій може вибрати одну з двох програм: SPORT і AUTOMATIC.

При роботі за програмою SPORT підвіска працює в «жорсткому» режимі. Однак при розгоні для вирівнювання тиску в елементах підвіски обох мостів автоматично змінюється режим. У режимі AUTOMATIC підвіска працює в «м'якому» режимі. Але залежно від реєстрованої датчиками інформації мікропроцесор видає або не видає команду на перехід в «жорсткий» режим. В результаті є можливість забезпечення комфорту більшої частини шляху і тимчасового переходу в «жорсткий» режим при

відповідних умовах (різкий поворот, гальмування, вибоїни на дорозі) для кращого управління і безпеки [8].

Також ведеться дослідження в області автоматичного регулювання висоти кузова автомобіля. Такі системи вже встановлюються на сучасні транспортні засоби.

Управління висотою кузова забезпечується звичайно за допомогою пневматичних пружних елементів, що встановлюються на всіх чотирьох або тільки двох задніх колесах. Сигнал від датчика висоти надходить в ЕБУ. Якщо поточна висота відрізняється від номінальної, ЕБУ регулює тиск у пружних елементах, включаючи електродвигун компресора (для збільшення тиску) або соленоїд випускного клапана (для зменшення тиску). Таким чином забезпечується постійна незалежна від навантаження на підвіску висота кузова. Як датчики висоти можуть використовуватися фотоелементи, геркони та інші перетворювачі неелектричного показника відстані в електричний. Для цих цілей доцільно використовувати такі датчики, які виробляють П-подібні імпульси, а не аналогові сигнали (наприклад, резистори), так як в останньому випадку їх все одно необхідно перетворювати в цифрові. Якби кузов просто опустився або підійнявся, то сигнал датчика, що надійшов в ЕБУ, був обчислений і перетворений в керуючий імпульс. У роботі ж кузов коливається, тобто то опускається, то піднімається. У зв'язку з цим сигнал датчика вводиться в ЕБУ через кожні кілька мілісекунд. Електронний блок обчислює кількість тих чи інших станів висоти і по частоті стану (їх процентним співвідношенням) робить висновок про поточне значення висоти. В залежності від положення дверей (закриті або відкриті) ЕБУ визначає відбувається посадка або рух. При посадці висота визначається протягом короткого інтервалу часу (2,5 с), а при русі – за більш тривалий час (20 с) [8]. Наприклад, якщо під час руху сигнал висоти протягом 20 с знаходиться в області «дуже високе положення кузова» у 80% випадків і більше, то приводиться в дію випускний клапан. Якщо ж протягом 20 с сигнал висоти виявляється в області «дуже низьке» або «низьке положення кузова» більш ніж в 10% випадків, то зниження припиняється. Підйом і опускання при посадці забезпечуються аналогічно.

Чим менше жорсткість підвіски, тим менше коливання кузова і тим вище комфортабельність автомобіля. Для електронного управління зазвичай використовуються пневматична або гідروпневматичне підвіски. Жорсткість таких підвісок можна робити досить малими, проте це загрожує появою поздовжніх коливань. З цієї причини управління жорсткістю підвіски в більшості випадків комбінують з керуванням висотою кузова і силою опору амортизаторів.

Для визначення якості дорожнього полотна, нерівностей або вибоїв до представлених схемами додається ще один датчик навколишнього середовища – відеокамера. Розташувавши об'єктив відеокамери по центру вітрового скла можна забезпечити захоплення зображення прямо перед автомобілем. Це дозволяє мікропроцесору обробляти картинку дорожнього полотна, що знаходиться безпосередньо по курсу руху транспортного засобу.

Отримана картинка обробляється мікрокомп'ютером, розташованим в автомобілі. За допомогою інтелектуальних методів і алгоритмів обробки зображення визначається тип («дорожній поліцейський», вибоїна, зміна якості дорожнього полотна), глибина, висота і ширина нерівності [9, 10]. Якщо перешкода знаходиться на траєкторії руху коліс автомобіля, то мікрокомп'ютер завчасно приймає рішення про зміну жорсткості підвіски або амортизатора під певним колесом. Таким чином, автомобіль проїжджає перешкоду колесом, при цьому корпус не змінює свого положення, щодо землі. Тут можна порівняти корпус автомобіля з гіроскопом. Що б не

відбувалося під колесами автомобіля, підвіска все компенсує таким чином, що корпус залишається нерухомим.

Технічно, система регулювання висоти кузова залишається такою ж, як і була. Додана відеокамера (рис. 2), що підвищує не тільки контроль вже наявних датчиків, але сама є додатковим датчиком, яким побічно регулюється висота кузова.



Рисунок 2 – Модернізована функціональна схема управління жорсткістю підвіски автомобіля

Висновки. Запропонована система, що складається з підвіски, відеокамери, мікрокомп'ютера дозволяє значно зменшити коливання корпусу автомобіля при русі по дорозі незадовільної якості. Виробництво таких систем не вимагає додаткових витрат на переобладнання лінійки конвеєру, так як можна використовувати штатні бортові комп'ютери і вже наявні частини підвіски автомобіля.

Список літератури: 1. *Динамика транспортно-тягових колесних и гусеничных машин* / Е.Е. Александров, Д.О. Волонцевич, А.Н. Туренко и др.; под ред. А.Н. Туренко. – Х.:

ХГАДТУ, 2001. – 642 с. **2.** *Повышение устойчивости и управляемости колесных машин в тормозных режимах* / Е.Е. Александров, В.П. Волков, Д.О. Волонцевич и др.: под ред. Д.О. Волонцевича. – Х.: НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с. **3.** *Мустаев М. М.* Компьютерная навигационная система беспилотного транспортного робота [Текст] / М. М. Мустаев // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения – 2014. – Вып. 12. **4.** *Петрусь И. П.* Технология «Общения» дорожного транспорта [Текст] / И. П. Петрусь // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» – 2014. – Вып. 2. **5.** *Евтушенко В. Ю.* Система автоматического управления парковкой автомобиля [Текст] / В. Ю. Евтушенко, Е. Ю. Косенко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2013. – Вып. 2(139). – С. 112-115. **6.** *Система помощи движению по полосе [Электронный ресурс]*. – http://systemsauto.ru/active/lane_assist.html. – Загл. с экрана. **7.** *Волков В. Г.* Телевизионные системы для спецтехники [Текст] / В. Г. Волков // Спецтехника и связь. – 2010. – Вып. 2-3. – С. 2-17. **8.** *Управление подвеской [Электронный ресурс]*. – <http://awtoel.narod.ru/>. – Загл. с экрана. **9.** *Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления* / под ред. Н.Д. Егупова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с. **10.** *Никонов О.Я.* Интегрированные информационно-управляющие телематические системы транспортных средств / О.Я. Никонов, В.Н. Шуляков // Автомобильный транспорт: сборник научных трудов. – 2010. – № 27. – С. 83–87.

Bibliography (transliterated): **1.** *Dinamika transportno-tjagovyh kolesnyh i gusenichnyh mashin* / E.E. Aleksandrov, D.O. Voloncevich, A.N. Turenko i dr.; pod red. A.N. Turenko. – Kharkov.: KhGADTU, 2001. – 642 p. **2.** *Povyshenie ustojchivosti i upravljaemosti kolesnyh mashin v tormoznyh rezhimah* / E.E. Aleksandrov, V.P. Volkov, D.O. Voloncevich i dr.: pod red. D.O. Voloncevicha. – Kharkov.: NTU «KhPI», 2007. – 320 p. **3.** *Mustaev M. M.* Komp'juternaja navigacionnaja sistema bespilotnogo transportnogo robota [Tekst] / M. M. Mustaev *Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy i puti ih reshenija* – 2014. – V. 12. **4.** *Petrus' I. P.* Tehnologija «Obshhenija» dorozhnogo transporta [Tekst] / I. P. Petrus' // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» – 2014. – Issue. 2. **5.** *Evtushenko V. Ju.* Sistema avtomaticheskogo upravlenija parkovkoj avtomobilja / V. Ju. Evtushenko, E. Ju. Kosenko // Izvestija Juzhnogo federal'nogo universiteta. Tehnicheskie nauki. – 2013. – Issue. 2(139). – p. 112-115. **6.** *Sistema pomoshhi dvizheniju po polose [Elektronnij resurs]*. – http://systemsauto.ru/active/lane_assist.html. – Zagl. s ekrana. **7.** *Volkov V. G.* Televizionnye sistemy dlja spectehniki / V. G. Volkov *Spectehnika i svjaz'*. – 2010. – V. 2-3. – p. 2-17. **8.** *Upravlenie podveskoj [Elektronnij resurs]*. – <http://awtoel.narod.ru/>. – Zagl. s ekrana. **9.** *Metody robastnogo, nejro-nechjotkogo i adaptivnogo upravlenija* / pod red. N.D. Egupova. – Moscow.: MGTU im. N.Je. Baumana, 2002. – 744 p. **10.** *Nikonov O. Ja.* Integrirovannye informacionno-upravljajushhie telematiches-kie sistemy transportnyh sredstv / O. Ja. Nikonov, V. N. Shuljakov *Avtomobil'nyj transport: sbornik nauchnyh trudov*. – 2010. – No 27. – p. 83–87.

Надійшла до редколегії 09.02.2015