

В ПОРЯДКУ ОБГОВОРЕННЯ

УДК 629.1.032

Василенко О.В., Дущенко В.В.

ПЕРСПЕКТ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ГУСЕНИЧНИХ І КОЛІСНИХ МАШИН

Постановка проблеми. На сьогоднішній день, при проектуванні нових зразків військових гусеничних і колісних машин (ВГKM) та модернізації застарілої техніки, багато уваги приділяється розробці і удосконаленню сучасних комплексів озброєння, силових установок і трансмісій. Однак, в силу тих чи інших причин, цей процес майже не торкнувся систем підресорювання (СП). Як показали теоретичні дослідження та полігонні і військові випробування, застаріла СП багатьох типів ВГKM не дозволяє повною мірою реалізовувати їхні можливості, що зросли, завдяки удосконаленню інших систем. Немаловажливими причинами такого стану справ є те, що теоретичні методи, методології і підходи, які застосовувалися при розробці і удосконаленні вузлів СП ВГKM до останнього часу, застаріли та малоефективні, а технічні рішення (ТР) і фізичні принципи дії (ФПД) вузлів підвіски, що використовуються, вичерпали свій „венчурний” потенціал. Таким чином, актуальною проблемою є обґрунтування, розробка та застосування нових методів, методологій і підходів при створенні перспективних зразків вузлів СП, прогнозування їх розвитку та пошук нових ТР і ФПД. Це забезпечить якісний стрибок у розвитку СП ВГKM, що, у свою чергу, дозволить ефективно реалізовувати зростаючі можливості нових систем озброєння, силових установок і трансмісії.

Аналіз останніх публікацій. У роботі [1] представлено концептуальний підхід при проектуванні об’єктів бронетанкової техніки, що розглядаються як складна технічна система. Приведено комплексний метод оцінки рівня технічної досконалості і порівняння даних об’єктів та спрогнозовано тенденції їх розвитку. Велика увага приділена комплексу озброєння та захисту, але СП та її вплив на показники рухомості розглянуто недостатньо повно. У роботі [2] проаналізовано розвиток основних бойових танків за останнє десятиріччя. Зроблено висновки, що покращення характеристик танків йшло не за напрямком розробки нових зразків, а шляхом модернізації і в першу чергу було направлено на підвищення вогневої могутності і захисних характеристик. Метою модернізації силових установок і трансмісії було не скільки забезпечити підвищення мобільних характеристик, скільки бажання зберегти показники рухомості та не допустити їх зниження в зв’язку із збільшенням маси танків. У роботі [3] було озроблено методологію системної оцінки технічного рівня СП ВГKM для використання при створенні нових поколінь вузлів підвіски. Проведено аналіз критеріїв розвитку і показників якості СП, на підставі якого запропонований головний узагальнений показник її ефективності. У роботах [4,5] відзначається, що на цей час намітилася межа можливостей удосконалювання СП ВГKM у традиційних напрямках. Для визначення нових перспективних напрямків подальшого розвитку СП було проведено функціонально-фізичний аналіз роботи їхніх складових частин, з’ясовано взаємозв’язки зазначених частин між собою та з об’єктами навколишнього середовища. На основі цього, було побудовано конструктивну та потокову функціональні структури СП ВГKM і отримано цільне представлення про розглянуту технічну систему на рівні фізичних операцій перетворення вхідних і вихідних потоків енергії, сигналів і речовини та використовуваних

фізико-технічних ефектів.

Ціль досліджень – на основі аналізу нових технологій, матеріалів і ТР, що використовуються при розробці перспективних вузлів підвіски ВГКМ та транспортних засобів (ТЗ) у цілому, зформулювати основні проблеми та засоби їх вирішення і спрогнозувати перспективні напрямки подальшого розвитку СП ВГКМ.

Аналіз нових технологій, матеріалів і ТР, що використовуються при розробці перспективних вузлів СП ВГКМ та ТЗ у цілому.

1. Перспективні розробки демпфіруючих пристроїв (ДП).

Розвиток сучасних ДП характеризується широким спектром винаходів, які можна поділити на дві великі групи: розробки, що мають нові оригінальні ТР, при збереженні звичайного робочого середовища (робочої рідини у гідравлічних ДП і поверхонь тертя у фрикційних ДП) та розробки, що використовують альтернативне робоче середовище (текучі і тверді компоненти та матеріали). Мета винаходів – усунути ті чи інші недоліки та придати пристроям, що розглядаються, нові, більш високі якісні показники.

У першій групі винаходів представляють інтерес ДП, в яких характеристики опору залежать не тільки від швидкості і (або) величини переміщення робочого органу, а і від частоти коливань, що демпфіруються. Такі ТР містять, наприклад, грузик, що рухається в осьовому напрямку, за допомогою якого, частково або повністю перекривається радіальний отвір. Таким чином, регулюється ступінь демпфірування, у залежності від частоти вимушених коливань корпусу ТЗ (у разі резонансу демпфірування є найбільшим), що дозволяє підвищити плавність руху та знизити теплову напруженість ДП. Подібні ГА FSD (Frequenz Selektive Dämpfung – частотно-селективне демпфірування) вже серійно випускає фірма „Коні”.

Велику кількість винаходів складають ТР, у яких зроблено спробу використати в корисних цілях енергію коливань підресореного корпусу ТЗ, що поглинається ДП. Так, одне з ТР містить акумулюючий резервуар з необхідними клапанами, пов'язаний з масляним баком та ГА. Енергія тиску масла, що створений в акумулюючому резервуарі при роботі ГА, приводить в дію виконавчий механізм. Але не вказано, що це за механізм та з яким к.к.д він буде працювати.

Іншим ТР є застосування так званої „автонакачки”. ГА обладнуються додатковим бачком з робочою рідиною, яка, завдяки коливанням корпусу ТЗ у процесі руху, автоматично підкачується в ГА при завантаженні машини, або зливається назад у бачок при розвантаженні. Тим самим, без електроніки, датчиків, насосів і т.і. підтримується, незалежний від завантаження, кліренс ТЗ. Подібні ГА нової системи „Nivomat” вже випускає фірма „ZF” для 35 моделей сучасних автомобілів.

Широкий клас ДП складають газонаповнені ГА, в конструкцію яких включена порожнина, що містить газ під тиском. Застосування такого газового підпору дозволяє покращити демпфіруючі характеристики ГА, усунути вспінення робочої рідини та використовувати його у якості додаткового пружного елемента (ПЕ) для оптимізації пружної характеристики підвіски.

Серед розробок другої групи, що використовують альтернативне робоче середовище, особливо перспективними є так звані магнітореологічні ГА, яким останнім часом приділяється багато уваги і які отримують широке розповсюдження. Прикладом є ГА „MagneRide” відомої фірми „Delphi Corporation”, що були представлені у 2003 році, які вже серійно застосовуються на декількох моделях автомобілів. Компанією „Millen-Works” розроблено модифікацію автомобіля "Хаммер", де встановлено полуактивну підвіску з магнітореологічними ГА.

В основі роботи таких ДП лежить спроможність спеціальної магнітореологічної (магніточуттєвої) робочої рідини міняти свою в'язкість, а від так і зусилля опору, у

залежності від електромагнітного поля, що накладається. Використовується декілька типів такої робочої рідини. У загальному випадку, магніореологічні рідини складаються з магнітної та (або) немагнітної дисперсійної фази, несучого середовища, стабілізаторів та інших інгредієнтів, що забезпечують їм необхідні фізико-хімічні характеристики та відрізняються ефективністю магніореологічного ефекту і вартістю, яка може бути досить високою. Магніореологічна робоча рідина проходить через керуючий елемент – магніореологічний дросель, який є елементом дроселюючої системи ГА. У загальному випадку це гідроканал, розміщений в індукторі магнітного поля. Електричний струм у витках котушки індуктора створює магнітне поле, яке практично миттєво, за $10^{-7} \dots 10^{-6}$ с, змінює в'язкість робочої рідини в каналі. Пропорційно зміні в'язкості змінюється перепад тиску в дроселі, функцією якого є зусилля опору ГА. Перепад тиску однозначно пов'язаний з величиною електричного керуючого сигналу, що забезпечує необхідне керування характеристикою ГА з швидкодією 0,01с. Це на порядок вище, ніж у традиційних електрогідравлічних пристроїв, що використовуються в керованих ДП ТЗ. Магніореологічний ефект є простим та ефективним засобом стиковки електричних керуючих сигналів з гідравлічними каналами об'єктів керування. ДП, що використовують магніореологічний ефект, мають такі переваги, як: високу швидкодію, простоту та технологічність конструкції, відсутність механічних рухомих елементів, високу надійність і стабільність, можливість реалізації будь якого закону керування характеристиками на прямому та зворотному ходах підвіски, безпосереднє керування від бортової ЕОМ при мінімальній кількості проміжних каскадів посилення керуючого сигналу. Недоліками таких ДП є абразивність магнітних текучих середовищ, що приводить до зносу пар тертя, а також досить висока їх вартість.

У великій частині винаходів по перспективним ДП зроблено спробу, в якості робочого середовища, застосувати нові матеріали. Так, робоче середовище може являти собою гомогенну пасту, що складається з тонкодисперсної твердої речовини, термостабільного простого полігліколя, складного ефіру полігліколя і насиченого складного ефіру карболової кислоти або силіконового масла. Трохи інший склад має робоча рідина, що являє собою пластичну однорідну графітову пасту зі змістом 0,1...8,0% змочувального компонента, 0,1...10% грузлого компонента і 40...70% рідини, обраної із групи, утвореної полігліколевим простим ефіром, ароматичним складним ефіром карбоксильної кислоти та аліфатичним складним ефіром карбоксильної кислоти. Також апатентовано варіанти конструкції ДП із середовищем, що демпфірує, у вигляді твердої маси із часток силіконового каучуку, яка стискається. Розглянуті ТР мають на меті, за рахунок застосування нового робочого середовища, підвищити температурну стабільність характеристик ДП і спростити конструкцію його ущільнень.

У розвиток ідеї спрощення ущільнень були запропоновані ТР, що дозволяють обійтися практично без них. Із цією метою робоче середовище виконувалося у вигляді суцільних еластомірних профільованих елементів. Використання в'язкоеластичного середовища часто дозволяє сполучити функції ПЕ і ДП в одному вузлі. Однак, поки що такі ТР знаходять застосування, в основному, лише на порівняно дешевих легкових автомобілях.

Відома конструкція механічного інерційного ДП, що містить два елементи з можливістю відносного переміщення і два інерційних елементи, встановлені з можливістю вільного обертання. Перші елементи зв'язані із другими за допомогою сполучного пристрою так, що при відносному переміщенні перших елементів в одному напрямку буде відбуватися обертання першого інерційного елемента. При відносному переміщенні в іншому напрямку буде обертатися другий інерційний елемент. Інерційні елементи зв'язані між собою механізмом так, що при обертанні одного з них із числом обертів, меншим певного значення, другий елемент приводиться в обертання. При

спробі обертання другого елемента із числом обертів, що перевищують зазначене число, здійснюється гальмування перших двох зазначених елементів. З приведеного опису можна зробити висновок, що подібні ДП не одержали і навряд чи одержать широке поширення в силу складності конструкції і виготовлення, а також великої ваги.

Відомі ТР по рекуперації енергії коливань корпусу ТЗ. ДП містить механізм перетворення зворотно-поступального руху в обертальний, який складається з маховика, пов'язаного з генератором, вертикального різбового валу, шарнірно зв'язаного з важелем підвіски, та органу, що зв'язує вал з маховиком. Останній виконано у вигляді кілець з різними моментами інерції. Недоліками такої конструкції є велика вага, складність виготовлення та забезпечення раціональних параметрів демпфірування.

Фірма „Контіненталь” і „Монро” розробили газові амортизатори, де замість робочої рідини використовується повітря. Стверджується, що при порівняннях, з ГА, характеристиках, вони набагато легші.

Фірма „Bose” (виробник аудіосистем) розробила і успішно випробувала підвіску BSS (Bose Suspension System), де замість звичайних ДП використовуються лінійні електродвигуни, які гасять коливання кузова автомобіля, споживаючи енергію бортової мережі. Крім того, на деяких режимах, вони працюють як генератори, виробляючи та запасуючи енергію в буферній батареї суперконденсаторів. У результаті підвіска споживає електроенергії на 30% менше, ніж кліматична установка. На думку розроблювачів, така електропідвіска в найближчі роки зможе витиснути звичайні ДП.

2. Перспективні розробки пружних елементів.

Найбільш популярними на цей час ПЕ підвіски ТЗ залишаються пружини, які легше і компактніше від ресор та дешевше від торсіонів. Для забезпечення нелінійної пружної характеристики їх роблять бочкообразними (фасонними) або (і) використовують прутки із змінним перерізом. З такою ж метою, із змінним перерізом виконують і однолистові ресори (автомобіль Фіат-Добло), а в якості матеріалу, для облегшення, використовують армований пластик (автомобіль Вольво-940).

Для танка М-1 (США) було розроблено торсіони з композитних матеріалів, які мали ресурс на рівні звичайних металевих торсіонів і при цьому забезпечували зниження ваги машини на 300кг. Їхнім недоліком була у декілька разів більша вартість.

Відома конструкція гнучкого сталевого колеса (винахідник Л. Малкін), що дозволяє амортизувати удари з боку нерівностей, обгинати їх, тим самим зменшуючи питомий тиск на ґрунт. У відрізку сталевий труби робляться прорізи під кутом до утворюючої, одна – з одного кінця, наступна – з іншого і так далі. „Зуби”, що вийшли, мають прямокутний перетин і під навантаженням працюють як торсіони – на скручування. Сталева „шина” монтується на спиці спеціальної конструкції. Отримано патенти і виготовлено дослідні зразки.

Запатентована новітня технологія Twheel концерну „Мішлен”. У колесі з гуми зроблений тільки протектор, що забезпечує зчеплення з дорожнім покриттям. Під ним – пружні спиці, що мають змогу досить сильно деформуватися. Ці спиці, що становлять ноу-хау, на думку розроблювачів, зможуть замінити звичайні ПЕ. На випробуваннях дане колесо, завдяки меншому опору кочення, забезпечило 5% економії палива і уп'ятеро більш високу бокову жорсткість, ніж звичайна шина. Такі колеса вже випускаються для тихохідних екіпажів (навантажувачів, крісел-колясок), а також були представлені на виставці в Детройті у 2005р. на автомобілі Ауді-А4.

Неодноразово було розглянуто доцільність застосування гідропневматичної підвіски (ГПП) на танку. Проведено аналіз потенційних переваг ГПП над торсіонною підвіскою в аспекті забезпечення прогресивної пружної характеристики, більших динамічних ходів підвіски, суміщення в одному вузлі ПЕ і ДП, а також досвіду доводки ГПП серійних військових гусеничних машин (ГМ). Проведений аналіз показав, що за-

стосування ГПП на танках потребує використання ТР, які збільшують габарити і вагу підвіски на 15...20% та знижують надійність СП.

У США було розроблено поршневу гідравлічну підвіску для легких військових ГМ. В якості робочого середовища була використана рідина, що містить кремній. Тиск у підвісці складає до 125МПа. Підвіска розташована зовні машини, діаметр поршня – 50мм, діаметр штока – 37мм. Зміна характеристик підвіски відбувається за допомогою системи регулювання положення корпусу машини.

3. Перспективні розробки направляючих пристроїв, рушії і ходової частини в цілому.

При модернізації сучасних військових ГМ спостерігається постійна тенденція вдосконалення силових установок і трансмісій, яка направлена на збільшення середніх швидкостей руху. Як правило, це призводить до суттєвого збільшення ваги машини, зниження якості підресорювання та виникнення обмежень по СП, що робить неможливим реалізацію потрібних середніх швидкостей. Досвід модернізації СП танків Т-64 і Т-72 показав, що для підвищення якості СП недостатньо звичайних засобів модернізації торсіонних валів та ГА, а необхідне внесення кардинальних змін, як в конструкцію ходової частини, так і конструкцію корпусу машини, що є трудомістким та вартісним процесом.

Аналіз розвитку направляючих пристроїв СП ВГКМ показав, що залежні підвіски на цей час майже повністю витіснені незалежними. Найбільш поширеними є підвіски на здвоєних поперечних або поздовжніх важелях (балансирах) та підвіски типу Мак-Ферсон (стійки, що качаються). Крім цього, на некерованих колесах КМ отримують розповсюдження багатоважельні направляючі пристрої, часто з ефектом підрулювання, які забезпечують оптимальне положення колеса в горизонтальній та вертикальній площинах.

Але найбільший інтерес викликають нетрадиційні ТР, що застосовуються при конструюванні спеціальних ТЗ або розробці прототипів перспективних ТЗ.

У першу чергу, до даного напрямку варто віднести конструкції, у яких робиться спроба вирішення однієї з проблем, що найбільш важко розв'язується і стосується СП ВГКМ. Вона полягає у створенні простого, надійного, працездатного пристрою, який би дозволяв, з одного боку, ефективно гасити коливання корпусу, а з іншого – не розсіював би їхню енергію у вигляді тепла, а повертав би у систему і якимсь чином корисно використовував. Це дозволило б підвищити паливну економічність, бо енергія, що витрачається на коливання корпусу машини, в кінцевому підсумку підводиться від двигуна. Особливо це актуально при руху по розбитих дорогах і на місцевості.

Відома підвіска для всюдихідного ТЗ, що містить пристрої для зниження коливань корпусу. За допомогою цих пристроїв, енергія коливань відбирається і підводиться до системи знову із зрушенням по фазі. Згадані пристрої містять пристрій, що блокує, який керується. Пристрій блокує, щонайменше, один з декількох послідовно включених ПЕ у мертвій точці коливань корпусу ТЗ, залежно від зусилля і/або напрямку, часу, переміщення, швидкості та прискорення. При досягненні корпусом статичного положення, пристрій, що блокує звільняє ПЕ. Таким чином, енергія, що запасена ПЕ, повертається в коливальну систему в момент часу, коли вона найменше сприяє подальшому розгойдуванню корпусу.

Відома експериментальна ГПП танка, особливістю якої є поєднання пневматичного, без розділювача між азотом та робочою рідиною, ПЕ в балансирах з багатодисковим фрикційним амортизатором. Маса вузла підвіски з амортизатором 220кг, без нього – 91кг. Динамічний хід підвіски дорівнює 380мм, статичний – 150мм. Підвіска забезпечує високу плавність ходу та знижує діючі зусилля при мінному підриві і наїзді на нерівності на великій швидкості.

Відомі три прототиби ТЗ, що працюють на водні або на електроенергії та мають оригінальну ходову частину. У середині кожного мотор-колеса „Active Wheel” фірми „Мішлен” розмістились тяговий електродвигун з водяним охолодженням, пружини підвіски, активний електроамортизатор, дискові гальма та електрорульовий привід. Активна електропідвіска повністю усуває клювки кузова при розгонах і гальмуванні та поперечні нахили при поворотах. Демпфірування коливань не відрізняється від традиційної підвіски, а ТЗ мають можливість у широких межах міняти кліренс, присідати на будь-яке колесо і міняти поведінку в повороті.

Аналогічна конструкція мотор-колеса фірми „Siemens” VDO. У середині кожного мотор-колеса, окрім вище згадуваних вузлів, розміщуються електромеханічні гальма, а для демпфірування коливань використовуються соленоїди. Стверджується, що за допомогою комп'ютера вони зможуть забезпечити будь-яку демпфіруючу характеристику.

Необхідно відзначити, що при використанні електричних мотор-коліс збільшуються невіднесене маси, а це погіршує плавність ходу, стійкість і керованість автомобіля. Для зниження їхнього шкідливого впливу фірма „Бріджстоун” розробила динамічний демпфер. Підвішений всередині колеса електромотор коливається в протифазі з коливаннями самого колеса, в результаті, при додаванні, вони взаємно знищуються.

Запатентовано у Швеції і реалізовано у США новий колісний рушій „Ейртрекс” (Airtrax) автотранспорту „Сайдвіндер” (Sidewinder), що дозволяє машині маневрувати довільним образом і рухатися в будь-якому напрямку. На маточині, під кутом, встановлено кілька бочкообразних котків, кожний з яких обертається навколо своєї осі. Напрямок руху цілком залежить від співвідношення кутових швидкостей і напрямку обертання окремих коліс. Замість керма використовується джойстик.

На основі проведеного аналізу можна зробити такі висновки.

1. Розвиток конструкцій підвісок іде у декількох перспективних напрямках, що мають на меті підвищення комфортабельності, керованості та функціональних властивостей ТЗ і, зокрема, ВГКМ. Це оплачується зростанням ваги, високою складністю та вартістю.

2. Пошук нового, того, чи іншого ТР, а тим більше нового ФПД вузла підвіски, відбувається хаотично та навмання, а виявлення перспективних напрямків випадковим. Відсутнє теоретичне обґрунтування цього процесу.

3. Досить часто в інженерів виникає питання: чи настільки нові складні конструкції та їх електронні системи забезпечують кращі характеристики СП, порівняно із звичайними рішеннями, наскільки вони дорожче.

Керування характеристиками СП ТЗ.

На сьогоднішній день відомі керовані пасивні та активні (з додатковим стороннім джерелом енергії) СП ТЗ. Проведено класифікацію і якісний аналіз пасивних підвісок з керуванням характеристиками ПЕ, ДП та регулюванням кліренсу, а також різних варіантів активних підвісок з ПЕ та без них. Зроблено аналіз енерговитрат на привід виконавчих пристроїв активних СП, та шляхи їх зниження.

Відома градація розвитку СП ВГКМ, в залежності від рівня автоматизації керуванням її характеристиками з метою зменшення коливань піднесеного корпусу машини, яка містить шість поколінь СП: нерегульовані пасивні СП, підвіски з ручним та автоматизованим керуванням, СП з автоматичним керуванням по динамічним характеристикам коливань корпусу ВГКМ, СП з комплексним автоматичним керуванням та адаптацією до динамічних характеристик джерел збурення (дорожнього профілю та інш.), СП з автоматичним програмуванням керування та внутрішньою діагностикою і, нарешті, СП з системами керування, де реалізована функція самонавчання (штучній ін-

телект). На сучасному етапі розвитку, на рівні ходових макетів військових ГМ вже реалізовано керовані СП III-го (ГМ-133, колишній СРСР) та IV-го (МВТ-70, США) поколінь, а також ведуться роботи над створенням СП з системами керування V-го покоління. Це проекти КРз (ФРН) та FMBT (США). Головними труднощами в практичній реалізації III-го і наступних поколінь є створення виконавчих пристроїв системи керування та велике пікове енергоспоживання активних підвісок, яке складає 30...40% від потужності силової установки.

На цей час проведено аналіз схем активних СП, в залежності від типу зв'язку силового гідроциліндра з підресореним корпусом, на основі якого робиться висновок, що для оцінки ефективності систем керування характеристиками СП багатоопорних машин необхідно використовувати три основних показника динамічних властивостей: точність, швидкодію та енергоспоживання.

Як показав досвід експлуатації основних танків наприкінці ХХ-го століття, некерована СП практично не обмежувала швидкість руху танкових колон на добовому марші, але необхідність забезпечення ефективної стрільби з ходу, яка, в свою чергу, залежить від якості підресорювання, обмежувала її до значення 6,94 м/с (25 км/год). Попередні експерименти і розрахунки показали, що введення керованого підресорювання дозволяє суттєво підвищити швидкість руху в бою та точність стрільби з ходу.

Застосування керованої активної підвіски замість звичайних СП є ефективним засобом підвищення точності стабілізації озброєння ВГКМ. Досвід показав, що із стабілізованого стану пушки виводять швидкості поздовжно-кутових коливань, більші за 25...30 град/с. При швидкості руху по танковій трасі 6,94...8,33 м/с (25...30 км/год), час нестабілізованого стану (удари пушки в обмежувачі, перевищення можливостей вертикального приводу стабілізатора по швидкості) складає 25%. Нова активна СП ГМ, що була розроблена і реалізована на ходовому макеті, дала можливість вибору раціональної структури стабілізатора з врахуванням значного зниження окремих складових похибки. Поздовжно-кутові, поперечно-кутові та вертикальні коливання корпусу машини, у діапазоні частот 0,3...3 Гц, зменшилися у 3...7 разів, причому максимум ефективності припав на власні частоти серійних СП 0,8...1,2 Гц.

Відома пасивна система керування характеристиками ГА, в залежності від трьох доріг різного ступеню важкості. По розрахунковим даним, її застосування дозволить покращити параметри плавності ходу та зменшити теплову напруженість ДП, в наслідок чого підвищиться експлуатаційна швидкість військової ГМ. Розглянуто доцільність введення 3-х позиційного регулювання ГА військової ГМ, який повинен мати окремі характеристики для транспортного, передбойового та бойового режимів руху.

Відома керована механічна підвіска, яка складається з шести моментних гідропідсилувачів з керованими гідрогальмами на 1-му, 2-му та 7-му котках. Підвіска працює від мережі постійного тиску, яка створюється гідроаккумулятором та насосом, безпосередньо пов'язаним з двигуном машини. Керування здійснюється в залежності від сигналів гіротахометрів поздовжніх і поперечних коливань та акселерометру вертикальних коливань.

Запатентовано конструкції дослідних активних СП ВГКМ, принцип дії яких складається у наступному: потужний гідронасос, що постійно працює від двигуна машини, через чотири гідробустери, які встановлені на крайніх підвісках, за допомогою блока керування, стабілізує корпус машини у просторі по трьом ступеням свободи. На такому принципі розроблено експериментальну активну СП танка М-1А1. У ній чотири крайні гідроамортизатори лопатного типу серійної СП перетворені у сервокеровані двигуни. Їх крутний момент добавляється або віднімається від крутного моменту

торсіонного валу, в залежності від сигналів датчиків кутів нахилу корпусу у повздовжній, поперечній та вертикальній площинах. Є відомості, що на цьому танку може бути застосована ГПП, з керуванням від балістичного обчислювача. Аналогічні роботи по створенню активної СП проводилися і ВНДІ Трансмаш колишнього СРСР. Натурні випробування ходового макету військової ГМ з активною ГПП показали, що амплітуди поздовжньо-кутових коливань не перевищують 1^0 замість $6...10^0$ у серійних машин. Це дозволило знизити збурення на систему керування вогнем у 4...6 разів, що призвело до зниження похибки стабілізації гармати у вертикальній площині у 1,5 рази та покращення умов праці екіпажу у 3 рази. Однак, для широкого впровадження активної СП на ВГКМ необхідно вирішити ряд проблем: створити ГПП, що може працювати як в активному, так і в пасивному режимах, вузли СП повинні бути малогабаритними, надійними та мати необхідний ресурс, а також необхідно забезпечити нечутливість системи керування до зтяжних під'йомів та спусків, знизити енерговитрати на її функціонування, нормалізувати тепловий стан вузлів, провести тактико-технічно-економічну оцінку ефективності застосування активної СП, що дозволить вибрати оптимальну конструкцію підвіски для перспективних машин.

Порівняльний динамічний розрахунок ГПП з автоматичною системою керування та звичайної механічної підвіски танка показав, що автоматична система керування забезпечує зниження коливань корпусу на нерівностях до 200мм, при швидкостях руху 10,0...11,11м/с (36...40км/год) до 10 разів, що підвищить середню швидкість руху та точність стрільби з ходу. На більших висотах нерівностей та швидкостях руху ефективність знижується внаслідок енергетичних обмежень.

На відміну від ВГКМ, для яких поки що розроблено лише дослідні зразки пасивних керованих або активних підвісок, на автомобілях такі підвіски, в тих чи інших (часто спрощених) варіантах, вже застосовуються серійно. Це і згадані вище ГА фірми „Коні” з регульованими вручну або автоматично характеристиками, і магнітореологічні ГА „Магнерайд” фірми „Делфай”, і ГА „Сенсатрак” фірми „Монро”. Крім того, активні підвіски з силовими гідроциліндрами застосовуються на гоночних автомобілях формули 1 фірм „Лотос”, „Вільямс” та інші.

Фірма „Сітроен”, яка однією з перших почала застосовувати керування характеристиками підвіски на своїх автомобілях, представила на своєму автомобілі моделі С5 ГПП „Hydractive” вже 3-го покоління. Водій задає звичайний або спортивний режим, а електроніка керує жорсткістю підвіски та величиною кліренсу, залежно від швидкості, манери водіння і якості покриття. Гарантійний термін служби нової „Hydractive” – 5 років або 200 тис. км пробігу. Всім бортовим електронним устаткуванням керує система „Мультиплекс”.

Представляє інтерес група винаходів, в яких допускається певний вплив на робоче середовище елементів підвіски. До них відноситься регульована пневматична ресора і пристрій для її регулювання та активна підвіска, які описано нижче.

Регульована пневматична ресора має пристрій, що містить резервуар, заповнений текучим середовищем під тиском. У резервуарі розміщені речовина, яка поглинає і речовина, яку поглинають. Поглинаючі властивості першої речовини змінюються залежно від її температури. З резервуаром зв'язані засоби для забезпечення регульованої зміни температури обох речовин. У результаті забезпечується регульована зміна зазначених поглинаючих властивостей, а отже і тиску в резервуарі. Резервуар пов'язаний із пневматичною ресорою, тиск текучого середовища в якій змінюється при зміні тиску текучого середовища в резервуарі.

Даний спосіб регулювання представляється перспективним, тому що дозволяє спростити системи регулювання положення корпусу ТЗ, керування характеристиками підвіски і знизити загальну вагу СП.

В активній підвісці „Active Body Control” фірми „Мерседес-Бенц” на пружину, що знаходиться всередині амортизаторної стойки, діють робочою рідиною під великим тиском, тим самим регулюючи її жорсткість. Управляють гідравлікою два мікропроцесора, аналізуючи дані від 13 датчиків. Стверджується, що система настільки ефективно бореться з кренами, що відпадає необхідність у стабілізаторі поперечної стійкості.

По розгляду керування характеристиками СП ТЗ можна зробити такі висновки.

1. На сьогоднішній день теоретичним і практичним питанням керування характеристиками вузлів СП та створенню працездатних керованих підвісок приділяється велика увага. Тим не менш, керування за допомогою відомих ТР поки що не отримало широкого розповсюдження, як на ТЗ, так і на ВГКМ. Причиною цього є складність конструкції, її висока вартість, уразливість та недостатня надійність.

2. Перспективним представляється шлях спрощення конструкцій вузлів керованих підвісок за рахунок використання нових альтернативних ТР та ФПД, з наступною можливою розробкою єдиного багатофункціонального робочого середовища ПЕ та ДП.

Аналіз проблем та прогнозування напрямків подальшого розвитку СП ВГКМ.

В останні роки точиться багато розмов про кризисні явища в розвитку бронетанкової техніки, а особливо у танкобудуванні. Вважається, що для їх подолання потрібен перехід від еволюційних змін до якісного скачку по всім головним системам ВГКМ.

Як показали теоретичні і експериментальні дослідження та закордонний досвід, подальший розвиток СП ВГКМ направлений на підвищення енергоємності, при одночасному зниженні ваги, збільшення повного ходу підвіски до 500...550мм, розробку ДП з поглинаючою потужністю 12...15кВт та їх застосування разом з потужними демпфіруючими підресорниками. Для торсіонних валів необхідно розробити нові марки високоміцних сталей, для ущільнень ДП необхідні нові теплозносостійкі еластоміри. Крім того, необхідно знайти нові засоби формування температурного поля та тепловіддачі від ДП. Повністю ліквідувати негативний вплив коливань корпусу при руху по пересіченій місцевості, забезпечивши ВГКМ нові бойові якості, можна лише за рахунок створення активної керованої СП. Однією з головних проблем ходової частини є недостатній ресурс опорних котків, який складає, в залежності від конструкції, 3500...6000км. Найбільш вагомою причиною цього є нерівномірність завантаження котків уздовж борту, що є наслідком повздовжно-кутових коливань підресореного корпусу машини [6].

Крім того, намітилася тенденція розширення функцій СП. Так, за допомогою системи регулювання положення корпусу машини забезпечується зменшення розмірів ВГКМ, як цілі, та покращення її маскування, збільшуються кути наведення озброєння, забезпечується зкорочення часу підготовки машини до повітряного десантування, покращується прохідність та збільшуються можливості подолання перепон.

Подальше удосконалення СП ВГКМ зіштовхується з істотними проблемами, серед яких наступні [7]:

1. Широка різноманітність дорожніх умов і робочих режимів руху, для яких СП повинна мати різні, часто суперечливі, характеристики ПЕ і ДП;

2. Висока теплова напруженість ДП при руху по пересіченій місцевості, що унеможливує збільшення середньої швидкості руху та знижує економічність;

3. Необхідність реалізації великих динамічних ходів підвіски із прогресивною характеристикою ПЕ, що призводить до ускладнень з компоновкою ходової частини і машини у цілому.

Рішення зазначених проблем іде по трьох напрямках: вибір оптимальних параметрів СП, керування характеристиками СП та використання нових альтернативних ТР і ФПД вузлів СП.

При вдосконалюванні СП шляхом вибору оптимальних параметрів необхідно: по-перше, визначити найбільш характерні дорожні умови і робочі режими руху, для яких проводиться параметрична оптимізація, для того, щоб в інших умовах і на інших режимах, отримані оптимальні параметри забезпечували б ще кращу або, принаймні, не гіршу якість підресорювання; по-друге, формалізувати часткові критерії якості роботи СП, які в більшості випадків є суперечливими, та зформувані на їхній основі узагальнений критерій якості. Дані питання повинні вирішуватися для конкретної ВГКМ із конкретним функціональним призначенням.

Крім цього, досвід показав, що на цей час, удосконалення СП шляхом вибору оптимальних параметрів у багатьох випадках себе вичерпало або дає незначний виграш. Істотно підвищити якість підресорювання можна лише керуючи характеристиками як ПЕ, так і ДП. Керування першими дає можливість зміщати резонанс коливань корпусу, тобто, зі збільшенням швидкості руху, переключатися з "жорсткої" характеристики на "м'яку" і переходити з дорезонансної зони, минаючи резонанс, відразу в зарезонансну, тим самим істотно підвищуючи плавність ходу. Керування характеристиками ДП дозволяє, для одних робочих режимів усунути шкідливий вплив ДП, який викликає збурення коливань, а для інших робочих режимів, здійснити їхнє ефективне гасіння, не доводячи ДП до перегріву.

Додатково до поліпшення плавності ходу і безпеки руху, керування характеристиками СП може підвищити економічність машини, оскільки в ДП, при русі по пересіченій місцевості, губиться до 10% потужності двигуна, хоча в деяких типах керування СП на їхнє функціонування витрачається до 30...40% цієї потужності.

Необхідно зазначити, що на цей час досі відсутній єдиний погляд на те, як та якими параметрами СП ВГКМ необхідно керувати для досягнення її найбільшої ефективності. Це стосується не тільки питань функціонування СП, а і техніко-економічного обґрунтування доцільності застосування систем керування СП ВГКМ. Тобто, необхідне проведення функціонально-вартісного аналізу цього питання. Саме тому, керування характеристиками СП за допомогою відомих ТР не одержало широкого поширення через складність, дорожнечу, уразливість та недостатню надійність.

Загальні висновки.

1. Подальше вдосконалення СП ТЗ, включаючи і ВГКМ, шляхом конструкторських розробок, що використовують традиційні матеріали і відомі ТР та ФПД, практично себе вичерпало;

2. З'явилися перспективні розробки вузлів СП, які використовують нові технології, матеріали та ТР, але відсутній системний аналіз і теоретичне обґрунтування методології синтезу нових перспективних ТР і ФПД;

3. Нові ТР та застосування нових матеріалів направлене на забезпечення і облегшення керування характеристиками вузлів СП;

4. При проведенні досліджень по підвищенню якості підресорювання, у кращому випадку, застосовується лише параметрична оптимізація, яка, внаслідок обмежень, що накладаються, часто вже не дозволяє на практиці більш-менш значимо поліпшувати якість роботи СП. Практично не розглядаються питання структурної оптимізації (пошуку оптимальних ТР) та синтезу нових ФПД, а існуючі математичні моделі та програмне забезпечення не пристосовані до вирішення цих задач і потребують переробки.

5. Поступово намічається новий перспективний напрямок, який можна охарактеризувати, як створення, на основі досягнень хімії, нового багатофункціонального робочого середовища, що замінить традиційні рідини і поверхні тертя у ДП та метал або

газ, як пружне середовище у ПЕ. До перших кроків у цьому напрямку можна віднести застосування магнітореологічних рідин у ДП та двофазних речовин у ПЕ. Це середовище повинне буде забезпечити декілька істотних позитивних ефектів, таких як:

– зміна у широких межах в'язкості під впливом магнітного поля, що істотно спростить систему керування характеристиками СП (відпаде необхідність у системі регулюючих клапанів та їх електричних або інших приводах);

– регулювання тиску всередині ПЕ шляхом використання речовини, яка поглинає і речовини, яку поглинають, коли процес поглинання першою речовиною другої залежить від температури (це приведе до спрощення системи регулювання положення корпуса, відмови від масляних баків, дозаторів та інш.);

– високу температурну стабільність характеристик СП, що приведе до відмови від спеціальних систем, які її підтримують.

Таким чином, використання зазначеного багатофункціонального робочого середовища дозволить, за рахунок ліквідації частини вузлів і агрегатів, знизити вагу СП, полегшить керування характеристиками підвіски і регулювання положення корпуса. За рахунок зменшення кількості механічних вузлів підвищиться надійність, що, в кінцевому підсумку, позначиться на підвищенні параметрів плавності ходу, середніх швидкостей руху на місцевості, збільшенні запасу ходу (за рахунок зниження витрат енергії на колювання корпуса) і дозволить створити ВГКМ, що відзначається істотно новими техніко-економічними характеристиками.

Література: 1. Анипко О.Б. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2008. – 196 с. 2. Веретенников А.И. Совершенствование основных боевых танков за последнее десятилетие / А.И. Веретенников, А.В. Палий // Механіка та машинобудування. – 1999. – №2. – С. 155–162. 3. Дущенко В.В. Критерии развития и показатели качества военных гусеничных и колесных машин; системный подход / В.В. Дущенко // Вестник НТУ «ХПИ», сб. науч. тр. Тематический выпуск: “Автомобиле-и тракторостроение”. – 2006. – №26. – С. 87–94. 4. Дущенко В.В. Функционально-физический анализ и построение конструктивной функциональной структуры систем поддрессоривания гусеничных и колесных машин / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 2005. – №1. – С. 140–145. 5. Дущенко В.В. Построение потоковой функциональной структуры систем поддрессоривания гусеничных и колесных машин / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 2006. – №1. – С. 126–135. 6. Направления развития ходовой части ВГМ / Ю.И. Брагин, П.А. Зенькович, Ю.Н. Истомин [и др.] // Вестник бронетанковой техники. – 1989. – №8. – С. 42–46. 7. Проблемы выбора параметров систем поддрессоривания транспортных средств и пути их решения: материалы Республ. научно-практич. конф. „Системотехника на автомобильном транспорте” / В.В. Дущенко, С.М. Воронцов. – Харьков: ХАДУ, – 1998. – С. 56–60.

Василенко О.В., Дущенко В.В.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЕСНЫХ МАШИН

На основе анализа новых технологий, материалов и технических решений, которые применяются при разработке перспективных узлов подвески военных гусеничных и колесных машин и транспортных средств в целом, сформулированы основные проблемы, способы их решения и спрогнозированы перспективные направления дальнейшего развития систем поддрессоривания военных гусеничных и колесных машин.

Vasilenko O.V., Dushchenko V.V.

PERSPECTIVE TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF SYSTEMS OF THE
CUSHIONING OF MILITARY CATERPILLAR AND WHEEL MACHINES

On the basis of the analysis of new technologies, materials and technical decisions which are applied by development of perspective units of a suspender of military caterpillar and wheel machines and vehicles as a whole, the basic problems, modes of their decision are formulated and perspective directions of the further development of systems of a cushioning of military caterpillar and wheel machines are predicted.
