

УДК 623, 629.3+504

С.П. Мазін, Г.М. Маренко, А.Г. Скиба, В.М. Франков*Національна академія Національної гвардії України***ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ БРОНЕТРАНСПОРТЕРІВ
НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ**

Наведено аналіз конструкцій існуючих бронетранспортерів. Надано пропозиції зі створення нових конструкцій вітчизняних бронетранспортерів. Конструкції бронетранспортерів пропонується виконати на базі агрегатів автомобілів вітчизняного виробництва.

Ключові слова: бронетранспортер, трансмісія, конструктивна схема, теоретичні дослідження.

С.П. Мазин, Г.Н. Маренко, А.Г. Скиба, В.Н. Франков**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ
БРОНЕТРАНСПОРТЕРОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ УКРАИНЫ**

Приведен анализ конструкций существующих бронетранспортеров. Даны предложения по созданию новых конструкций отечественных бронетранспортеров. Конструкции бронетранспортеров предлагается создавать на базе агрегатов автомобилей отечественного производства.

Ключевые слова: бронетранспортер, трансмиссия, конструктивная схема, теоретические исследования.

S.P. Mazin, G.N. Marengo, A.G. Skiba, V.N. Frankov**PROPOSITION CONCERNING THE ARMORED FIGHTING VEHICLE CONSTRUCTION
IMPROVEMENT OF NATIONAL GUARD OF UKRAINE**

It has been given the analysis of the existing armored fighting vehicles constructions. It has been given the offers concerning the development of new native armored fighting vehicles. It has been proposed to create the armored fighting vehicles constructions on the basis of native vehicles aggregates.

Key words: armored fighting vehicles, transmission, structural scheme, theoretical researches

Постановка проблеми.

На сьогодні багато високорозвинених країн веде виготовлення бронетранспортерів (БТР). Було проаналізовано 111 моделей, з котрих на долю двовісних випадає 57 типів, на долю тривісних – 37 і чотиривісних лише 17 [1]. На озброєнні Національної гвардії України стоять чотиривісні бронетранспортери типу БТР-60 ПБ, БТР-70, БТР-80, БТР-3Е, БТР-4Е, а також двовісні Kozak 2014, БРДМ-2, ДОЗОР-Б, КраЗ Кугуар (KRAZ Cougar). Тривісні бронетранспортери знаходяться в стадії розробки і випробувань (Атаман бхб).

Слід мати на увазі те що, БТР-60 ПБ, БТР-70, БТР-80, а також БРДМ-2 є машинами російського виробництва, їх використання в Національній гвардії України, після виготовлення достатньої кількості бронемашин українського виробництва буде припинено.

Загально відомо, що одними з основних показників броньованої колісної техніки є її собівартість і паливна економічність.

Як відомо [2] на собівартість і паливну економічність суттєво впливає конструкція трансмісії (собівартість залежить від кількості і складності агрегатів трансмісії, а паливна економічність від коефіцієнту корисної дії (ККД) трансмісії).

Аналіз конструкцій трансмісій показав наступне. Самими складними є трансмісії БТР-60ПБ, БТР-70, а більш сучасними БТР-80, БТР-3Е, БТР-4Е.

Слід також відмітити значні витрати пального бронетранспортерами. Так, наприклад, БТР-4Е має нормативну витрату по асфальту 80 л/100 км і по бездоріжжю 150 л/100 км, тоді як автомобілі типу КраЗ витрачають 30-35 л/100 км.

На плавність ходу, як відомо, в основному впливає конструкція підвіски. На всіх перелічених чотиривісних бронетранспортерах використовуються незалежні торсіонні підвіски. Недоліки торсіонних підвісок показані в роботі [3], в котрій також доведено що бойова колісна машина з гідропневматичною системою підресорювання має переваги над серійними зразками з торсіонною системою підресорювання.

Гідропневматична система підресорювання суттєво збільшує середні швидкості руху пересіченою місцевістю та показники плавності ходу.

До загальних принципів переваг БТР-60ПБ, БТР-70, БРДМ-2, слід віднести використання агрегатів від автомобілів таких, що серійно виготовлялися.

Основні проблеми, стосовно українських бронетранспортерів, полягають в тому що вони мають відносно низькі показники паливної економічності і плавності ходу.

Вирішенням проблеми може бути розроблення нових конструкцій бронетранспортерів на базі агрегатів автомобілів, що серійно виготовляються в Україні, а також використання в нових конструкціях сучасних технічних рішень в компоновках трансмісій і підвісок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш повно конструкції броньованих колісних машин представлено в [1, 4, 5].

Зв'язок паливної економічності автомобіля і ККД трансмісії приведено в формулі, котра визначає шляхову витрату пального [2]:

$$Q = \frac{10^{-5} \cdot q_{eP} \cdot k_H \cdot k_E \cdot (P_\psi + P_B)}{\rho \cdot V_a \cdot \eta_T}, \text{ л/100км} \quad (1)$$

де: q_{eP} – питома витрата пального при максимальній потужності двигуна, г/кВт · год; k_H – коефіцієнт, що залежить від ступеню використання потужності двигуна; k_E – коефіцієнт, що залежить від ступеню використання частоти обертання колінчастого валу двигуна; P_ψ – потужність, що витрачається на подолання опору дороги кВт; P_B – потужність, що витрачається на подолання опору повітря, кВт; ρ – щільність пального, кг/м³;

V_a – швидкість автомобіля км/год; η_T – ККД трансмісії.

З аналізу наведеної формули витікає висновок, що шляхова витрата пального є обернено пропорційною ККД трансмісії, тобто при збільшенні ККД трансмісії, наприклад, на 10%, витрата пального зменшиться, відповідно на 10%.

Аналіз значень ККД трансмісій автомобільної техніки показав про наявність їх досить широкого діапазону. Так в джерелі [2] пропонується, що ККД механічної трансмісії можна вважати рівним 0,8...0,92 (менші значення відносяться до багатопривідних вантажних автомобілів, більші відносяться до легкових).

В джерелі [5] відмічено, що в складній силовій передачі багато привідних вантажних автомобілів ККД трансмісії інколи складає дуже низьку величину порядку 0,5 і навіть 0,45, тобто 50% і більше енергії двигуна йде на внутрішні втрати енергії в автомобілі.

Вважаючи на те, що бронетранспортери БТР-60ПБ, БТР-70, БТР-80, БТР-3Е, БТР-4Е, є багатопривідними машинами, дослідження їх ККД трансмісій представляє певний науковий інтерес.

Відомо що ККД трансмісії [2, 6] характеризує втрати потужності при передачі її механізмами трансмісії і дорівнює добутку її механізмів.

Для проектних розрахунків рекомендуються наступні значення ККД окремих механізмів: коробки передач – $\eta_{кп} = 0,96...0,98$; роздавальної коробки – $\eta_{рк} = 0,96...0,98$; колісного редуктора – $\eta_{кр} = 0,96...0,98$; карданного шарніру – $\eta_{кш} = 0,96...0,98$; головної передачі – $\eta_{гп} = 0,93...0,97$. ККД коробки передач під час роботи на прямій передачі [7], тобто ККД від гідравлічних втрат – $\eta_{гв} = 0,98...0,99$; ККД гідромеханічної передачі [5] – $\eta_{гмп} = 0,8...0,85$.

Певної уваги, на наш погляд, заслуговують передньопривідні вантажні автомобілі [8], а також гібридні автомобілі [9].

Основні переваги передньопривідних вантажних автомобілів є такі: покращена керованість; більш високий ККД трансмісії за рахунок використання циліндричної головної передачі, замість конічної гіпоїдної, а також незначна висота вантажної платформи що, в свою чергу, підвищує показники стійкості і поліпшує умови завантаження.

Основні переваги гібридних автомобілів є такі: економія пального в умовах міста до 35 %; в умовах міст автомобіль до 40 % часу працює без шкідливих викидів, тобто на електроприводі; суттєве зниження потужності ДВЗ; збільшення максимальної швидкості, здатність до швидкого розгону; здатність накопичувати енергію, що виникає під час гальмування; двигун працює в оптимальному режимі; повна зупинка роботи ДВЗ на перехрестях доріг та в автомобільних пробках, можливість руху тільки на електроприводі.

Використання гібридних автомобілів типу «Тойота Приус» поліцією підтверджує доцільність використання гібридної трансмісії.

Виходячи з того, що існуючі бронетранспортери мають занадто низький ККД трансмісії і відповідно низькі показники паливної економічності, що не відповідає вимогам сучасності, **метою статті** є проведення аналізу конструкцій трансмісій бронетранспортерів, а також передньопривідних вантажних автомобілів з точки зору їх ККД, і запропонування нових

конструкцій бронетранспортерів на базі агрегатів автомобілів, що серійно виготовляються в Україні.

Виклад основного матеріалу. До аналізу приймаємо трансмісії БТР-80, БТР-4Е та КраЗ-5233 ВЕ, а також трансмісії гібридних автомобілів.

1. Аналіз ККД трансмісій бронетранспортерів і передньопривідних вантажних автомобілів

ККД трансмісії БТР-80, при русі по асфальтованій дорозі, визначаємо з формули

$$\eta_{\text{БТР-80 а}} = \eta_{\text{КП}} \cdot \eta_{\text{РК}} \cdot \eta_{\text{ГП}} \cdot \eta_{\text{КР}} \cdot (\eta_{\text{КШ}})^{14}; \quad (2)$$

$$\eta_{\text{БТР-80 а}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96^{14} = 0,48. \quad (3)$$

ККД трансмісії БТР-80, при русі по бездоріжжю, визначаємо з формули

$$\eta_{\text{БТР-80 б}} = \eta_{\text{КП}} \cdot \eta_{\text{РК}} \cdot \eta_{\text{ГП}} \cdot \eta_{\text{КР}} \cdot (\eta_{\text{КШ}})^{26}; \quad (4)$$

$$\eta_{\text{БТР-80 б}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96^{26} = 0,346. \quad (5)$$

Принципово конструкція трансмісії БТР-4Е відрізняється від трансмісії БТР-80 наявністю гідромеханічної передачі ККД котрої дорівнює 0,8...0,85. Тому ККД трансмісії БТР-4Е, при русі по асфальтованій дорозі, визначаємо з формули

$$\eta_{\text{БТР-4Е а}} = \eta_{\text{БТР-80 а}} \cdot \eta_{\text{ГМП}} = 0,48 \cdot 0,8 = 0,384. \quad (6)$$

ККД трансмісії БТР-4Е, при русі по бездоріжжю, визначаємо з формули

$$\eta_{\text{БТР-4Е б}} = \eta_{\text{БТР-80 б}} \cdot \eta_{\text{ГМП}} = 0,346 \cdot 0,8 = 0,277. \quad (7)$$

ККД трансмісії КраЗ-5233, при русі по асфальтованій дорозі визначаємо з формули

$$\eta_{\text{КраЗ-5233}} = \eta_{\text{КП}} \cdot \eta_{\text{РК}} \cdot \eta_{\text{ГП}} \cdot (\eta_{\text{КШ}})^6; \quad (8)$$

$$\eta_{\text{КраЗ-5233}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,93 \cdot 0,96^6 = 0,67. \quad (9)$$

ККД трансмісії КраЗ-5233, при русі по бездоріжжю, визначаємо з формули

$$\eta_{\text{КраЗ-5233 б}} = \eta_{\text{КП}} \cdot \eta_{\text{РК}} \cdot (\eta_{\text{ГП}})^2 \cdot (\eta_{\text{КШ}})^6; \quad (10)$$

$$\eta_{\text{КраЗ-5233 б}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,93^2 \cdot 0,96^6 = 0,623. \quad (11)$$

ККД трансмісії передньопривідного вантажного автомобіля визначаємо з формули

$$\eta_{\text{ППА}} = \eta_{\text{КП}} \cdot \eta_{\text{ГП}} \cdot (\eta_{\text{КШ}})^4; \quad (12)$$

$$\eta_{\text{ППА}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96^4 = 0,782. \quad (13)$$

Як виходить з розрахунків ККД передньопривідного вантажного автомобіля суттєво більший ніж ККД трансмісії БТР-4Е і автомобілів сімейства КраЗ.

Виходячи з вище викладеного, вважаємо за доцільне для перспективних бронетранспортерів і військових автомобілів прийняти схему трансмісії, котра базується на використанні постійного механічного приводу на передні керуемі колеса, а також електричного на задні ведучи мости.

В якості базової компоновальної схеми пропонується така, що приведена на рис. 1 [10]. Конструкція такої трансмісії передбачає передній привід, двигун котрого також передає обертовий момент на електричний генератор, а електричний двигун постійного струму окремо передає обертовий момент на задні колеса. Потужність електричного двигуна заднього мосту бронетранспортера визначаємо за умов їзди по мокрому ґрунту в режимі 100% пробуксовки, а також для їзди по дорозі з максимальним кутом нахилу.

Сила тяги на ведучих колесах заднього мосту по зчепленню з дорогою визначається з формули

$$P_{\text{ЗМ}} = \varphi_{\text{МГД}} \cdot G_{\text{ЗМ}} \cdot g = 0,4 \cdot 9700 \cdot 9,81 = 38063 \text{ Н}, \quad (14)$$

де $\varphi_{МГД}$ – коефіцієнт зчеплення шини з мокрою ґрунтовою дорогою;

$P_{ЗМ}$ – сила тяги на ведучих колесах заднього мосту по зчепленню з дорогою у стані мокрого ґрунту, Н;

$G_{ЗМ}$ – сила ваги бронетранспортера, котра діє на задній міст (величина прийнята з технічної характеристики КрА3-5233 ВЕ), Н

g – прискорення вільного падіння - 9,81 м/с²;

Потужність електродвигуна, яка необхідна для руху в режимі повнопривідного бронетранспортера, визначається з формули

$$N_{ЕД} = V_{ПБ} \cdot P_{ЗМ} / \eta_{ТР} = 1,38 \cdot 38063 / 0,782 = 67170 \text{ Вт}, \quad (15)$$

де: $V_{ПБ}$ – швидкість бронетранспортера прийнята для руху по бездоріжжю (в нашому випадку $V_{ПБ} = 5 \text{ км/г} = 1,38 \text{ м/с}$);

$\eta_{тр}$ – ККД трансмісії.

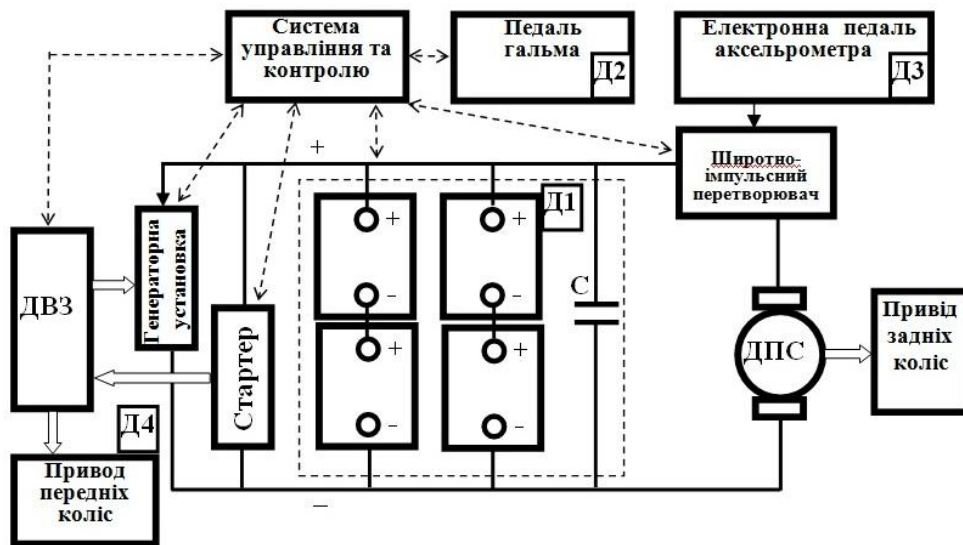


Рис.1. Базова компоновальна схема трансмісії:

Д1-датчик стану АКБ; Д2- датчик педалі гальма;Д3- датчик положення педалі аксельметра; Д4- датчик швидкості автомобіля; ДВЗ- двигун внутрішнього згоряння; ДПС-двигун постійного струму

Таким чином, для руху по мокрому ґрунту в режимі 100% пробуксовки потужність електродвигуна повина дорівнювати 67,17 кВт.

Сила тяги на ведучих колесах заднього мосту при русі по дорозі з максимальним кутом нахилу визначається з формули

$$P_{\alpha} = \varphi_{МГД} \cdot G_{ЗМ} \cdot \cos \alpha = 0,4 \cdot 9700 \cdot 9,81 \cdot 0,866 = 32962 \text{ Н}, \quad (16)$$

де: P_{α} – сила тяги на ведучих колесах заднього мосту при русі по дорозі з максимальним кутом нахилу, Н;

α - максимальний кут нахилу дороги – 30°.

Потужність електродвигуна, яка необхідна для руху по дорозі з максимальним кутом нахилу визначається з формули

$$N_{ЕД\alpha} = V_{ПБ} \cdot P_{\alpha} \cdot \cos \alpha / \eta_{ТР} = 1,38 \cdot 32962 \cdot 0,866 / 0,782 = 50373 \text{ Вт}. \quad (17)$$

Таким чином розрахункова потужність електродвигуна бронетранспортера складає 67,17 кВт.

На рис. 2 приведено конструктивну схему бронетранспортера, особливістю котрої є основний механічний привід на передні колеса, а привід на задні є електричним.

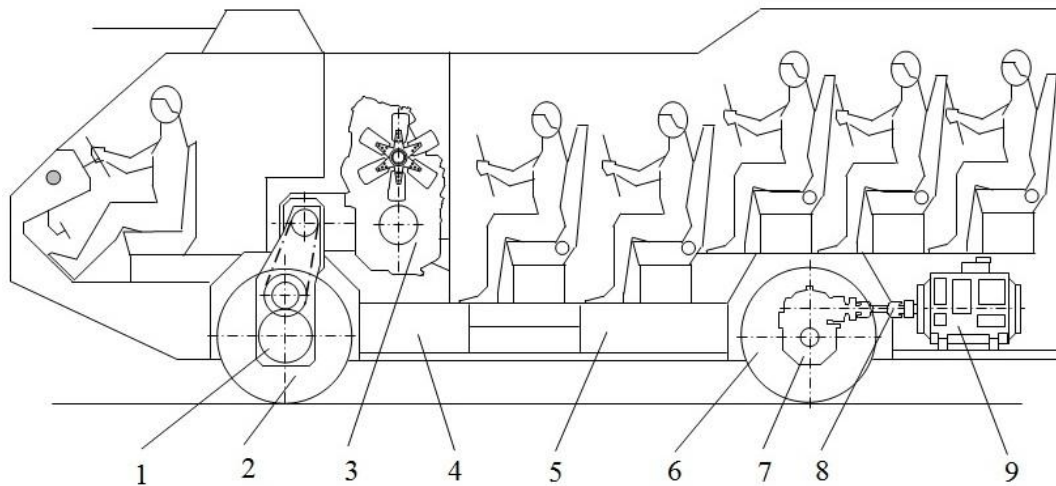


Рис. 2. Конструктивна схема бронетранспортера: 1- редуктор переднього ведучого моста; 2 - переднє колесо; 3 - силова установка; 4,5 - блоки акумуляторних батарей; 6 - заднє колесо; 7 - редуктор заднього ведучого моста; 8 - карданний вал; 9

На відміну від звичайних бронемашин, рух з місця і до швидкості приблизно 5-10 км / год, як правило, відбувається завдяки електроприводу, що суттєво зменшує витрати пального і, як слідство, кількість шкідливих викидів до атмосфери.

Висновки

Бронетранспортер виконаний за конструктивною схемою, що пропонується, може забезпечити економію пального в порівнянні з КрАЗ-5233 ВЕ близько 16 %, а з БТР 4Е відповідно 40 %. Окрім цього бронетранспортер буде мати переваги гібридного автомобіля.

Список використаних джерел

1. Никольський М.В. Иллюстрированный справочник. Колёсная бронетехника. – М.; ООО «Издательство АСТ», 2001. – 512 с.
2. А.И. Гришкевич Автомобили: теория: Учебник для ВУЗов. – Мн.: Выс. шк., 1986. – 208 с.: ил.
3. В. П. Пісарев, А. П. Горбунов. Визначення впливу конструкції і характеристик пружних елементів підвіски на властивості бойової колісної машини. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. /редкол.: О. О. Морозов та ін. – Х.: Акад. внутрішніх військ МВС України, 2009. – Вип. 2 (14). – 104 с.: іл. С. 36 – 39.
4. Боевые колёсные машины. Под редакцией Голощапова И.М. – М.; Воениздат, 1974. – 384 с.
5. Антонов А.С. і ін. Армейские автомобили. Конструкция и расчет. Ордена Трудового Красного Знамени военное издательство Министерства обороны СССР. М., 1970. – 542 с.
6. Расчет и проектирование деталей машин, ч. 1. Киркач Н.Ф., Баласаян Р.А.. – 2-е изд., перераб. и доп. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 136 с.
7. Б.В. Гольд. Конструирование и расчет автомобиля. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. М.–1962.
8. С.П. Мазін, А.І. Каргаєв, О.В. Пархомчук. Перспективи створення передньопривідного вантажного автомобіля і методика його комп'ютерного графічного зображення. Збірник наукових праць. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2006. – № 1-2. – С. 32 – 37.
9. С.П. Мазін, В.М. Франков, О.В. Пархомчук. Дослідження напрямків удосконалення силових установок і трансмісій та пропозиції щодо нової конструкції автомобіля з гібридною силовою установкою для спец підрозділів ВВ МВС України. Зб. наук. праць Академії внутрішніх військ МВС України /редкол.: О.О.Морозов та ін. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2009. – Вип. 2 (14). – 104 с.
10. Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В., Колесніков А.В. Гібридні автомобілі. – Харків, ХНАДУ, 2008. – 327 с.

Рецензенти:

М.А. Подригало, завідувач кафедрою технології машинобудування та ремонту машин ХНАДУ доктор технічних наук, професор;

А.П. Горбунов, Заступник начальника навчально-методичного центру НАНГУ - начальник навчального відділу, кандидат технічних наук, доцент полковник.

Стаття надійшла до редакції 08.06.2017