

УДК 629.113.01: 623.43

О. П. Кондратенко, Г. М. Маренко, Р. О. Кайдалов

## ГІБРИДНІ МОДУЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ ВНУТРІШНІХ ВІЙСЬК МВС УКРАЇНИ

*Проаналізовано основні підходи до створення спеціальних (поліцейських) машин. Запропоновано кінематичні схеми гібридних машин.*

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку України мають місце реальні та потенційні загрози безпеці особі та суспільству. Це пов'язано, насамперед, з ускладненням соціально-політичної, економічної та криміногенної обстановок. Крім того, не виключені умови виникнення епідемій та епізоотій, аварій та катастроф.

Не менш серйозну небезпеку складають створені, але залишені без належного фінансування, об'єкти атомної енергетики, хімічної, біологічної промисловості, нафтогазопроводи, а також інші підприємства і об'єкти підвищеної небезпеки. Їх руйнування може призвести до значних людських жертв, завдати величезних збитків не лише економіці, але і навколишньому середовищу, спричинити масові заворушення, збройні конфлікти і зіткнення [1, 2].

Автомобільна, спеціальна та броньована техніка широко використовується під час режимних заходів (патрулювання, оточення району проведення спеціальної операції) та силових дій (блокування, розосередження) тощо. Разом з тим дотепер у внутрішніх військах використовується автомобільна техніка минулих років випуску, яка не завжди пристосована для виконання специфічних завдань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом світова спільнота все більшу увагу приділяє як охороні навколишнього середовища, так і застосуванню інших видів енергії для двигунів автомобільної техніки [3]. Обидва питання успішно вирішують відомі автомобільні концерни у нових розробках на базі сполучення двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) з електричним. Частка автомобілів з гібридною трансмісією постійно збільшується [4]. Крім легкових автомобілів випускають важкі вантажні автомобілі для потреб армії [5]. Є повідомлення про розробку гібридної модульної конструкції [6] та танка з гібридною трансмісією [7].

**Метою статті** є аналіз можливостей втілення сучасних розробок у автобронетанкову техніку внутрішніх військ з метою підготування пропозицій щодо структури та створення спеціальних машин різного призначення.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз світових публікацій свідчить, що основу парку спеціальної техніки складає автомобільна техніка, яку підрозділяють на:

- звичайні вантажні автомобілі й автобуси для перевезення особового складу;
- спеціальні швидкохідні поліцейські бронемашини, оснащені спецтехнікою та спецзасобами;
- спеціальні важкі поліцейські бронемашини з підвищеними можливостями виконання завдань з припинення безладь, затримання їх організаторів та активних учасників;
- інші спеціалізовані машини.

Під час розроблення конструкторсько-компонувальної схеми автомобіля постають питання вибору типу трансмісії та зручного компоновання всередині автомобіля, від чого залежать якість виконання завдання, термін прибуття до місця виконання завдання, ступінь втомлюваності особового складу та ін.

Фахівці зі зброї багатьох країн дійшли висновку, що на шасі однієї і тієї ж машини, наприклад бойової машини піхоти, можна створювати різні за призначенням "вироби". Можна замінити башту з малокаліберною гарматою та кулеметом або пусковим блоком ракет (протитанкових чи "земля – повітря"), або зовсім видалити озброєння і установити стандартні інженерні модулі. Такі модулі дозволяють створити зразки спеціальних машин, у тому числі броньованих бойових, як на колісному, так і на гусеничному ході. Отриману конструкцію можна назвати "модульна транспортна платформа" (МТП). Таким шляхом пішли шведські конструктори [6].

Обґрунтована система заміни центральної частини корпусу, що стикується з базовим шасі, дозволяє перетворювати МТП у тягач, санітарну машину, бронетранспортер для 12 піхотинців, ракетну пускову установку, командний пункт, машину розмінування, радар, розвідувальну машину, машину для хімічного та радіаційного аналізу і знезаражування, центр зв'язку, машину для радіоелектронної боротьби або самохідний міномет.

Незважаючи на зовнішню різницю, ці машини мають багато загальних блоків. Головна відмінність такої системи в тім, що стандартні модулі можуть бути замінені вже після виходу машини з конвеєра, у військах. Можна перетворювати майже на ходу розвідувальні броньовики на протитанкові установки або командні пункти.

Для цього всі модулі мають стандартизовані рознімання й замки, що з'єднують їх із шасі. Воно може бути колісним (повнопривідним, з формулою  $6 \times 6$ ) або гусеничним. Базові шасі також мають уніфіковані вузли. Головним є вибір системи приводу. У світі віддають перевагу гібридному приводу, де з'являються нові можливості – своєчасне відключення двигуна під час зупинки в транспортному потоці з можливістю продовження руху без повторного запуску, лише на енергії акумуляторної батареї; застосування механізму рекуперації – використання електродвигуна як генератора електричного струму для поповнення заряду акумуляторів, при цьому електродвигун створює активний опір і гальмує автомобіль.

Електродвигуни вбудовані в маточини кожного колеса. Це – гібридний привод з новими можливостями. Так, у колісному варіанті можна управляти обертанням кожного колеса окремо й виконувати, наприклад, танковий розворот на місці.

Як ілюстрацію можна навести комплектацію [6], показану на рис. 1, що на нашу думку є далеко не повною.

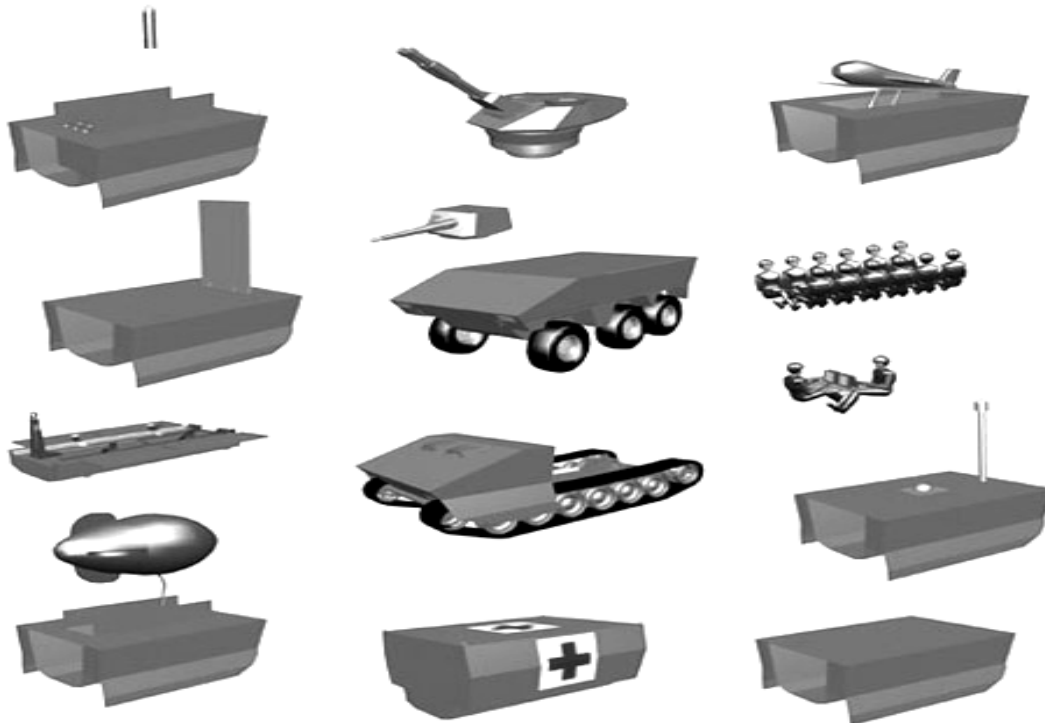


Рис. 1. Варіанти модулів для МТП

Запас енергії в акумуляторах дозволяє МТП якийсь час рухатися майже беззвучно, не включаючи дизель. Такий режим робить машину малопомітною в інфрачервоному діапазоні.

Зовнішній вигляд колісного та гусеничного варіантів може бути таким, як показано на рис. 2. Гусениці нерозривні – гумові або стрічкові. Застосовані матеріали й конструкція забезпечують такій гумовій гусениці вдвічі більший термін служби, ніж у сталевій, та значно меншу вагу й рівень шуму.

Висока гнучкість і надійність системи, менші витрати пального, кращі екологічні показники, висока ремонтпридатність у польових умовах, взаємозамінність вузлів машин різного призначення, менші експлуатаційні витрати, порівняно з існуючими БТР і БМП – головні переваги нової модульної схеми.

Як відомо, енергія тягового двигуна транспортного засобу (ТЗ) частково (17...18 %) витрачається на подолання опору кочення, аеродинамічного опору та на втрати в тяговому приводі. Значна частка енергії (майже половина) витрачається на численні розгони й гальмування. Саме тут є великий резерв скорочення її втрат [8].

Зазвичай енергія (а отже, і пальне), яка витрачається на розгін, безповоротно губиться у вигляді

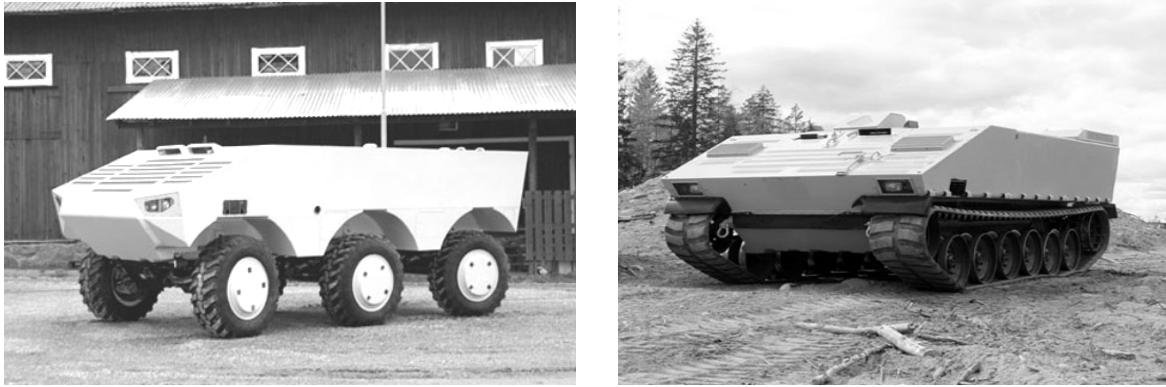


Рис. 2. Зовнішній вигляд колісного та гусеничного варіантів

теплової енергії при першому ж гальмуванні. Проблема в тому, щоб зберегти її, а потім, у процесі наступного розгону, використати. Для цього у ТЗ повинен бути спеціальний накопичувач-регенератор гальмування, здатний працювати в режимах накопичення та віддачі енергії. Отже, робота накопичувача сприятиме економії пального.

ДВЗ автомобіля з електромашинним генератором на валу разом з накопичувачем енергії працює в більш сприятливому режимі квазіпостійного навантаження, що призводить до помітного скорочення токсичних викидів в атмосферу разом з відпрацьованими газами. Тому ідея гібридного авто з використанням електричного накопичувача є достатньо перспективною.

Найбільш часто у ТЗ малого та середнього класу застосовується паралельна схема. При розгоні частина електроенергії надходить від акумулятора до електродвигуна, а при гальмуванні електродвигун, працюючи в режимі генератора, виробляє електроенергію для зарядки акумулятора. Передбачається також можливість зарядки акумуляторних батарей від електромережі.

Гібридний ТЗ або ТЗ із комбінованою енергетичною установкою (КЕУ) є щось середнє між автомобілем й електромобілем. У зв'язку з енергетичною кризою та екологічними проблемами в багатьох країнах були прийняті програми енергозбереження й охорони навколишнього середовища [9].

КЕУ із ДВЗ – найбільш реальний шлях покращення характеристик ТЗ у найближчому майбутньому, забезпечення більшої дальності пробігу й збереження існуючої інфраструктури заправлення. Електропривод може використовуватися як мотор-генератор, з'єднаний з колінчастим валом ДВЗ. Він дозволяє виключати ДВЗ при зупинці ТЗ і запускати ДВЗ по команді водія для початку руху (рис. 3).

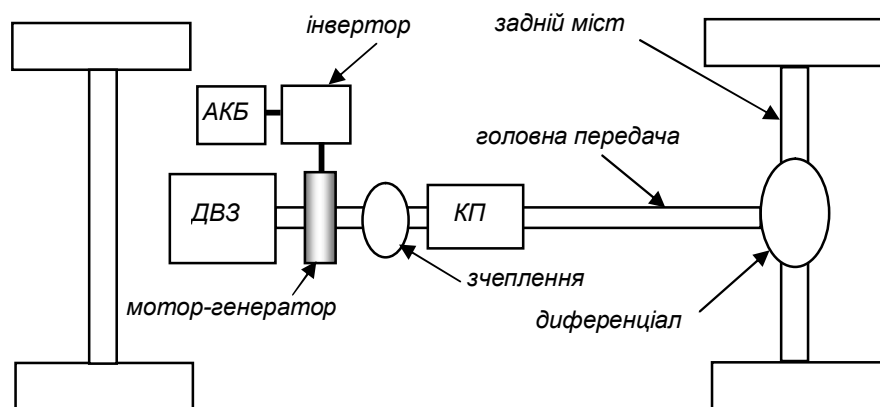


Рис. 3. Кінематична схема автомобіля з мотор-генератором

Мотор-генератор доцільно використовувати не тільки для швидкого пуску двигуна, але й для створення електротяги при рушанні ТЗ із місця. ДВЗ має високу паливну ефективність і малий рівень викидів тільки в обмеженому діапазоні частот обертання, тому доцільно відбирати від нього потужність лише після того, як машина вже набере деяку мінімальну швидкість.

Кращі результати й більшу гнучкість керування забезпечує схема з додатковими (крім мотор-

генератора) тяговим електродвигуном з інвертором, редуктором і механічною муфтою (з електронним керуванням), що дозволяє реалізувати той або інший вид підведення моменту до ведучих коліс. Паралельна схема гібридного ТЗ наведена на рис. 4.

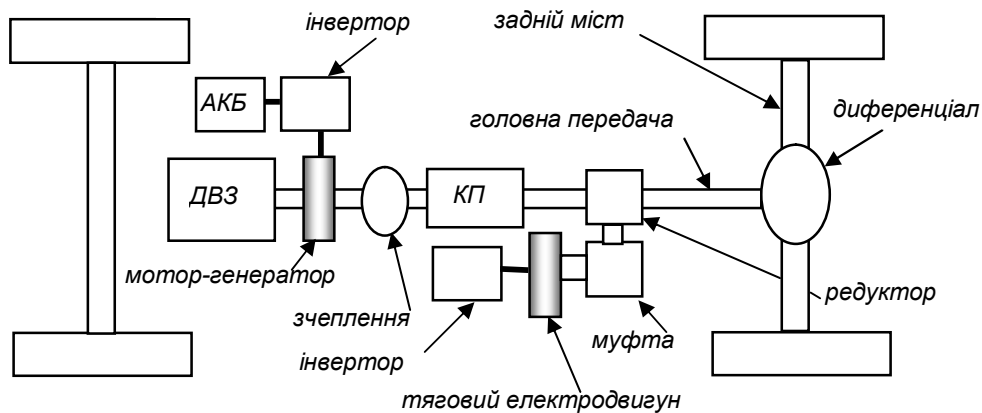


Рис. 4. Кінематична схема ТЗ із мотор-генератором і тяговим електродвигуном

У іншому варіанті паралельної схеми використані механічний (від ДВЗ) і електромеханічний (від мотор-генератора, акумулятора через інвертор і тяговий електродвигун) канали підведення моменту до різних ведучих коліс.

Застосовуються й змішані кінематичні схеми, у яких ДВЗ і мотор-генератор працюють на планетарну передачу [10].

У змішаній схемі вал ДВЗ і вал електромотора-генератора з'єднані з роздільними входами планетарного редуктора (таку схему ще називають "двопоточною"). Крім того, вихідний вал планетарного редуктора з'єднаний з валом тягового електродвигуна. Саме за змішаною схемою виконана більшість тягово-силових установок сучасних комерційних гібридних автомобілів.

Світовий досвід свідчить, що найбільший ефект досягається за умови використання гібридних ТЗ у міських умовах. При цьому види ТЗ різноманітні: легкові автомобілі, таксі й маршрутні автобуси, вантажні автомобілі та ін. За експериментальними даними витрата пального у місті гібридними ТЗ знижується на 25...30 %, в окремих випадках – до 60 % [11].

Разом з паралельними схемами існує також послідовна (рис. 5), у якій принципово відсутні кінематичні зв'язки між ДВЗ і ведучими колесами [3].

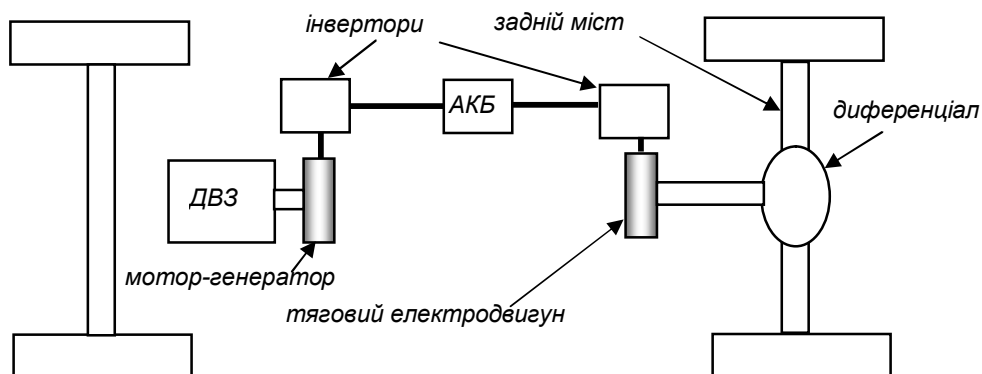


Рис. 5. Послідовна кінематична схема гібридного ТЗ

Оскільки при цьому ДВЗ не може передавати момент до ведучих коліс, то ймовірно, потужність, передана в буферний накопичувач, повинна бути не менше, ніж середня потужність, необхідна для руху ТЗ, а потужність та електромагнітний момент тягового електропривода повинні дорівнювати максимальній потужності й максимальному моменту рушіїв.

Виключення із привода коробки передач, зчеплення й карданного вала дозволяє істотно знизити

обертів маси та загальну масу силового устаткування. Оскільки коефіцієнт, який урахує обертові маси, пов'язаний з передаточним числом коробки передач квадратичною залежністю, зі зменшенням передаточного числа істотно знижуються умовна маса машини і необхідна для розгону потужність.

Конструкторів приваблює можливість більш вільного конструювання: не пов'язані з колесами ДВЗ і мотор-генератор можна розміщувати у найбільш зручному місці, навіть у причепі. Така схема гібридних машин дозволяє застосовувати нові конструкторські рішення, дає можливість виключити диференціал, який утруднює побудову системи керування рухом, погіршує керованість й прохідність ТЗ. Виникає можливість виключення механічних редукторів, що зв'язують ДВЗ із мотор-генератором та тяговий електропривод з ведучими колесами ("прямий" привід генератора і ведучих коліс). У гібридному ТЗ із мотор-колесами загальне зниження маси за рахунок виключення механічних вузлів, навіть з урахуванням додатково встановлюваних мотор-генератора й буферного накопичувача, може бути значним. Воно призводить до зменшення необхідної потужності ДВЗ і до додаткової економії пального. Остання може компенсувати втрати, пов'язані з подвійним перетворенням енергії.

В цілому ТЗ із КЕУ являє собою достатньо складний комплекс систем й агрегатів, що змінюється залежно від вимог, сформульованих під час його створення.

Першим етапом створення гібридного автомобіля є визначення мети і завдань. З огляду на специфіку роботи КЕУ в умовах виконання службово-бойових завдань, необхідно для одержання найбільшого ефекту максимально конкретизувати режими його експлуатації. Далі, після попередніх розрахунків, складають імітаційну комп'ютерну модель ТЗ із КЕУ, що дозволяє провести за відсутності макетного зразка автомобіля комплекс експериментально-дослідних робіт та значно скоротити час і фінансові витрати в період роботи над проектом.

Слід зазначити, що в імітаційному моделюванні необхідно використовувати комп'ютерні засоби графічного моделювання. Візуалізація логічних зв'язків і енергетичних потоків у КЕУ полегшує розуміння складної системи, що також скорочує час проектування. На базі такої моделі розробляють систему керування агрегатами гібридного автомобіля.

Наступним важливим етапом є реалізація на натурних об'єктах та агрегатах розроблених алгоритмів керування КЕУ. Для цього потрібен стендово-експериментальний комплекс, здатний відтворювати реальні умови роботи енергетичної установки під час руху ТЗ по автомагістралях загального користування та при виконанні специфічних завдань внутрішніх військ.

На заключному етапі проводять лабораторно-дорожні дослідні випробування автотранспортного засобу з оцінюванням придатності розробленої системи до експлуатації в реальних умовах.

Наявність усього комплексу матеріально-технічних й інтелектуальних засобів дозволить, використовуючи дану концепцію, реалізувати проекти зі створення гібридних автотранспортних засобів.

### **Висновки**

1. Застосування КЕУ – найбільш реальний шлях покращення технічних характеристик ТЗ. При цьому можливо забезпечити більшу дальність пробігу і зберегти існуючу інфраструктуру заправлення. Електропривод може використовуватися як мотор-генератор, з'єднаний з колінчастим валом ДВЗ. Він дозволяє виключати ДВЗ при зупинці і запускати його по команді водія для початку руху.

2. Середня потужність у циклі міського руху істотно, в 3...5 разів, менше необхідної для забезпечення максимальної динаміки розгону. Знаючи конкретні параметри машини, що розробляється, можна визначити оптимальне за витратою пального співвідношення потужностей ДВЗ й електропривода, а також їх оптимальні циклограми в типовому режимі руху. Це підтверджує наявність резервів зниження потужності ДВЗ.

### **Список використаних джерел**

1. Харофф-Тавель М. Вооруженное насилие и гуманитарная деятельность в городской местности: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.icrc.org/web/rus/siterus0.nsf/html/violence-interne-240708>.

2. Пасько В. Что лучше: чрезвычайное или военное положение?: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zn.ua/1000/1030/48733/>.

3. Гибридные автомобили и их компоненты (обзор зарубежной печати) // Мобильная техника. – 2003. – № 1 – 3.
4. Борух М. Два в одном / М. Борух // Автовосток. – 2008. – № 12.
5. Гибридный грузовик фирмы Oshkosh // Автосервис. – 2006. – № 5.
6. Тактический Splitterskyddad перевоплощается по-военному быстро: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.membrana.ru/articles/technic/2006/07/12/191700.html>.
7. Троицкий Н. И. Современное состояние и концепция дальнейшего развития силовых установок боевых бронированных машин / Н. И. Троицкий, Т. Н. Смирнова, Т. М. Подгаецкий: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://engine.aviaport.ru/issues/49/page06.html>.
8. Златин П. А. Электромобили и гибридные автомобили / П. А. Златин, В. А. Семенов, И. П. Ксенович. – М. : Агроконсалт, 2004.
9. Титков А. И. От концепции – к стратегии развития автомобильной промышленности России в первой четверти XXI века / А. И. Титков // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 2.
10. Как работает планетарная трансмиссия // Популярная механика. – 2005. – № 8.
11. Гурьянов Д. И. Сравнительная оценка трансмиссий гибридного автомобиля / Д. И. Гурьянов, В. И. Строганов // Автотракторное электрооборудование. – 2004. – № 5.

*Стаття надійшла до редакції 17.11.2010 р.*