

УДК 621.9

В. М. Нечипоренко

## ПЕРСПЕКТИВНИЙ РОЗВИТОК КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК ШАСІ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

*Розглянуто основні напрямки розвитку і концептуальні рішення щодо покращення комфортності та забезпечення необхідної керованості і стійкості автотранспортного засобу під час руху шляхом вибору конструктивних елементів шасі з урахуванням принципів уніфікації для різних типів моделей та застосування електронних систем контролю за рівнем активної безпеки.*

**Постановка проблеми.** Розглядаючи поняття шасі, основну увагу приділяють ходовій частині автотранспортного засобу, що має у своєму складі несучу систему (раму або кузов), яка поєднана з передньою та задньою осями (мостами та підвісками), до яких приєднано колеса з шинами.

Для будь-якого професійного автомобіліста є очевидним той факт, що безвідмовність та довговічність автомобіля головним чином залежать від технічного стану шасі, особливо якщо його експлуатують у важких умовах. Тому до сучасного автотранспортного засобу висувають підвищені вимоги щодо надійності ходової частини у процесі вдосконалення її конструкцій та пошуку шляхів полегшення технічного обслуговування. Найбільш актуальними питаннями є: по-перше – забезпечення зручності та комфортності для водія і пасажирів, по-друге – забезпечення контролювання водієм процесу керування, керованості та стійкості автомобіля, інакше кажучи, забезпечення надійності та передбачуваності функціонування систем під час руху. Наразі основну увагу приділяють таким конструктивним вузлам шасі, як підвіска, колеса, шини та система керування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При русі автомобіля по нерівній дорозі на певній швидкості виникають неприємні явища (шум та вібрація). Для забезпечення плавності ходу та постійного зчеплення з дорогою застосовують підвіску як один з головних елементів ходової частини або шасі. Вона також призначена для з'єднання моста чи коліс з несучою системою, сприйняття зусиль і моментів, які виникають між з'єднаними частинами автомобіля під час руху. Якщо підвіска буде достатньо жорсткою, елементи ходової частини будуть надмірно навантажені, а сам автомобіль підстрибуватиме, втрачаючи зчеплення з дорогою, що впливатиме на його керованість. Запобігти такого небажаного ефекту та підвищити зв'язок коліс з несучою конструкцією дозволяє застосування у підвісках важелів, пристроїв кріплення, пружних елементів (ресор, пружин, торсіонів, пневмобалонів і т. ін.), амортизаторів та напрямних елементів.

Перші підвіски, як відомо з історії, являли собою просту осьову балку, що кріпилася до пружних елементів. Вони були залежними, що недостатньо вирішувало проблему комфортності. Ресорні залежні підвіски є найбільш простими та надійними. Деякі перші конструкції не мали додаткових ланок та навіть амортизаторів. Проте були й досить нестандартні рішення застосування листових ресорних підвісок. Наприклад, в моделі Fiat 128 поперечна ресора використовувалася як частина незалежної підвіски [1]. На легкових моделях Ford Capri до 70-х років XX ст. для забезпечення опору розхитуванню осі застосовували ресору з одним листом, що звужувався в перетині. До неї приєднувалася вісь на певній відстані від її центра [1].

Перші незалежні підвіски почали застосовувати спочатку для передніх осей. Вони склалися з ковзних стійок (Lancia), одного напрямного важеля (Citroen) та подвійних поздовжніх важелів (Volkswagen Beetle) [1]. Одна з конструкцій незалежних задніх підвісок з косими поздовжніми важелями та ведучим приводом задніх коліс, яку до недавнього часу застосовували на деяких моделях BMW, виявилась погано керованою в екстремальних умовах.

Найбільш простим і компактним пружним елементом у ходовій частині автомобіля є циліндрична пружина постійної жорсткості, коефіцієнт жорсткості якої залишається постійним під дією деформацій від навантажень на підвіску під час руху. У підвісках з такою конструкцією пружних елементів необхідно передбачати еластичні (поліуретанові) обмежники ходу підвіски при стискуванні, щоб запобігати явищу, коли максимальне стискання витків пружини перетворюється у недеформоване тіло. Для таких обмежників треба передбачати достатньо місця в конструкції. Альтернативою крученим пружинам було використання поздовжніх торсіонів у передніх підвісках, що встановлювали, наприклад,

на моделі Morris Minor у 30–40 роки ХХ ст. [1]. Тепер таку конструкцію застосовують у деяких моделях повнопривідних легкових автомобілів.

Разом із збільшенням швидкості і маневреності виникла потреба у додатковому демпфюванні, для чого ресорні підвіски не були пристосовані. Спочатку були запропоновані спеціальні багатодискові фрикційні пристрої з можливістю регулювання сили стиску. І тільки з 20-х років ХХ ст. амортизатори гідравлічного типу почали широко використовувати у світовій автотранспортній промисловості. Вони призначені для гасіння коливань пружного елемента під впливом деформації від навантаження, а також для забезпечення плавності ходу та стійкості автотранспортного засобу. Перші спроби регулювання жорсткості амортизаційної системи згаданого вище типу були запропоновані в таких автомобілях підвищеної комфортності, як Armstrong Selectaride, у середині минулого сторіччя. З того часу, як почали застосовувати електронне керування, і до кінця ХХ ст. більшість таких регулюючих автоматичних систем працювали за допомогою одного або двох електромагнітних перепускних клапанів для забезпечення декількох демпферних характеристик [1]. Пізніше були створені більш досконалі системи.

Розвиток автомобільної промисловості обумовив вимоги до підвищення стійкості та керованості машини. При повороті автомобіля на швидкості виникає крен. Зменшити його вплив дозволяє використання стабілізатора поперечної стійкості. І хоча більшість відомих марок світових автомобілів обладнуються такою конструкцією, вона має деякі недоліки. Один з них – небажане бокове розгойдування на нерівній дорозі внаслідок того, що стабілізатор, з'єднаний з елементами підвіски чи колеса, реагує на переміщення колеса у площині, перпендикулярній поздовжньому напрямку руху, спробою крену кузова [1]. Тому конструкція стабілізатора такого типу потребує вдосконалення.

Керованість і стійкість автомобіля, як вже згадувалося вище, більшою мірою залежать від надійного та ефективного контакту з дорогою. Головне питання в тому, які використовувати колеса і шини. Очевидним фактом впливу на керованість є безумовно сумарна площа контакту всіх шин з дорогою, яка залежить не тільки від їх конструкції та внутрішнього тиску в них, а і від навантаження та тягово-швидкісної характеристики автомобіля. В цьому сенсі ідеальним є пропорційний розподіл мас між осями, як наприклад, у деяких ралійних автомобілях моделі Citroen (50:50) [2]. Проте у більшості автомобілів, як правило, більша маса припадає на передні або задні колеса (залежно від розташування силової установки), що призводить до надмірної чи недостатньої керованості. Для того, щоб уникнути надлишкової керованості, в моделі Hillmag Imp із заднім розташуванням силової установки була запропонована концепція різних тисків у шинах передніх (0,18 МПа) і задніх (0,3 МПа) коліс [1].

Останні 15 років компанії Citroen та Mercedes Benz приділяють значну увагу активній системі руху. При входженні автомобіля у поворот система Citroen Hydroactive [1] за сигналами електронних датчиків регулює жорсткість газової пружини і гідроциліндра, відкриття клапанів і каналів з дросельними отворами якого, контролюють за допомогою комп'ютера.

Аналізуючи проблему зручності і комфорту, можна зробити висновок, що її рішення полягає у виборі раціональної конструкції переважно напрямних і пружних елементів та амортизаторів підвіски.

Вирішити проблему керованості і стійкості можливо шляхом вибору раціональної конструкції коліс і шин, матеріалів для них, а також застосування електронних систем контролю за рівнем активної безпеки.

**Метою статті** є розгляд перспективних напрямків і концептуальних рішень щодо покращення комфортності та забезпечення необхідної керованості і стійкості автотранспортного засобу під час руху, що може бути використано у дослідженнях із вдосконалення автомобільної та бойової техніки військових формувань України.

**Виклад основного матеріалу.** Наразі спостерігається тенденція використання уніфікованих типів шасі у декількох різних моделях. Наприклад, моделі Volvo C30 і Mazda 3 створені на одній платформі Ford C1 [3], яка використовується для автомобілів гольф-класу, як у моделі Ford Focus C-Max. З цією платформою легко компонується нижні важелі задньої підвіски уніфікованих моделей. Компанія General Motors пропонує застосовувати свою базову ходову частину шасі у вигляді візка з водневими паливними елементами як основу для конструкцій кузова будь-якої форми легкового автомобіля [4]. У концептуальній версії моделі Honda FCX Clarity [5] також передбачено базове шасі з пакетом водневих паливних осередків. Проблема ефективного використання простору несучої системи вирішується через розміщення алюмінієво-карбонового баку за сидіннями, що збільшує розміри багажного відділення.

Розглянемо напрямки розвитку та концепції, що пов'язані з проблемою зручності та комфортності водія та пасажирів.

На переважній більшості сучасних легкових автомобілів застосовують незалежні підвіски. Їх тип у кожній моделі оригінальний. На сьогоднішній день найбільш поширені такі напрямні елементи підвісок: торсіонна балка, поздовжній важіль, подвійний важіль, стійка Mac Pherson і багатоланковий елемент. Перші два елементи застосовують тільки для задніх підвісок, інші – з будь-якої сторони, де встановлюється колесо.

Підвіски з подвійними важелями застосовують тривалий час на багатьох легкових автомобілях, тому з їх виробництва накопичено достатньо досвіду. Спеціалізовані CAD програми автоматизованого виробництва дозволяють на етапі проектування врахувати динаміку зміни параметрів підвіски. Цікавою є конструкція задньої підвіски, що спроектували для Jaguar E-Type, в якій основне навантаження припадає на піввісі постійної довжини [1]. У інших подібних конструкціях такі піввісі мають змінну довжину.

Значна довжина стійок підвісок Mac Pherson забезпечує високе розташування центра крену та зміну розвалу колеса під час його вертикального переміщення або крену кузова. Конструкція таких підвісок дає можливість встановлювати їх без особливих вимог до точності монтажу та точності положення колеса завдяки застосуванню спеціальних гумових втулок у місцях кріплення. Їх застосовують у таких моделях, як Alfa Romeo (рис. 1, а), Saab (рис. 1, б), Jaguar X-Type (рис. 1, в) [1]. Стійка ефективно утримує колесо і поздовжній важіль у вертикальному положенні. На таких підвісках зручно монтувати силові агрегати, оскільки стійки встановлюють на значній відстані одна від одної.

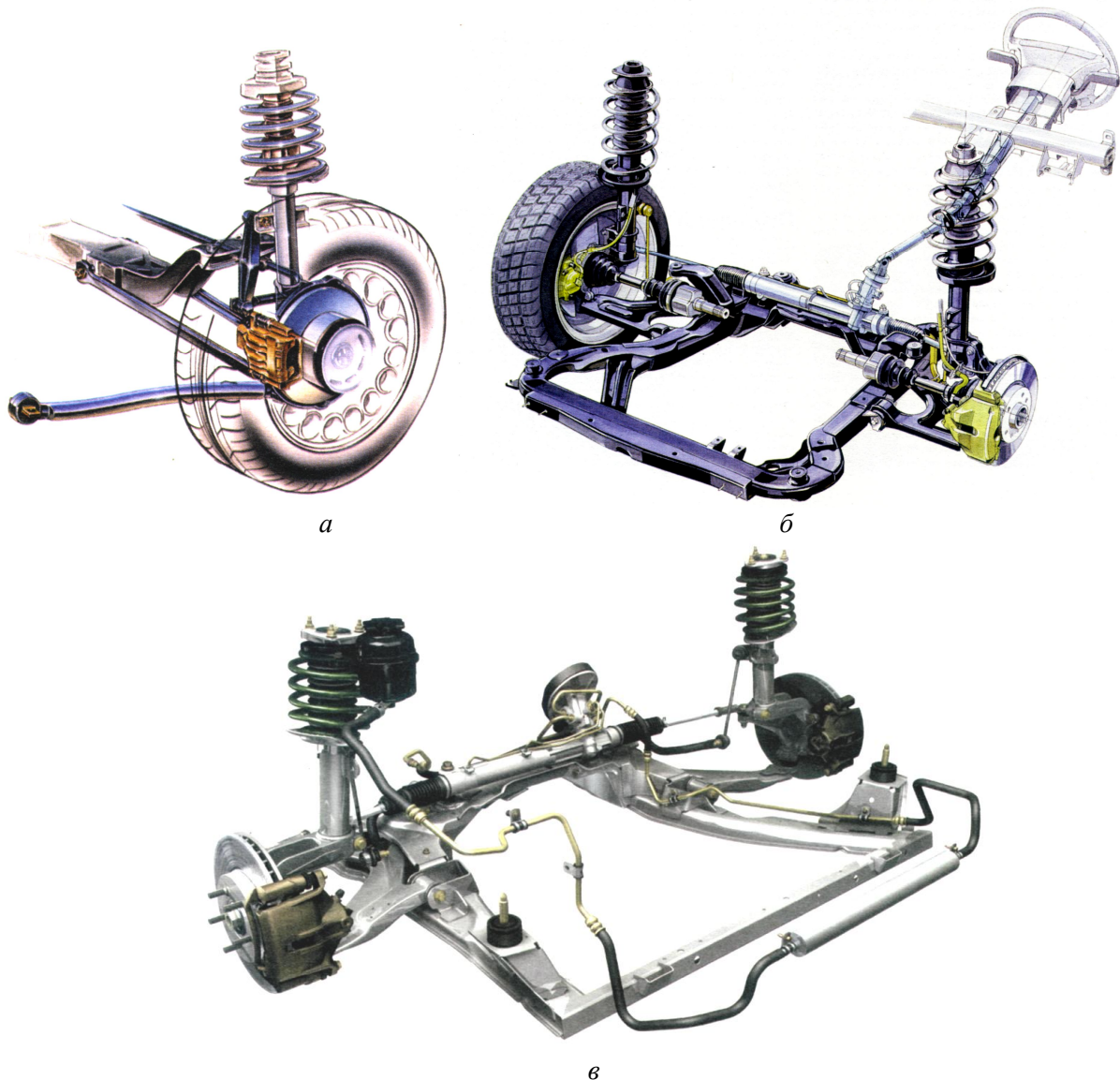


Рис. 1. Стійки підвіски Mac Pherson: а – Alfa Romeo; б – Saab; в – Jaguar X-Type

Перші багатоланкові підвіски з'явилися не дуже давно на автомобілях Audi A4. Для їх проектування також застосовують тривимірні CAD програми як для підвіски з подвійними важелями. Зараз такі типи задніх підвісок почали широко застосовувати в легкових автомобілях, як наприклад, у Jaguar X-Type.

Особливість торсіонної підвіски в тому, що поперечна балка, яка приєднана до двох поздовжніх важелів, може скручуватися та залишатися при цьому достатньо жорсткою, що певною мірою забезпечує стійкість автомобіля на поворотах та частково вирішує проблему структурної і просторової ефективності. Компанія Renault застосувала такий тип конструкції спочатку на моделі Clío II у 1998 р., а потім, коли переконалися у більшості переваг торсіонної підвіски, на моделі Laguna II [1].

Як відомо, Citroen тривалий час використовує на своїх моделях гідропневматичну підвіску (рис. 2) [1, 6], перевага якої у можливості зміни кліренсу під час руху. Цей вид підвіски Hydroactive III+ у версії C5 замість амортизаторів обладнано гідроциліндрами, а замість пружин – газонаповненими сферами, в які закачується азот під тиском 5 МПа. Система має блок керування та функціонує у двох режимах: звичайному та спортивному. При переході з одного режиму на інший змінюється жорсткість демпфірування.

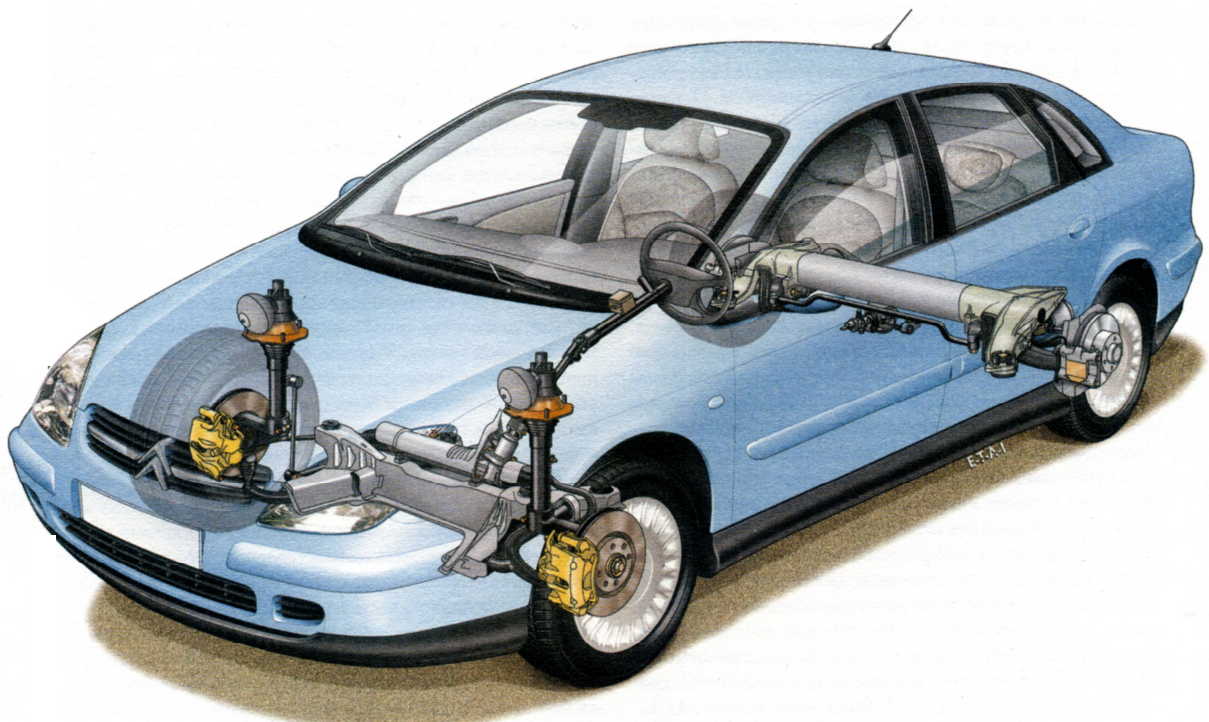


Рис. 2. Гідропневматична підвіска Hydroactive моделі Citroen C5

Пневматичну підвіску також застосовують у військовій техніці. Наприклад, у броньованому позашляховику Shadow RST-V [7] з дизель-електричною гібридною установкою використали таку систему для збільшення прохідності, завдяки чому кліренс змінюється в інтервалі до 330 мм, що дає можливість розмістити позашляховик у багажному люку літака вертикального злету V-22 Osprey. В останньому випадку підвіску максимально опускають.

Для підтримання відповідного ступеня жорсткості крученої пружини можна застосувати способи нелінійної жорсткості (використовують переважно у спортивних автомобілях) та перемінної жорсткості (крок між витками зменшується ближче до її кінців або крок постійний, а діаметр прутка по довжині пружини змінюється). Також перемінну жорсткість можна забезпечити, якщо виконати пружину не циліндричної, а конічної чи еліпсоїдної форми за напрямом стискання. Перевага останніх пружин у тому, що вони мають менші габарити та повністю стискаються без застосування еластичних (гумових) обмежників. Такі пружини монтували, наприклад, на задніх підвісках передньопривідних автомобілів Audi Roadster TT (рис. 3) [1].



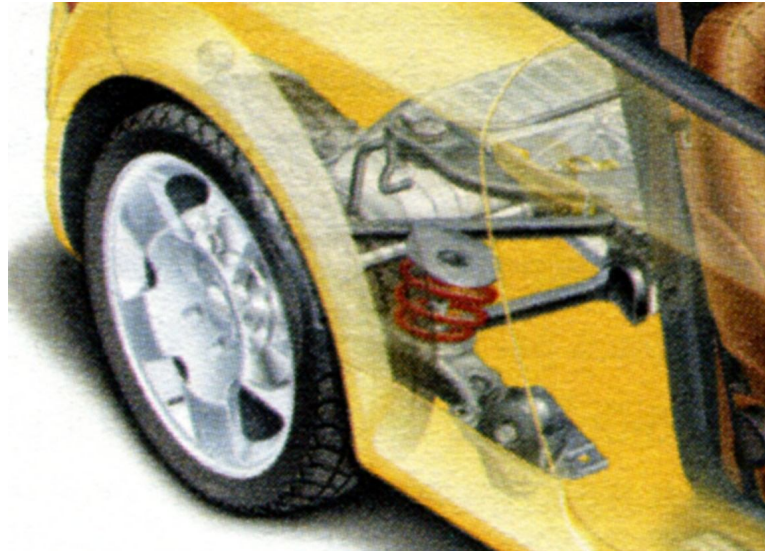


Рис. 3. Пружини перемінної жорсткості у багатоланковій підвісці Audi Roadster TT

У конструкції амортизаторів KONI Sport передбачено регулювання їх жорсткості без зміни кліренсу [2]. На більшості сучасних легкових автомобілів використовують гідравлічні двотрубні амортизатори (рис. 4, а) [2], в яких у камері 5 створюється газовий підпір, призначений для усунування спінування мастила. Проте основним їх недоліком є можливість перегрівання.

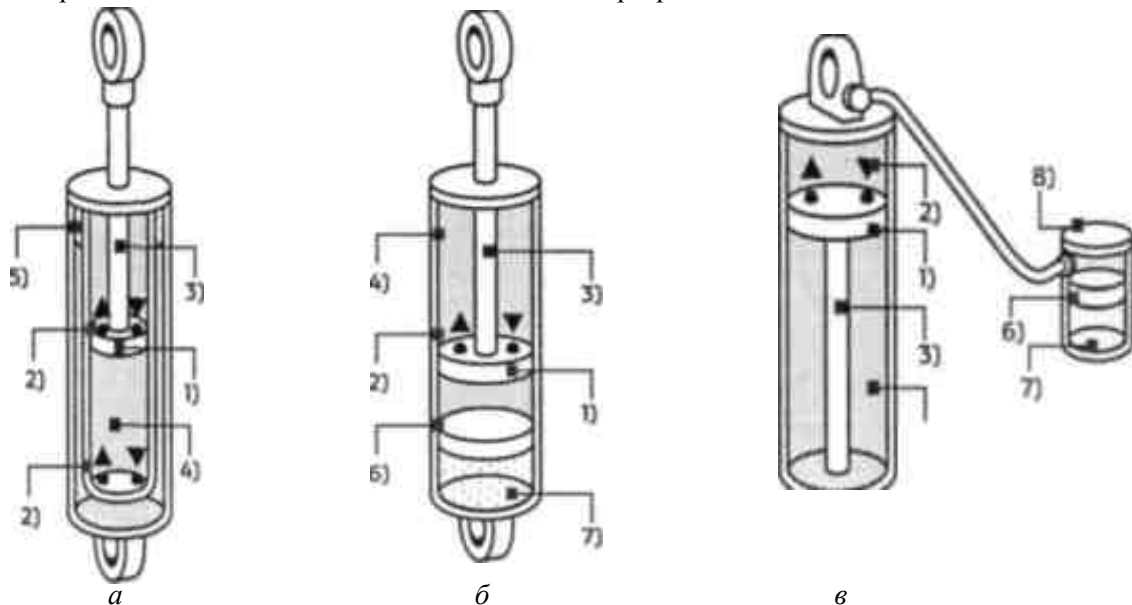


Рис. 4. Амортизатори з газовим підпором: а – двотрубний; б – однострубний; в – амортизатор Ohlins з додатковим резервуаром.

1 – робочий поршень; 2 – клапани; 3 – шток; 4 – мастило; 5 – камера газового підпору; 6 – роздільний поршень; 7 – камера газового підпору високого тиску; 8 – резервуар

Альтернативою двотрубним є однострубні амортизатори (рис. 4, б), в яких газ відокремлюється додатковим поршнем б. Такий амортизатор добре охолоджується, але потребує високої точності виготовлення, він є неефективним при витіканні газу. Переваги цих двох конструкцій поєднані в амортизаторах Ohlins з додатковим резервуаром (рис. 4, в), їх використовують у підвісках спортивних автомобілів. Особливість конструкції в тому, що резервуар 8 з'єднано з однострубним амортизатором (у якому шток направлений униз) за допомогою гнучкого армованого шланга. Резервуар має компенсаційну камеру 7, у якій створюється газовий підпір. Її відділяє від мастила розділовий поршень 6. Ще одна особливість такого амортизатора – отвір у клапані, діаметр якого при нагріванні зменшується, завдяки чому при різній в'язкості мастила всі амортизатори діють в рівній мірі однаково.

Виробник Delphi пропонує іншу концепцію – амортизатор Magneride [1], принцип дії якого полягає в тому, що ступінь жорсткості змінюється під дією електромагнітного поля, яке створюється навколо прохідних отворів у корпусі. Залежно від потужності поля змінюється структура мастила, його в'язкість. Невдовзі почнеться серійне виробництво такої конструкції.

У роботі [8] розглянуто TRW (інтегрована система керування через електродроти) та VDIM (інтегрована система контролю руху автомобіля), що поєднують всі типи сучасних систем активної безпеки: контактні датчики цілісності шин (CPTS), систему розширеного контролю курсової стійкості (VSC), активного контролю крену підвіски (ARC), активного контролю кузова (ABC), систему динамічної стабілізації (ESP) та інші системи активного контролю, які поступово впроваджуються в автомобільну промисловість. Наприклад, в системі All Mode 4×4-і Nissan X-Trail система контролю ESP за допомогою датчиків обчислює швидкість та прогнозовану траєкторію руху автомобіля. Якщо вони відрізняються від оптимальних значень, система за допомогою виконавчих механізмів впливає на задню чи передню підвіску, чим досягається достатня курсова стійкість і керованість автомобіля.

Інженери Michelin запропонували більш перспективну концепцію підвісок повноприводного автомобіля, що полягає у створенні конструкції мотор-коліс Active Wheel [9]. Їх окремо і незалежно одне від одного встановили спереду та ззаду на концептуальному спорт-карі Venture Volage. На алюмінієвій рамі, що з'єднана з підрамником, виготовленим з авіаційної сталі, за допомогою жорсткого важеля на внутрішній поверхні кріпляться всі основні елементи приводу. Обід кріпиться на дископодібній маточині. Ведучий електродвигун з рідинним охолодженням потужністю 55 кВт (частота обертання валу від 0 до 8500 об/хв та обертальним моментом 58 Н·м) приводить у рух колесо. Під час гальмування він працює в режимі генератора, виробляючи електроенергію для бортового акумулятора. Гальмівний механізм складається з диска, що обертається, та електромагнітного актуатора. Підвіска складається зі сталевієї циліндричної витої пружини та електричних амортизаторів, що керуються окремим електродвигуном, який також відповідає за поворот колеса. Час відклику амортизатора – 0,003 с. Вага одного мотор-колеса в зібраному виді – 35 кг. Всі мотор-колеса Active Wheel та жорсткість всіх амортизаторів окремо керуються електронікою за допомогою таких програмних алгоритмів активного контролю, як ABS, ESP, Break Assist та ін. Розподіл маси автомобіля Venture Volage складає: 45 % на передню вісь, 55 % – на задню. Середньосерійне виробництво таких мотор-коліс заплановано на найближчий час.

### **Висновки**

Таким чином, тенденція розвитку конструктивних елементів шасі полягає у поліпшенні та раціональному виборі напрямних і пружних елементів, амортизаторів підвіски, з урахуванням принципів уніфікації для різних типів моделей та покращення комфортності та у застосуванні електронних систем контролю, що слідкують за рівнем активної безпеки з метою рішення проблеми керованості та стійкості під час руху.

### **Список використаних джерел**

1. Дзнізлс Дж. Современные автомобильные технологии / Дж. Дзнізлс. – М. : ООО “Издательство”, АСТ: ООО “Издательство Астрель”, 2003. – 223 с. : ил.
2. Апресов С. Держать удар / С. Апресов // Популярная механика. – 2007. – № 2. – С. 119–122.
3. Корзинов Н. Сводные братья / Н. Корзинов // Популярная механика. – 2008. – № 7. – С. 106–109.
4. Гибриды на перепутье // Популярная механика. – 2006. – № 3. – С. 123.
5. Санников В. Серийное будущее / В. Санников // Популярная механика. – 2008. – № 9. – С. 100–103.
6. Корзинов Н. Четырёхлетняя беременность / Н. Корзинов // Популярная механика. – 2008. – № 4. – С. 142–143.
7. Бесшумная надежность // Популярная механика. – 2005. – № 11. – С. 21.
8. Нечипоренко В. М. Світові тенденції модернізації і розвитку гальмових систем автомобілів / В. М. Нечипоренко // Зб. наук. пр. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2006. – Вип. 1–2 (7–8). – С. 117–121.
9. Санников В. Белка в колесе / В. Санников // Популярная механика. – 2009. – № 4. – С. 100–102.

*Стаття надійшла до редакції 10.04.2009 р.*