
**THE DEVELOPMENT OF A HEAVY CLASS COMBAT ROBOTIC GROUND COMPLEX
BASED ON THE BTR-4E ARMORED PERSONNEL CARRIER**

V. Glibov, V. Zhadan, V. Korolev, I. Mormylo, S. Strimovskiy, O. Volkovoi, Y. Hanzera, V. Lypovets, S. Folyin

The article considers the development of a heavy-class robotic ground combat system based on the BTR-4E armored personnel carrier.

Analysis of samples the heavy class combat robotic ground complexes showed that they can be developed on the basis of serial crewed military vehicles HMMWV (AM General), M-ATV (Oshkosh), BMP-3 (Russia), T-72 (Russia), M113 (Israel), Patria AMV (Finland) or create a new design MDARS (AM General), Black Knight (BAE Systems), "Uran-9" (Russia), TYPE-X (Milrem Robotics). They are made on a tracked or wheeled platform. What unites this class of robotic ground combat systems is a remotely controlled combat module with a 25-30 mm cannon, anti-tank guided missiles, a machine gun and a grenade launcher, which can be controlled from a distance.

A comparative analysis of the tactical and technical characteristics the BTR-4E armored personnel carrier with military vehicles with a 30 mm cannon in service with the Armed Forces of Ukraine has been performed. As a result, the choice of BTR-4E armored personnel carrier as the basic crew unit for the construction of a heavy class robotic ground combat system has been substantiated.

The analysis of the design of control drives of the power plant, transmission, braking system, steering system and combat module installed on the BTR-4E armored personnel carrier was carried out in terms of the possibility of implementing remote control of movement and fire.

The structure of a combat ground robotic complex based on the BTR-4E armored personnel carrier with different variants of remote control panels, means of establishing communication channels and construction of a remote control station is proposed.

For example, the driver's remote control panel may be designed on the basis a tablet or on the basis a simulator for full simulation of control commands. Remote controls for the commander and gunner can be designed on the basis of regular controls and be similar to them for quick training of the crew to work.

Communication between remote control units and the controlled armored personnel carrier can be arranged using ultrashort-wave radios or via the 4G, 5G mobile network.

The remote control point can also be developed on the basis a BTR-4E armored personnel carrier, a military vehicle or deployed on the ground. It depends on the concept of application of the heavy class combat ground robotic complex.

Keywords: combat robotic ground complex, remote control, armored personnel carrier, combat module, remote control.

УДК 629.3.01

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.27.2022.10-18>

Л.В. Крайник¹, А.В. Кіхтан², В.Ф. Кохан³, М.Я. Волощук³

¹АТ «Укравтобуспром», Львів

²Львівський національний університет природокористування, Львів

³Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

Article history: Received 12 September 2022; Revised 16 September 2022; Accepted 25 October 2022

**КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ГІБРИДНОГО ПРИВОДА
АВТОМОБІЛЯ ВИСОКОЇ ПРОХІДНОСТІ**

Гібридний привод знаходить зростаюче розповсюдження та вже присутній практично у більшості класів нової модельної генерації військової автомобільної техніки (ВАТ) країн НАТО, РФ, КНР. Головною перевагою гібридного привода ВАТ є насамперед суттєве зниження можливості локації руху у звуковому та інфрачервоному спектрах частот під час руху на електротязі з вимкненням двигуном внутрішнього згоряння, а також збільшення запасу ходу за рахунок зменшення лінійної витрати моторного палива. Метою дослідження є формування загальної структури – схеми гібридного привода автомобіля високої прохідності для бездоріжжя та оцінка базових необхідних параметрів агрегатів силового привода з урахуванням особливостей руху бездоріжжям. З аналізу тенденцій розвитку військових баггі та сфер використання в сучасних умовах війни та нагальної потреби машин цього класу на фронті визначено доцільність фактично двоетапної реалізації модифікацій з гібридним приводом для ЗСУ надлегкого вітчизняного баггі ТУР КВ 02 “Мамай”, що відповідає нормативним вимогам базових країн НАТО щодо колісної техніки переднього краю та забезпечує відповідну мобільність руху бездоріжжям.

В основу гібридного привода ВАТ, на відміну від серійних легкових автомобілів та кросоверів, покладено послідовну (seriell) схему з можливістю зовнішньої зарядки plug-in, а також використання гібридного привода як автономного джерела електроживлення інших споживачів у польових умовах. На 2-му етапі розвитку гібридного привода баггі ТУР КВ02 “Мамай” передбачено оновальну схему розміщення агрегатів привода з можливістю короткочасового одночасного підключення ведучих коліс як тягового електродвигуна, так і двигуна внутрішнього згоряння з синхронізацією їхніх швидкісних режимів для проїзду важкого бездоріжжя чи збільшення динаміки розгону. Ємність батарей формується необхідним запасом автономного ходу на електротязі типовим бездоріжжям в районі бойового застосування. Блок тягових батарей – легко замінний в умовах місць постійної дислокації та має підвищену захищеність щодо попадання води при нетривалих форсуваннях незначних водних перепон та передбачає і варіант балістичного захисту рівня Level 1 STANAG 4589.

Ключові слова: бездоріжжя, автомобіль високої прохідності, гібридний привід, баггі.

Постановка проблеми

Гібридний привід, на відміну від батарейного електропривода (BEV – Battery Electric Vehicle), знаходить зростаюче розповсюдження та вже присутній практично у більшості класів нової модельної генерації військової ВАТ країн НАТО, перехід на яку розпочався буквально 4 – 6 років тому і орієнтовно стільки ж ще триватиме. Однак головним лейтмотивом застосування гібридного привода у цій сфері звично є не пріоритет екології (сучасні тактичні автомобілі 2020-22 рр. випуску обмежені здебільшого нормою “Євро-3” з механо-гідрравлічними системами живлення дизельних двигунів, завадостійкими до засобів радіоелектронної боротьби, на відміну від мікропроцесорних). Головною перевагою гібридного привода є насамперед суттєве зниження можливості локації руху ВАТ у звуковому та інфрачервоному спектрах частот під час руху на електротязі з вимкненим двигуном внутрішнього згоряння, а також збільшення запасу ходу за рахунок зменшення лінійної витрати моторного палива [1-3 та інші]. Зрештою і для інших повноприводних автомобілів високої прохідності бездоріжжям умови

роботи і формування структури та базових характеристик гібридного привода суттєво відрізняються у порівнянні з масовими автомобілями (включно і кросовери SUV) загального призначення.

Аналіз досліджень і публікацій

Звично, що інформаційних матеріалів щодо конкретних конструкцій та досліджень гібридного привода власне ВАТ у відкритих джерелах є обмаль, зрештою і промислове виробництво таких машин розпочалося з 10–15-річним запізненням у порівнянні з гібридними автомобілями загального призначення. Разом з тим слід констатувати, що в арміях США, Франції, Великобританії, Ізраїлю колісна автотехніка з гібридним приводом уже поповнює парки, насамперед у легкому та надлегкому класах (L-ATV – Light Allterrain Vehicles та UL-ATV за класифікацією НАТО, у т.ч. і гібридна модифікація найбільш масових у найближчому майбутньому важкого джипа Oshkosh L-ATV та баггі Polaris [3-6]. У 2022 р. запуснені у серійне виробництво і військові баггі з гібридним приводом Krampus у близькій до нас Литві (рис. 1) [7].



Рис. 1. Військове баггі з гібридним приводом “Krampus” (Литва)

Відомо також про інтенсивні роботи по військовому баггі з гібридним приводом (у доповнення до вже існуючих серійних “Чаборз” і “Сармаг” на

агрегатах ВАЗ 2121 “Нива”) російським концерном «Калашников» [8]. З аналізу відомих досліджень у сфері гібридного привода [9–10] можна прийти до

висновку щодо доцільності використання на даному класі автотехніки власне послідовної схеми (serieller hybrid) з можливістю зовнішньої підзарядки батареї (Plug-in Hybrid) [11]. Разом з тим власне для цього класу машин можливе використання, як свідчать результати дослідження [12], і дещо незвичної для

серійних авто з гібридним приводом складнішої схем із можливістю додаткового підключення у складних умовах руху двигуна внутрішнього згоряння до привода коліс через механічне з'єднання вала генератора з валом тягового електродвигуна – так званого Mischhybrid (Plug-in) (рис. 2).

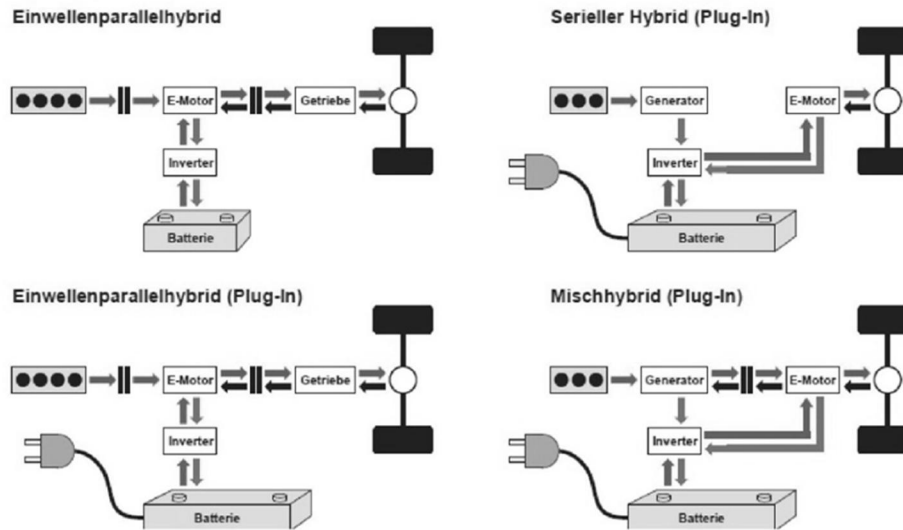


Рис. 2 Серійна та модифікована схеми гібридного привода ВАТ

Остання однак накладає певні обмеження на послідовне компонування всіх агрегатів силового привода. Дещо іншої конфігурації ця схема опрацьована на модифікації найбільш масової моделі військового баггі “Polaris” – з можливістю механічного підключення через зчеплення двигуна внутрішнього згоряння з генератором до привода задньої осі (паралельно до тягового електродвигуна).

Мета та постановка задачі

Метою дослідження є формування загальної структури – схеми гібридного привода автомобіля високої прохідності для бездоріжжя та оцінка базових необхідних параметрів агрегатів силового привода.

Результати дослідження

Сучасні вимоги до тактичних автомобілів суттєво відрізняються від ще звичних з часів СРСР ГОСТа В 25579 – 83 “Автомобілі багатопільового призначення. Загальні технічні вимоги”, де окрім кліренсу близько 400 мм (що не забезпечується у баггі на агрегатах ВАЗ “Нива” – “Чаборз” та “Сармат”) та інших суттєво вищих вимог щодо показників прохідності, закладено і значне збільшення нормативної максимальної швидкості – понад 105 км/год [14]. Поряд з умовою забезпечення руху бездоріжжям з низькою несучою здатністю та регламентованими підйомами (спусками) це обумовлює (залежно від питомої потужності привода) у більшості випадків застосування і двоступеневої роздавальної

коробки, (природно з можливістю блокування між-осьового диференціала). Очевидно, що визначення передатного числа понижуючої передачі повинно базуватись на можливості реалізації максимального крутного моменту тягового двигуна у зоні максимально допустимих з умов віброколивних навантажень на організм людини швидкостей руху складним, розмоклим бездоріжжям.

Слід констатувати фактичну відсутність єдиної, загальноприйнятої методики розрахунку – оцінки передатного числа понижуючого ступеня роздавальної коробки повноприводних автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння [15-17]. Акцент на забезпечення максимальної тяги – максимального крутного моменту двигуна при відповідній частоті обертання колінчатого вала не забезпечує використання максимальної потужності, що відповідно обумовлює зниження теоретично можливих максимальних швидкостей руху – мобільності руху важким бездоріжжям. З іншого боку акцент власне на максимальну потужність двигуна обумовлює потенційне погіршення прохідності як здатності проїзду певного бездоріжжя чи підйому через зменшення тяги.

Використання сучасних тягових двигунів електромобілів певним чином дозволяє звести ці дві вимоги щодо використання максимальних потужності і моменту практично до однієї – роботи електродвигуна у зоні частоти обертання – переходу від зони сталого тягового моменту до зони сталої потужності (рис. 3).

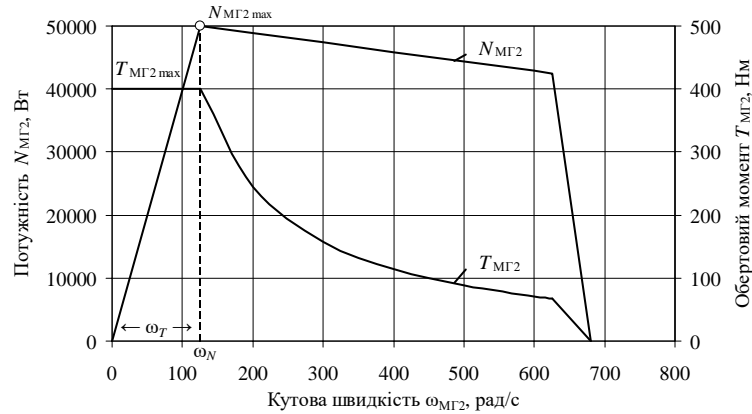


Рис. 3. Типова характеристика тягового електродвигуна (на прикладі Toyota)

З іншого боку, власне ця зона частоти обертання є визначальною і для забезпечення заданої максимальної швидкості руху на автодорозі з твердим покриттям, тобто вибору – розрахунку передатного числа головної передачі (при логічній технічній умові вищого, прямого ступеня у роздавальній коробці). Таким чином, доцільно визначити і передатне число пониженої передачі роздавальної коробки (попри неоднозначність відомих 4 достатньо різних методик вибору в сучасній теорії автомобіля [17]) – при умові задання бажаної максимальної швидкості руху типовим бездоріжжям, обмеженої досягненням гранично допустимого рівня віброколивних навантажень на водія (екіпаж). Це значення швидкості визначальним чином формується робочими характеристиками підвіски конкретного автомобіля, включно і амплітудою повного ходу колеса – так званий пробій при досягненні переміщення важеля верхнього демпфера-обмежувача ходу (власне пік навантажень на водія (екіпаж)) так і досягненням нижнього обмежувача при ході відбою і потенційної втрати контакту шини з опорною поверхнею – стійкості і керованості руху.

З вищенаведеного аналізу обмеженої інформації щодо власне ВАТ високої прохідності як з гібридним

приводом, так і дизельним, можна констатувати наявність (у т.ч. і нормативних) двох порогових вимог щодо максимальних швидкісних режимів руху для колісних машин 1-го та 2-го ешелонів (переднього краю та вогневої підтримки):

- не менше 105-120 км/год на дорогах з асфальтобетонним покриттям (у т.ч. через обмеження швидкісних режимів шин із всюдихідним протектором та централізованою системою регулювання тиску повітря);

- у діапазоні 40-60 км/год при русі твердим бездоріжжям на місцевості (з обмеженням нормативно допустимого рівня віброколивних навантажень на екіпаж).

Щодо схем гібридного привода власне військових багті рис. 4 надано запатентовану схему найбільш масового в арміях НАТО багті Polaris послідовно-змішаного типу (mischybrid) (рис. 2) з можливістю підключення двигуна внутрішнього згорання через фрикційне зчеплення до привода задньої осі (рис. 4).

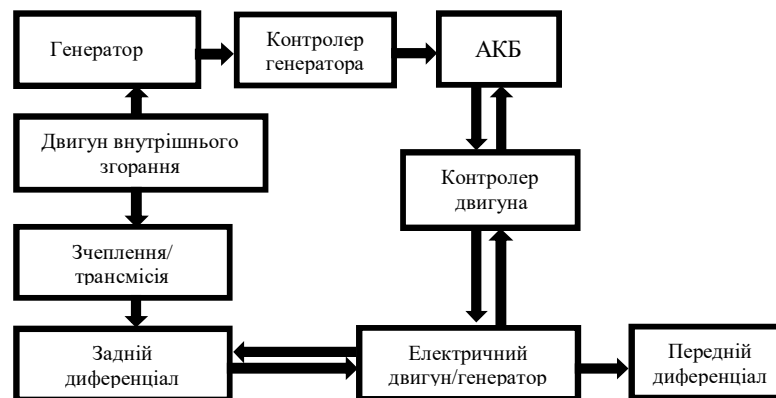


Рис. 4 Структура гібридного привода багті Polaris

Звично, це не є підключенням двигуна до повного привода обох осей, але з умов прохідності розмоклим бездоріжжям задня вісь їде по уже прокладеній колії з ущільненою опорною поверхнею і дозволяє

реалізувати більші тягові зусилля по запасу зчеплення шин з дорогою, що є кращим варіантом у порівнянні з підключенням двигуна тільки до передньої осі.

З аналізу тенденцій розвитку військових баггі та сфер використання [19–20] в сучасних умовах війни та нагальної потреби машин цього класу на фронті (з неминучими бойовими втратами) впливає

доцільність фактично двоетапної реалізації модифікацій з гібридним приводом для ЗСУ надлегкого баггі “Мамай” (рис. 5):



Рис. 5. Надлегкий тактичний баггі ТУР КВ 021 “Мамай” для ДШВ та ССО ЗСУ

- на першому етапі, з врахуванням реалій ресурсу в умовах бойових дій та проблем з логістикою імпорту необхідної комплектації, використання відновлених комплектів гібридного привода Toyota Prius 3-го покоління з парку декількох сотень виведених з експлуатації автомобілів МВС та додатково завезених з США, що потребують ремонту;

- паралельно розробка та підготовка виробництва гібридного привода послідовно-змішаної схеми з

максимальним використанням агрегатів вітчизняного виробництва – дизельних двигунів ДТ 4НА заводу ДП “ЗіМ” та генератора і тягового електродвигуна (у так званій версії “Слов’янка”) виробництва ДП “Електроважмаш”, інверторів ТОВ “Діада” та СКД - комплектації літій-іонних батареї із заводів у ЄС (Польща).

Схема гібридного привода Toyota Prius 3-го покоління (рис. 6),

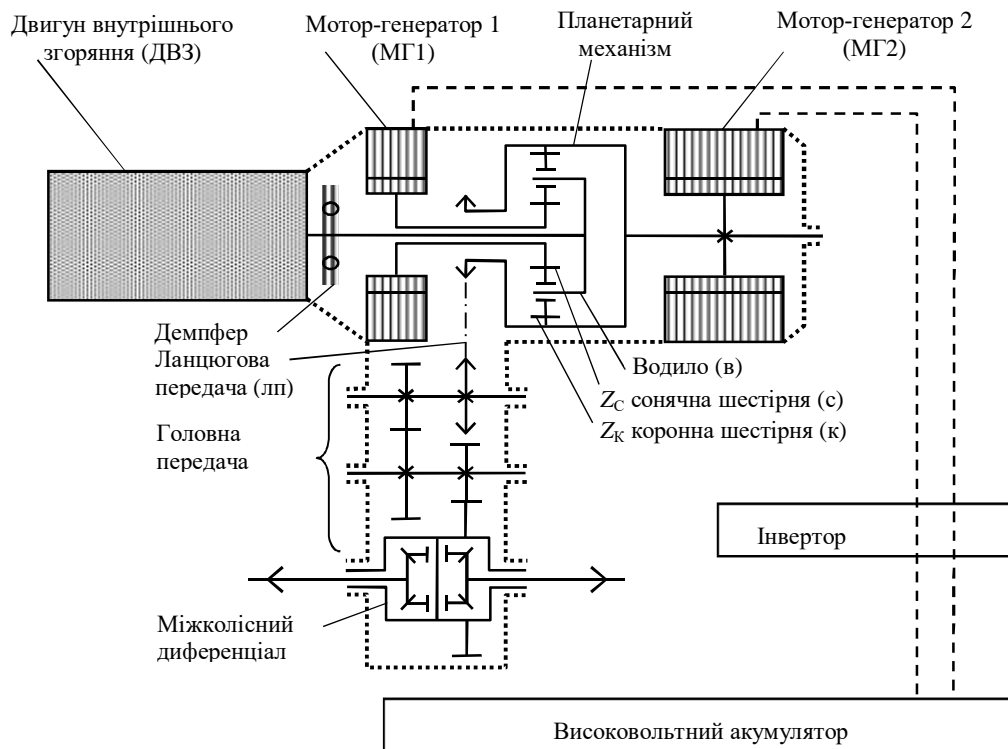


Рис. 6. Схема гібридного привода Toyota Prius 3-го покоління [9]

дозволяє використовувати тяговий електродвигун як базовий при відключеному двигуні внутрішнього згоряння, що є основною умовою використання гібридного привода у військових діях через кардинальне погіршення локації руху машини тепловізорними системами ворожої техніки (зрештою не тільки у інфрачервоному спектрі частот, але і у звуковому – рівень шуму роботи електродвигуна на порядки менший у порівнянні до двигуна внутрішнього згоряння). Звично, що даний привод необхідно укомплектувати новим комплектом батарей значно більшої ємності (з умов відчутно більшого запасу ходу та опору (енергозатратності руху, бездоріжжям) та системами зовнішньої зарядки (plug-in) і можливості зовнішнього відбору електроенергії у польових умовах.

Звично, що ця схема актуальна для монопривода – щодо багті – це задня вісь, навантаження на яку при заднемоторній компоновці (рис. 5) є більш стабільним (окрім цього заднемоторна компоновка балістично менш уразлива та дозволяє зменшити навантаження на передню вісь, що сприяє підвищенню прохідності). На базі відомих досліджень моделювання руху автомобіля з гібридним приводом паралельної схеми [21], автобуса з гібридним приводом послідовної схеми [22] і руху бездоріжжям з деформацією опорної поверхні [23] у програмному середовищі Matlab Simulink опрацьовано відповідна програма оцінки енергозатратності руху (кВт. год/100 км) багті “Мамай” повної бойової маси декількома характерними типами бездоріжжя у діапазоні швидкостей 50 – 60 км/год (кліренс машини – 400 мм, амплітуда повного ходу незалежної підвіски на поперечних важелях до гумових демпферів-обмежувачів – 330 мм, що відповідає нормативним вимогам базових країн НАТО щодо колісної техніки переднього краю [14] та забезпечує відповідну мобільність руху). Як типові бездоріжжя були обрані горизонтальні ділянки практично без трав’яного покриття суглинку вологістю близько 23-25% та супіску з глибиною залягання >1,5м вологістю близько 15% (значення показника деформації поверхонь СІ відповідно 610 та 400 кПа [23]), типові для півдня та частини сходу України та наявні на випробувальному полігоні ЗСУ (з умов подальшої експериментальної оцінки адекватності отриманих результатів). Очевидно, що найбільш складними видами бездоріжжя є чорнозем під час переходу зима-весна та розмокла рілля, однак вони мають короткочасовий сезонний характер, відомо, що опір рухові у цих випадках збільшується у 1,8 – 2,5 разу у порівнянні з вищезгаданими типами бездоріжжя (а відповідно, і запас ходу на електротязі при незмінній ємності батарей).

Значно менші навантаження у контактї шин (повнорозмірних з всюдихідним рисунком протектора на 16-дюймових дисках (рис. 5.) багті з опорною поверхнею (практично у 6 – 8 раз у порівнянні до звичних військових автомобілів КраЗ (КамАЗ)) зумовили значне підвищення технічно можливих швидкостей руху КВ 021 на обох типах бездоріжжя (суглинок та супісок) – відповідно до 38,3 та 42,6 км/год (КамАЗ 4310 згідно з результатами моделювання руху та експериментальних досліджень згідно з [23] – 7,6-9,8 та 8,7-11 км/год). Затрати потужності на переборення сумарного опору руху для обох типів бездоріжжя при повній масі багті (1,45 т) не перевищували 50 кВт – для усталеного руху, що дозволило констатувати реальність використання на першому етапі реалізації гібридного привода КВ 021 “Мамай” тягового електродвигуна МГ2 від Toyota Prius (рис. 2, 6). Разом з тим суттєве збільшення опору рухові зумовило 5,5–7,5 разове збільшення енергозатратності руху у порівнянні до асфальто-бетону, що зумовлює необхідність інсталяції батарей для забезпечення 20-ти кілометрового запасу ходу для даних типів бездоріжжя ємністю 6-8 кВт. год. Очевидно, що реально ємність батарей необхідно формувати більшою – як з умов збереження 15-20% запасу зарядки – довговічності сучасних літій-іонних батарей, зниження ємності пропорційно зниженню температури довкілля, а також беручи до уваги, що дане значення отримано для горизонтальної поверхні, реально енергозатратність руху на підйомах зростає у декілька разів (аналогічно і при розгонах – набору швидкості), а ефективність рекуперації енергії на спусках і у фазі сповільнення не перевищує 40% кінетичної енергії машини. Це підтверджується і аналізом ємностей батарей легких тактичних автомобілів армії США (щоправда у 3-4 рази важчих та відповідно з більшим навантаженням на ґрунт), де однак і запас ходу подано від 12 до 32 миль (x1,6 у км) [2].

Висновки

Очевидна необхідність в умовах війни поставок і прийняття на озброєння ЗСУ надлегких ударних автомобілів типу «багті» зумовлює відповідне розгортання промислового виробництва машин цього класу, у т.ч. модифікацій з гібридним приводом – можливістю автономного запасу ходу на електротязі з умов мінімізації локації переміщення тепловізорами противника і звукового поля роботи двигуна внутрішнього згоряння. ЗСУ залишилися чи не єдиною армією у Європі (за винятком Молдови і Косово), що немає прийнятих офіційно на озброєння машин цього типу. Сусідні Польща, Литва, Румунія,

Угорщина, РФ і інші впродовж останніх 2-5 років вже організували власні промислові виробництва і поставили на озброєння машини цього класу [19].

Схема гібридного привода ВАТ докорінно відрізняється від загальноорозповсюдженої паралельної (одновальної) (рис. 2) повноприводних кросоверів, що продиктовано іншою (ніж екологія, що підтверджується і використанням двигунів класу не вище «Євро-3», стійкіших до засобів радіо електронного ураження) парадигмою і умовами використання привода у військовій сфері. Окрім можливості підзарядки батареї привода від мережі 380В необхідна система зарядки і від побутової мережі 220В (з врахуванням реалій театру воєнних дій) та можливість використання батареї як джерела електроживлення сторонніх споживачів у польових умовах. Окрема увага водо захищеності систем електропривода із умов проїзду калюж, невеликих водних перешкод і т.п.

Гібридний привод уже став практично обов'язковим варіантом оснащення нового покоління ВАТ 1-ї та 2-ї зон військових дій практично в усіх класах тоннажності і варіантів навісного обладнання, включно і надважкого класу бойовою масою понад 30-36 т [24].

Список літератури

1. Kramer D. and Parker G. Current State of Military Hybrid Vehicle Development. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 2011, Vol. 3, № 4. pp. 369-387 DOI: [10.1504/IJEHV.2011.044373](https://doi.org/10.1504/IJEHV.2011.044373) (дата звернення 04.05.2022).
2. Giesbrecht J. Feasibility of Hybrid Diesel-Electric Powertrains for Light Tactical vehicles. *Defence Research and Development Canada DRDC-2018-D049*, June 2018. 21p. URL: https://cradpdf.drcd-rddc.gc.ca/PDFS/unc319/p807529_A1b.pdf (дата звернення 04.05.2022).
3. News. Army hybrid vehicles power forward. 21 July 2021 p. URL: <https://www.army.mod.uk/news-and-events/news/2021/07/army-hybrid-vehicles-power-forward/> (дата звернення 04.05.2022).
4. Oshkosh. Oshkosh unveiled a silent JLTV hybrid. 25 January 2022. URL: <https://oshkoshdefense.com/oshkosh-defense-unveils-first-ever-silent-drive-hybrid-electric-jltv/> (дата звернення 06.05.2022).
5. Lucas Cooney. Polaris Working an Hybrid UTV. 15 December 2017 p. URL: <https://www.atv.com/blog/2017/12/polaris-working-hybrid-utv.html> (дата звернення 06.05.2022).
6. Project. TOMCAR- TX Multi-Purpose All-Terrain Vehicle. 18 January 2021. URL: <https://www.army-technology.com/projects/tomcar-tx-multi-purpose-all-terrain-vehicle/> (звернення 06.05.2022).
7. Dylan Malyssov. Lithuanian company develops hybrid electric buggy for special forces. 3 November 2020. URL: <https://defence-blog.com/lithuanian-company-develops-hybrid-electric-buggy-for-special-forces/> (дата звернення 06.05.2022).
8. Сергій Грищенко. «Калашников» представив баггі – гібрид для військових. 25 серпня 2018 URL: <https://www.abw.by/novosti/industry/206022> (дата звернення 09.05.2022).
9. Бажинов О. В. та ін. Гібридні автомобілі: навч. посіб.; за заг. ред. О. В. Бажинова. Харків: ХНАДУ, 2008. 327с.
10. Chris Mi, M. Abul Masrur and David Wenzhong Gao. *Hybridfahrzeuge: Grundlagen und Anwendungen mit Perspektiven fuer die Praxis*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2014 512 p. ISBN: 9783527336623.
11. Крайник Л. В., Кіхтан А. В. Гібридний привід автомобіля для бездоріжжя. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали X-ої міжнарод. наук.-тех. інтернет конф.* (м. Вінниця, 14-15 квітня 2022 р). Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 175-177.
12. Balazs A. *Optimierte Auslegung von ottomotorischen Hybridantriebssträngen unter realen Fahrbedingungen*: Dissert. Dr-Ing.: RWTH Aachen, 2015. 176 p. URL: <https://d-nb.info/1125972904/34> (дата звернення 04.05.2022).
13. Polaris. Polaris Government & Defence Vehicle. 2022. URL: <https://military.polaris.com/en-us/> (дата звернення 04.05.2022).
14. Грубель М. Г., Крайник Л. В., Андрієнко А. М. Основи формування національної нормативної бази щодо прохідності колісної військової автомобільної техніки. *Системи озброєнні і військова техніка*. Харків, 2020. № 2 (62). С. 7-17. DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.62.01> (дата звернення 04.05.2022).
15. Афанасьев Б. А., Жеглов Л. Ф. и др. Проектирование полноприводных колесных машин: в 3 т.; под ред. А. А. Полуняна. Москва; МГТУ им. Н. Баумана, 2008. Т. 2. 528 с.
16. Wong Y.J. *Theory of ground vehicle*. Mc-Graw Hill Book Co., London - New-York, 1993. 423 p. ISBN: 978-0-470-17038-0
17. Крайник Л., Сенишак М. Особливості вибору передатних чисел роздавальної коробки трансмісії автомобіля високої прохідності. *Problems with transport flows and directions for their solution: theses of reports of the 4th All-Ukrainian Scientific and Theoretical Conference*. (Lviv. March 25–26, 2021). Lviv: LLC "Halytsky Publishing Union", 2021. pp. 105–106. ISBN: 978-617-7809-69-1
18. Hybrid utility vehicle: пат. 20170355259A1 US: B60K 6/52 (2007. 10) BOOL 7/14 (2006. 01.) №: 15/61, 483; заявл. 2017-06-05; опубл. 2018-11-06, Бюл. № US10118477B2. 75 p. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/14/01/9c/17a454cc04e128/US20170355259A1.pdf> (дата звернення 04.05.2022).
19. Крайник Л. В., Грубель М. Г., Дубно М. В. Аналіз розвитку та формування концепції створення спеціальних ударних автомобілів. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. Харків, 2017. № 5. С. 140-145. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_5_28 (дата звернення 04. 05. 2022).
20. Русіло П. О., Костюк В. В., Варванець Ю. В. Аналітичний огляд світових тенденцій розвитку легкових автомобілів підвищеної прохідності типу "БАГГТ". *Військово-технічний збірник*. Львів, 2015. № 12. С. 69-74. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb_2015_12_15 (дата звернення 04.05.2022).

21. Матейчик В. П., Цюман М. П., Яновський В. В., Руденко Д. Є. Особливості конверсії автомобіля з ДВЗ в гібридний автомобіль. *Вісник Національного транспортного університету*. Київ, 2017. № 3. С. 87-96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2017_3_13 (дата звернення 04.05.2022).

22. Крайник Ю. Л., Гула О. І. Моделювання динаміки та енергетики циклічного руху міського автобуса з різними типами привода. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Динаміка, міцність та проектування машин і приладів*. Львів, 2015. № 820. С. 53-57. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPDM_2015_820_9 (дата звернення 04.05.2022).

23. Грубель М. Г., Крайник Л. В., Хома В. В. Імітаційне моделювання руху колісної військової автомобільної техніки бездоріжжям та оцінка його адекватності. *Автомобільник України*. Київ, 2020. № 2. С. 21-28. DOI: [10.30748/soivt.2019.60.01](https://doi.org/10.30748/soivt.2019.60.01) (дата звернення 04.05.2022).

24. Mittal V., Novoselich B., Rodriguez A. Hybridization of US Army Combat Vehicles. *SAE Technical Paper 2022-01-0371*. DOI: <https://doi.org/10.4271/2022-01-0371> (дата звернення 04.05.2022).

References

1. Kramer D. and Parker G. (2011), Current State of Military Hybrid Vehicle Development. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*. 2011. Vol. 3, № 4. pp. 369-387 DOI: 10.1504/IJEHV.2011.044373 (Accessed 4 May 2022).

2. Giesbrecht J. (2018), Feasibility of Hybrid Diesel-Electric Powertrains for Light Tactical vehicles. *Defence Research and Development Canada DRDC-2018-D049*. 21p. URL: https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc319/p807529_A1b.pdf (Accessed 4 May 2022).

3. News. (2021), "Armiys'ki hibrydni transportni zasoby" [Army hybrid vehicles power forward]. URL: <https://www.army.mod.uk/news-and-events/news/2021/07/army-hybrid-vehicles-power-forward/> (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].

4. Oshkosh. Oshkosh unveiled a silent JLTV hybrid (2022), 25 January 2022. URL: <https://oshkoshdefense.com/oshkosh-defense-unveils-first-ever-silent-drive-hybrid-electric-jltv/> (Accessed 6 May 2022).

5. Lucas Cooney. (2017), "Polaris pratsyuye na hibrydnomu UTV" [Polaris Working an Hybrid UTV] URL: <https://www.atv.com/blog/2017/12/polaris-working-hybrid-utv.html> (Accessed 6 May 2022). [in Ukrainian].

6. Project. (2021), "Bahatotsil'ovyy vsyudykhid TOMCAR-TX" [TOMCAR-TX Multi-Purpose All-Terrain Vehicle] URL: <https://www.army-technology.com/projects/tomcar-tx-multi-purpose-all-terrain-vehicle/> (Accessed 6 May 2022). [in Ukrainian].

7. Dylan Malasov. (2020), "Lytovs'ka kompaniya rozroblyaye hibrydnyu elektrychnyy bahhi dlya spetsnazu" [Lithuanian company develops hybrid electric buggy for special forces]. URL: <https://defence-blog.com/lithuanian-company-develops-hybrid-electric-buggy-for-special-forces/> (Accessed 6 May 2022). [in Ukrainian].

8. Sergei Grishchenko. (2018), "Kalashnikov" predstavly bahhi - hibryd dlya viys'kovykh." ["Kalashnikov" presented a hybrid buggy for the military]. URL: <https://www.abw.by/novosti/industry/206022> (Accessed 9 May 2022). [in Ukrainian].

9. Bazhinov O.V. (2008) "Hibrydni avtomobili" [Hybrid cars]: Kharkiv: KHNADU, 327 p. [in Ukrainian].

10. Chris Mi., M. Abul Masrur and David Wenzhong Gao. (2014), "Hibrydni transportni zasoby: osnovy ta zastosuvannya z praktychnymy perspektyvamy" [Hybrid vehicles: Basics and applications with practical perspectives]. *Wiley-VCH Verlag, Weinheim*, 512 p. ISBN: 9783527336623 [in German].

11. Kraynyk L.V. and Kikhtan A. V. (2022), "Hibrydnyy pryvid avtomobilya dlya bezdorizhzhya" [Hybrid car drive for off-road]. *Problems and Prospects of the Development of Automobile Transport*. Materials of the 10th International Scientific and Technical Internet Conference. (Vinnytsia, April 14-15, 2022). Vinnytsia: VNTU. pp. 175-177. [in Ukrainian].

12. Balazs A. (2015), "Optimizovana konstruktsiya hibrydnykh sylovykh ahreativ z benzynovymy dvyhunamy v real'nykh umovakh vodinnya" [Optimized design of petrol engines Hybrid powertrains under real driving conditions]: Dissert. Dr-Ing.: RWTH Aachen, 176 p. URL: <https://d-nb.info/1125972904/34> (Accessed 4 May 2022). [in German].

13. Polaris (2022). "Uryadovyy i oboronnyy avtomobil' Polaris" [Polaris Government & Defence Vehicle]. URL: <https://military.polaris.com/en-us/> (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].

14. Grubel M. G., Kraynyk L.V. and Andrienko A.M. (2020). "Osnovy formuvannya natsional'noyi normatyvnoyi bazy shchodo prokhidnosti kolisnoyi viys'kovoyi avtomobil'noyi tekhniki" [The basis of the formation of the national normative base on the carrying capacity of wheeled vehicles in road transport]. *Armament systems and military equipment*. Kharkiv, 2020. Issue № 2(62). pp. 7-17 DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.62.01> (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].

15. Afanasyev B. A. and Zheglov L. F. (2008), "Proektirovanie polnoprivodnykh kolesnykh mashyn. v 3-kh tomakh" [Design of all-wheel drive wheeled vehicles: in 3 vols]: Moscow, ed. MSTU im. N. Bauman, Vol. 2. 528 p. [in Russian].

16. Wong Y. J. (1993), *Theory of ground vehicle* McGraw Hill Book Co., London - New-York, 423 p. ISBN: 978-0-470-17038-0.

17. Kraynyk Lubomyr and Senyshak Mykola (2021), "Osoblyvosti vyboru peredatnykh chysel rozdavay'noyi korobky transmisii avtomobilya vysokoyi prokhidnosti" [Peculiarities of transmission gear box rate choice for high mobility vehicle]. *Problems with transport flows and directions for their solution: theses of reports of the 4th All-Ukrainian Scientific and Theoretical Conference*, (Lviv. March 25–26, 2021). Lviv: LLC "Halytsky Publishing Union", pp. 105–106. ISBN: 978-617-7809-69-1 [in Ukrainian].

18. Patent of USA. (2018), Hybrid utility vehicle. Patent 355259A1 US: B60K 6/52 (2007. 10) B00L 7/14 (2006. 01.) №: 15/61, 483; stated. 2017-06-05; published. 2018-11-06, Bulletin. № US10118477B2. 75 p. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/14/01/9c/17a454cc04e128/US20170355259A1.pdf> (Accessed 4. May 2022).

19. Kraynyk L. V., Grubel' M. G. and Dubno M. V. (2017), "Analiz rozvytku ta formuvannya kontseptsiyi stvorenniya spetsial'nykh udarnykh mashyn" [Analysis of development and forming of conception of creation of the special shock cars]. *Collection of scientific works of Kharkiv Air Force University*. Kharkiv, 2017. Issue № 5. pp. 140-145, URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_5_28 (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].
20. Rusilo P. O., Kostyuk V. V. and Varvanets Y. V. (2015), "Analychnyy ohlyad svitovykh tendentsiy rozvytku lehkovykh avtomobiliv pidvyschenoyi prokhidnosti typu "BAHHI"" [Analytical review of global trends in the development of off-road passenger cars of the "BUGGY" type]. *Military-technical collection*. Lviv, 2015. Issue № 12. pp. 69-74. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb_2015_12_15 (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].
21. Mateichik V. P., Tsyuman M. P., Yanovsky V. V. and Rudenko D. E. (2017), "Osoblyvosti konversiyi avtomobilya z DVZ v hibrydnyy avtomobil"" [Features of the conversion of a car from an internal combustion engine to a hybrid car]. *Bulletin of the National Transport University*. Kyiv, 2017. Issue №3. pp. 87-96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2017_3_13 (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].
22. Kraynyk Y. L. and Gula O. I. (2015), "Modelyuvannya dynamiky ta enerhetyky tsyklichnoho rukhu mis'koho avtobusa z riznymy typamy pryvodu" [Simulation of the dynamics and energy of the cyclic movement of a city bus with different types of drive]. *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Dynamics, strength and design of machines and devices*. Lviv, 2015. Issue № 820. pp. 53-57. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPDM_2015_820_9 (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].
23. Grubel M. G., Kraynyk L. V. and Khoma V. V. (2020), "Imitatsiyne modelyuvannya rukhu kolisnoyi viys'kovoyi avtomobil'noyi tekhniky bezdorizhzhiam ta otsinka yoho adekvatnosti" [Imitation modeling of wheeled vehicular automotive equipment for off-road vehicles and assessment of its adequacy]. *Highway of Ukraine*. Kyiv, 2020. Issue № 2. pp. 21-28 DOI: [10.30748/coivt.2019.60.01](https://doi.org/10.30748/coivt.2019.60.01) (Accessed 4 May 2022). [in Ukrainian].
24. Mittal V., Novoselich B. and Rodriguez A. (2022), Hybridization of US Army Combat Vehicles. *SAE. Technical Paper 2022-01-0371*. DOI: <https://doi.org/10.4271/2022-01-0371> (Accessed 4 May 2022).

CONCEPTUAL BASES FOR FORMING A HYBRID DRIVE OF A HIGH TRAFFIC VEHICLE

L. Kraynyk, A. Kikhtan, V. Kokhan, M. Voloshchuk

The hybrid drive is growing in popularity and is already present in almost the majority of classes of the new model generation of military vehicles (MV) of the NATO countries, the Russian Federation, and the People's Republic of China. The main advantage of the hybrid MV drive is, first of all, a significant reduction in the ability to locate the movement in the sound and infrared frequency spectra when driving on electric traction with the internal combustion engine turned off, as well as an increase in the power reserve due to a decrease in the linear consumption of motor fuel. The purpose of the study is to form a general structure - a scheme of a hybrid drive of a high-possibility car for off-road and to evaluate the basic necessary parameters of power drive units, taking into account the characteristics of off-road driving. Based on the analysis of trends in the development of military buggies and areas of use in modern conditions of war and the urgent need for machines of this class at the front, the feasibility of actually two-stage implementation of modifications with a hybrid drive for the Armed Forces of Ukraine of the ultralight domestic buggy TUR KV 02 "Mamai" was determined, which meets the regulatory requirements of the NATO base countries regarding of wheeled equipment of the front edge, and provides appropriate mobility for off-road traffic.

In contrast to serial passenger cars and crossovers, the hybrid drive of MV is based on a series scheme with the possibility of external plug-in charging, as well as the use of the hybrid drive as an autonomous power source for other consumers in the field. At the 2nd stage of the development of the hybrid drive of the TUR KV02 "Mamai" buggy, a unified layout of the drive units is provided with the possibility of short-term simultaneous connection of the drive wheels of both the traction electric motor and the internal combustion engine with the synchronization of their speed modes for driving on difficult off-road or increasing acceleration dynamics. The capacity of the batteries is formed by the necessary reserve of autonomous driving on electric traction in typical off-road areas in the area of combat use. The unit of traction batteries is easily replaceable in the conditions of places of permanent deployment and has increased protection against water ingress during short-term forcing of minor water obstacles and provides for the option of Level 1 STANAG 4589 ballistic protection.

Keywords: off-road, off-road vehicle, hybrid drive, buggy.