

Дослідження можливості використання електромеханічної трансмісії
на спеціальних колісних машинах Національної гвардії України
і обґрунтування її конструктивних параметрів

“ВАРІАЦІЯ”

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 3 |
| 1 Аналіз конструкцій броньованих колісних машин. | 4 |
| 2 Аналіз існуючих конструкцій трансмісій і конструктивна схема бронетранспортера що пропонується | 8 |
| 3 Обґрунтування компоувальної схеми електромеханічної трансмісії і розрахунки конструктивних параметрів її агрегатів. | 12 |
| 3.1 Обґрунтування компоувальної схеми електромеханічної трансмісії. | 12 |
| 3.2 Визначення потужності електродвигуна колісного агрегату і передаточного числа редуктора чотиривісного бронетранспортера | 15 |
| 3.3 Визначення максимального кута нахилу дороги за умови використання тільки електродвигунів | 16 |
| 4 Аналіз конструкцій водометних спецмашин і їх трансмісій. | 17 |
| 4.1 Водометні спецмашини України | 17 |
| 4.2 Водометні спецмашини інших країн | 18 |
| 4.3 Аналіз конструкцій трансмісій водометних спецмашин | 20 |
| 5 Схема компоування водометної спецмашини | 21 |
| Висновки | 27 |
| Перелік джерел посилання. | 28 |
| Анотація | 30 |

ВСТУП

Для розосередження натопу під час масових безладів можуть застосовуватись броньовані колісні машини (бронетранспортери) і водометні спецмашини. Виходячи з того, що існуючі бронетранспортери й спецмашини мають занадто низький ККД трансмісії і відповідно низькі показники паливної економічності, що не відповідає вимогам сучасності, роботи спрямовані на створення нових бронетранспортерів можна вважати сучасними і актуальними.

Аналіз конструкцій існуючих броньованих колісних машин вказує на доцільність досліджень спрямованих на створення бронетранспортера з гібридною силовою установкою. В результаті аналізу також встановлено, що використання електромеханічної трансмісії має ряд суттєвих переваг: забезпечує плавну зміну швидкості руху і тяги машини у широкому діапазоні; цей тип трансмісії забезпечує довготривалу та стійку роботу при малих значеннях кутової швидкості обертання ведучих коліс; при використанні безступінчастої трансмісії на самохідній машині немає необхідності у таких агрегатах, як коробка передач, карданні вали, розподільча коробка, коробки відбору потужності.

Розробка, виготовлення і виробництво спецмашин з електромеханічною трансмісією призведе до підвищення ефективності дій підрозділів Національної гвардії України під час припинення масових безладів.

Метою наукової роботи є обґрунтуванні конструктивної схеми і основних параметрів сучасних бронетранспортерів і водометних спецмашин.

Завдання роботи полягає у аналізі конструкцій існуючих броньованих колісних машин і їх трансмісій, розробці конструктивної схеми нового бронетранспортера і водометної спецмашини на базі електромеханічної трансмісії та розрахунку конструктивних параметрів запропонованих машин.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ БРОНЬОВАНИХ КОЛІСНИХ МАШИН

На сьогодні багато високорозвинених країн розробляють та виготовляють бронетранспортери (БТР). Було проаналізовано 111 моделей, з яких 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-60ПБ, БТР-70, БТР-80, БТР-3Е, БТР-4Е, а також двовісні Козак, БРДМ-2, ДОЗОР-Б, КраЗ-Кугуар. Тривісні бронетранспортери знаходяться в стадії розробки і випробувань (Атаман 6×6). Слід мати на увазі те що, БТР-60ПБ, БТР-70, БТР-80, а також БРДМ-2 є машинами ще радянського 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 свідчить, що найскладнішими є трансмісії БТР-60ПБ, БТР-70, а більш сучасними – БТР-80, БТР-3Е, БТР-4Е. Слід також відзначити 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 обґрунтовано в роботі [3], в котрій також доведено що бойова колісна машина з гідропневматичною системою підресорювання має переваги над серійними зразками з торсіонною системою підресорювання, зокрема суттєво збільшує середні швидкості руху пересіченою місцевістю та показники плавності ходу.

До загальних принципових переваг БТР-60ПБ, БТР-70, БРДМ-2, слід віднести використання агрегатів від автомобілів, 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 компонованні трансмісій і підвісок.

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]:

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

де q_{eP} – питома витрата пального на обертах максимальної потужності двигуна, г/кВт·год; k_{II} – 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 – густина 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 у разі збільшення 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 багатопривідних 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.

Зважаючи 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, що враховує тільки гідравлічні втрати – $\eta_{ГВ} = 0,98...0,99$; ККД гідромеханічної передачі [5] $\eta_{ГМП} = 0,8...0,85$.

Певної уваги, на наш погляд, заслуговують передньопривідні вантажні автомобілі [8], а також гібридні автомобілі [9,10]. Основними перевагами передньопривідних вантажних автомобілів є: покращена керованість; більш високий ККД трансмісії за рахунок використання циліндричної головної передачі, замість конічної гепоїдної, а також незначна висота вантажної платформи, що, в свою чергу, підвищує показники стійкості і поліпшує умови завантаження.

Основними перевагами гібридних автомобілів є: економія пального в умовах міста до 35 %; в міських умовах 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 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 Toyota Prius поліцією підтверджує доцільність використання гібридної трансмісії.

Таким чином, виходячи з того, що існуючі бронетранспортери мають занадто низький ККД трансмісії і, відповідно, низькі показники паливної економічності, що не відповідають вимогам сучасності, метою роботи є аналіз конструкцій трансмісій бронетранспортерів та передньопривідних вантажних автомобілів з точки зору їх ККД, і запропонування нових конструкцій бронетранспортерів на базі агрегатів автомобілів, що серійно виготовляються в Україні.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСМІСІЙ І КОНСТРУКТИВНА СХЕМА БРОНЕТРАНСПОРТЕРА ЩО ПРОПОНУЄТЬСЯ

До аналізу приймаємо трансмісії БТР-80, БТР-4Е та КрАЗ-5233ВЕ, а також трансмісії гібридних автомобілів.

ККД трансмісії БТР-80 під час руху по асфальтованій дорозі визначаємо з формули

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

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

ККД трансмісії БТР-80 під час руху по бездоріжжю визначаємо з формули

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

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

Принципово конструкція трансмісії БТР-4Е відрізняється від БТР-80 наявністю гідромеханічної передачі, ККД якої складає 0,8...0,85. Тому ККД трансмісії БТР-4Е під час руху по асфальтованій дорозі, визначаємо з формули

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

ККД трансмісії БТР-4Е під час руху по бездоріжжю визначаємо з формули

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

ККД трансмісії КрАЗ-5233ВЕ під час руху по асфальтованій дорозі визначаємо з формули

$$\eta_{\text{КрАЗ-5233}} = \eta_{\text{КП}} \cdot \eta_{\text{РК}} \cdot \eta_{\text{ГП}} \cdot (\eta_{\text{КШ}})^6.$$

$$\eta_{\text{КрАЗ-5233}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,93 \cdot 0,96^6 = 0,67.$$

ККД трансмісії КрАЗ-5233ВЕ під час руху по бездоріжжю, визначаємо з формули

$$\eta_{\text{КрАЗ-52336}} = \eta_{\text{КП}} \cdot \eta_{\text{РК}} \cdot (\eta_{\text{ГП}})^2 \cdot (\eta_{\text{КШ}})^6.$$

$$\eta_{\text{КрАЗ-52336}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,93^2 \cdot 0,96^6 = 0,623.$$

ККД трансмісії передньопривідного вантажного автомобіля визначаємо з формули

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

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

Розрахунки свідчать, що ККД трансмісії 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 керовані колеса, а також електричного на задні ведучі мости.

В якості базової конформувальної схеми пропонується наведена на рис. 2.1, [10].



Рисунок 2.1 – Базова конформувальна схема трансмісії

Конструкція такої трансмісії передбачає передній привід, двигун також передає крутний момент на електричний генератор, а електричний двигун

постійного струму окремо передає крутний момент на задні колеса. Потужність електричного двигуна приводу коліс заднього моста визначаємо за умови руху по мокрому ґрунту, а також для руху по дорозі з максимальним кутом нахилу.

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

$$P_{3M} = \varphi_{МГД} \cdot G_{3M} \cdot g = 0,4 \cdot 9700 \cdot 9,81 = 38063H ,$$

де P_{3M} – сила тяги на ведучих колесах заднього мосту по зчепленню з дорогою; $\varphi_{МГД}$ – коефіцієнт зчеплення шини з мокрою ґрунтовою дорогою; Н; G_{3M} – частина ваги бронетранспортера, що діє на задній міст (для прикладу прийнята з технічної характеристики КрА3-5233ВЕ), Н; g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$.

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

$$N_{ЕД} = V_{ПБ} \cdot P_{3M} / \eta_{ТР} = 1,38 \cdot 38063 / 0,782 = 67170 \text{ Вт} ,$$

де $V_{ПБ}$ – швидкість бронетранспортера прийнята для руху по бездоріжжю (в нашому випадку $V_{ПБ} = 5 \text{ км/год} = 1,38 \text{ м/с}$); $\eta_{тр}$ – ККД трансмісії.

Таким чином, для руху по мокрому ґрунту потужність електродвигуна повинна складати 67,17 кВт. Сила тяги на ведучих колесах заднього мосту під час руху по дорозі з максимальним кутом нахилу визначається з формули

$$P_{\alpha} = \varphi_{МГД} \cdot G_{3M} \cdot \cos \alpha = 0,4 \cdot 9700 \cdot 9,81 \cdot 0,866 = 32962H ,$$

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

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

Таким чином потужність електродвигуна бронетранспортера приймаємо 67,17 кВт.

На рис. 2.2 приведено конструктивну схему бронетранспортера, особливістю якої є основний механічний привід на передні колеса й електричний – на задні. На відміну від звичайних бронемашин, рух з місця і до швидкості приблизно 5...10 км/год відбувається завдяки електроприводу, що суттєво зменшує витрати пального і, як наслідок, кількість шкідливих викидів в атмосферу.

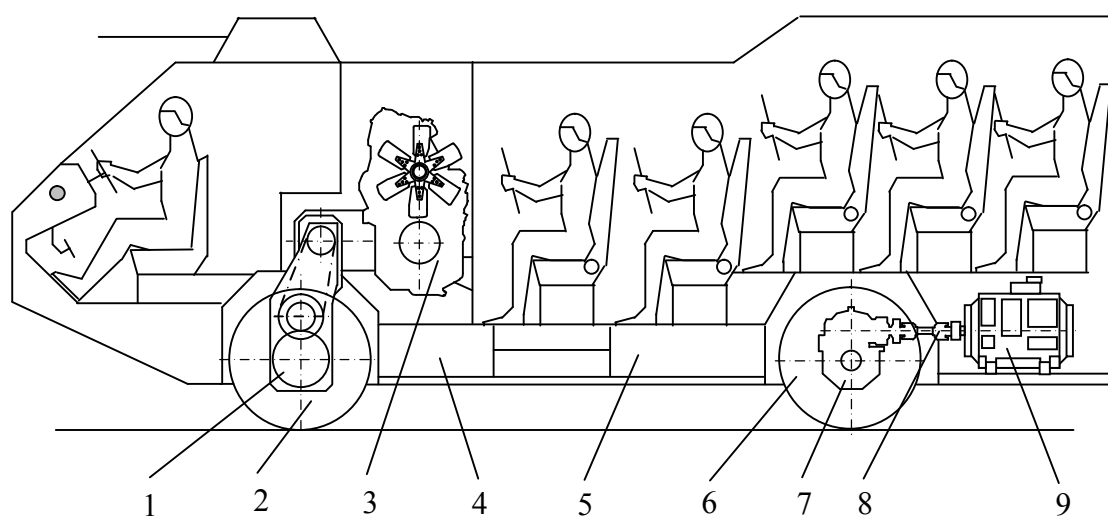


Рисунок 2. 2 – Конструктивна схема бронетранспортера: 1 – редуктор переднього ведучого моста; 2 – переднє колесо; 3 – силова установка; 4, 5 – блок акумуляторних батарей; 6 – заднє колесо; 7 – редуктор заднього ведучого моста; 8 – карданний вал; 9 – електричний двигун

Бронетранспортер виконаний за конструктивною схемою, що пропонується, може забезпечити економію пального в порівнянні з КрАЗ-5233ВЕ близько 16 %, у порівнянні з БТР 4Е – до 40 %. Крім того, бронетранспортер буде мати усі переваги гібридного автомобіля.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ І РОЗРАХУНКИ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЇЇ АГРЕГАТІВ

3.1 Обґрунтування схеми компонування електромеханічної трансмісії

Виходячи з аналізу існуючих трансмісій, можливе існування трьох компонувальних схем.

3.1.1 Компонувальна схема з електричними мотор-колесами.

Схему електромеханічної трансмісії наведено на рис. 3.1, а конструкцію електричного мотор-колеса – на рис. 3.2.

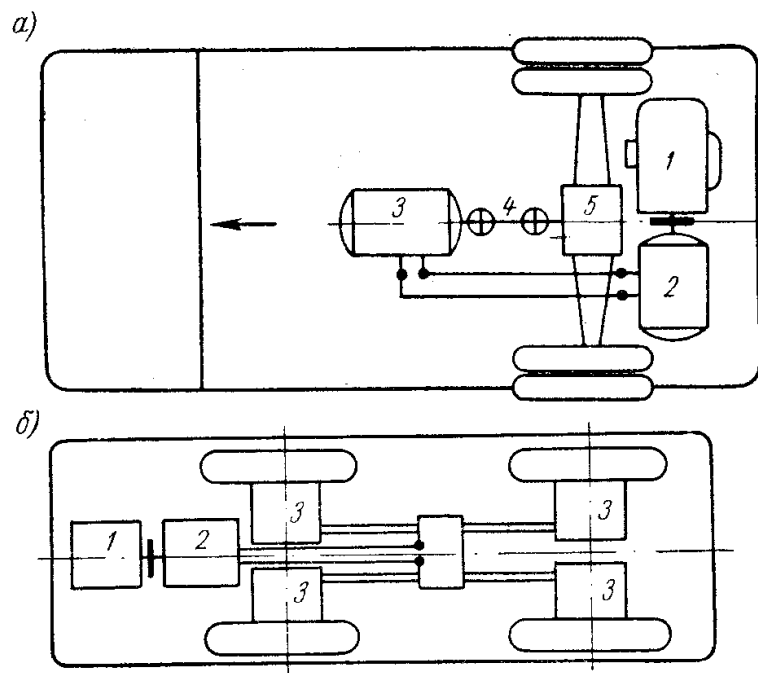


Рисунок 3.1 – Варіанти компонування агрегатів електричної передачі:

1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – генератор; 3 – електромотор;
4 – карданна передача; 5 – ведучий міст

До складу електричного мотор-колеса входять електродвигун, двоступеневий редуктор, гальмівний механізм і власне колесо. Для такої конструкція недоліками є значна невідресорена маса, а також достатньо складна будова й, відповідно, висока вартість.

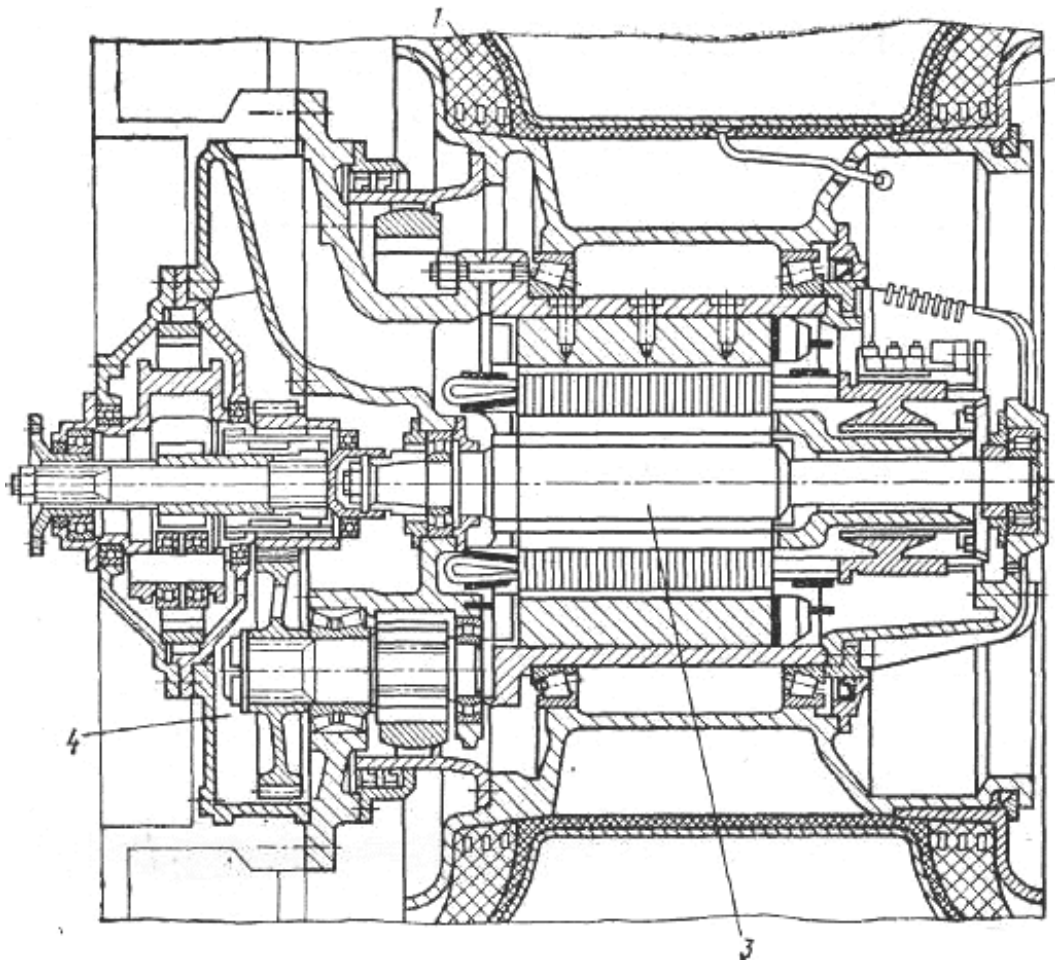


Рисунок 3.2 – Електричне мотор-колесо

3.1.2 Компонувальна схема основана на використанні ведучих мостів класичної конструкції.

Під ведучим мостом класичної конструкції ми розуміємо міст, у якому його редуктор базується на використанні конічної зубчастої передачі в сполученні з циліндричною зубчастою передачею та диференціалом. Така трансмісія ускладнює компоновання машини з незалежними підвісками коліс і має, за сучасними вимогами, досить низький ККД, якщо машина виконується повнопривідною.

3.1.3 Компонувальна схема основана на використанні окремого редуктора в сполученні з електродвигуном.

Конструктивну схему колісного агрегату електромеханічної трансмісії бронетранспортера наведено на рис. 3.3.

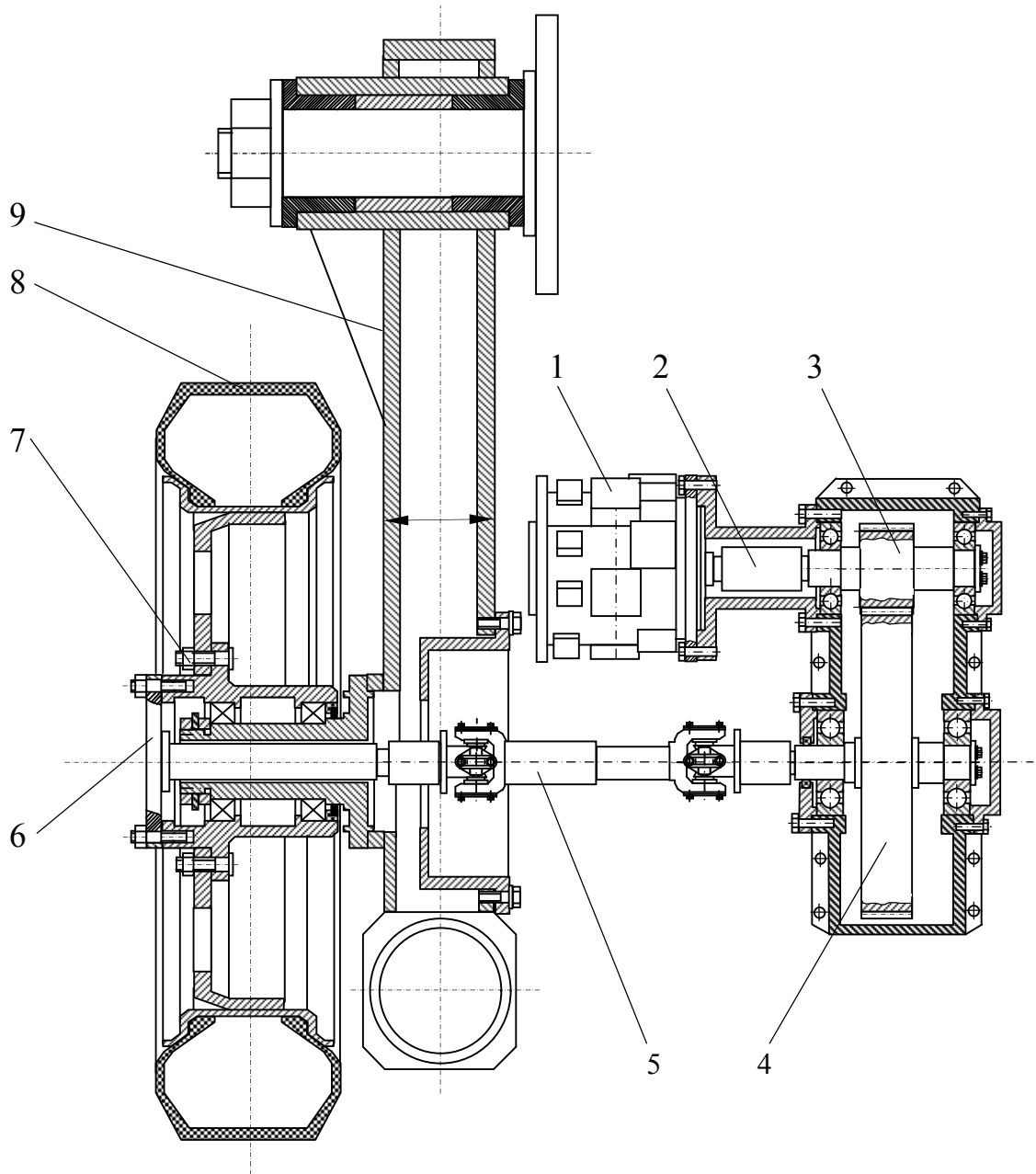


Рисунок 3.3 - Конструктивна схема колісного агрегату
електромеханічної трансмісії

Колісний агрегат працює наступним чином. Від електричного двигуна 1 крутний момент через муфту 2 передається на шестірню 3. Далі через шестірню 4 та карданний вал 5 крутний момент передається на піввісь 6 і далі через болтове з'єднання 7 на колесо 8. Карданний вал 5 компенсує коливання важеля 9 підвіски. Перевагами такої схеми є: відсутність диференціалу, незначні величини невідресорених мас, високий ККД, можливість модульного конструювання.

3.2 Визначення потужності електродвигуна колісного агрегату і передаточного числа редуктора чотиривісного бронетранспортера

До розрахунків, виходячи з показників аналогів, приймаємо масу бронетранспортера 18500 кг. Далі, виходячи з маси машини і кількості ведучих коліс, знаходимо навантаження на одне колесо з формули

$$m_k = m_{рвм} / n_{в.кол} = 18500 / 8 = 2312,5 \text{ кг}$$

де $n_{в.кол}$ – кількість ведучих коліс;

$m_{рвм}$ – розрахункова маса бронетранспортера, кг.

В нашому випадку передбачається колісна формула 8×8. За довідником [11] визначаємо параметри шини і радіус кочення колеса. Приймаємо шину 300–508, що має максимально припустиме навантаження 2350 кг і радіус кочення 0,507 м. Потужність одного електродвигуна визначаємо з формули

$$N_{ед} = N_{двз} / n_{в.кол} = 110 / 8 = 13,75 \text{ кВт}$$

де $N_{двз}$ – максимальна потужність ДВЗ, котру до розрахунків, виходячи з показників аналогів, приймаємо такою, що дорівнює 110 кВт .

За довідковими даними приймаємо електродвигун, що має номінальну потужність 12 кВт, максимальну потужність 25 кВт, максимальний крутний момент 115 Нм, номінальну частоту обертання 2600 хв⁻¹, максимальну частоту обертання 6700 хв⁻¹.

Максимальна частота обертання колеса визначається з формули

$$n_{k \max} = \frac{30 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot r_k},$$

де V_{\max} – максимальна швидкість бронетранспортера, призначеного для використання в населених пунктів, м/с; r_k – радіус кочення колеса, м.

$$V_{\max} = 70 / 3,6 = 19,44 \text{ м/с}; n_{k \max} = \frac{30 \cdot 19,44}{3,14 \cdot 0,507} = 366,3 \text{ об/хв.}$$

Передаточне відношення колісного редуктора визначається з формули

$$U_p = n_{ед\ max} / n_{к\ max} = 6700 / 366,3 = 18,3.$$

3.3 Визначення максимального кута нахилу дороги за умови використання тільки електродвигунів

Максимальний кут нахилу дороги пропонується визначати виходячи з формул, що визначають максимальну силу тяги і силу опору підйому. Максимальна сила тяги визначається з формули

$$P_{к.\max} = \frac{M_{ед.\max} \cdot n_{в.\кол} \cdot U_p}{r_{к}},$$

де $P_{к.\max}$ – максимальна сила тяги, Н; $M_{ед.\max}$ – максимальний крутний момент електродвигуна, Нм.

Сила опору підйому визначається з формули

$$P_{\alpha} = m_{р\epsilonм} \cdot g \cdot \sin \alpha,$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²; α – кут нахилу дороги, град.

Прирівнявши силу опору підйому і максимальну силу тяги визначаємо $\sin \alpha$ з формули

$$\sin \alpha = \frac{M_{ед.\max} \cdot n_{в.\кол} \cdot U_p}{r_{к} \cdot m_{р\epsilonм} \cdot g} = \frac{115 \cdot 8 \cdot 18,3}{0,507 \cdot 18500 \cdot 9,8} = 0,183$$

Відповідно, $\alpha = \arcsin(0,183) = 10^{\circ}$, що відповідає вимогам до доріг у населених пунктах.

4 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ВОДОМЕТНИХ СПЕЦМАШИН І ЇХ ТРАНСМІСІЙ

4.1 Водометні спецмашини України

КБ «Пожспецмаш» (колишній завод «Пожмашина») з міста Прилуки розробив на базі автомобіля КрАЗ водометну спецмашину АВС-30 котру представлено на рис. 4.1, а також АВС-40 (рис. 4.2).



Рисунок 4.1 – Водомет АВС-30 на шасі КрАЗ



Рисунок 4.2 – Водомет АВС-40 на шасі КАМАЗ

Машини мають по одному стволу, у них є відвали, і різні «спецсистеми», а у АВС-40 навіть відкидні щити по бортах, що виконують функції захисних загороджень.

На рис. 4.3 представлено водометну спецмашину БТР-70П Миколаївського ремонтно-механічного заводу. На машину встановлена потужна водометна установка, яка забезпечує викид води через водометний ствол під високим тиском на відстань до 50 м.



Рисунок 4.3 – Спецмашина БТР-70П

Запас води перевозиться в баку місткістю до 2000 л. Можлива робота установки від зовнішнього джерела: пожежного гідранта, штучної або природної водойми, пересувної цистерни.

4.2 Водометні спецмашини інших країн

Водомети виробництва ізраїльської фірми Veit Alfa Technologies, на базі вантажівок Mercedes Ахор турецького виробництва приведено на рис. 4.4.



Рисунок 4.4 – Ізраїльські водомети, зліва – дослідний на шасі 4×2, справа повнопривідний і броньований

Машина має дві гармати, верхній ствол повертається на 360 градусів, а завдяки компактному шасі водомет є достатньо маневреним. Екіпажу працює в комфортних умовах, керування «спецтехнікою» досить просте. Машина має високу якість виконання.

Водометну спецмашину Польщі представлено на рис. 4.5, Бельгії – на рис. 4.6.



Рисунок 4.5 – Польський водомет Tajfun



Рисунок 4.6 – Водомет Ziegler (Бельгія)

4.3 Аналіз конструкцій трансмісій водометних спецмашин

Існуючи водометні спецмашини, як правило, базуються на використанні трансмісій базових автомобілів, що є позитивним. В той же час необхідно відзначити, що основним недоліком існуючих водометних спецмашин є наявність окремої силової установки для приводу основного водяного насоса і іншого додаткового обладнання. Силова установка включає двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) з системами пуску, живлення, мащення, охолодження, агрегатами механічної трансмісії і ін. Таке компонування водометних спецмашин є складним і, як наслідок, має низькі показники надійності. Рух водометних спецмашин відбувається по населеному пункту або в автомобільних військових колонах, що передбачає обмеження швидкості до 60 км/год. Це, в свою чергу, наводить на припущення, що сучасна водометна спецмашина повинна мати ДВЗ меншої потужності. Не слід залишати поза увагою і той фактор, що водометна спецмашина повинна рухатись під час виконання розосередження натовпу дуже повільно, що може призвести до перегріву ДВЗ. Використання в конструкціях водометних спецмашин шасі автомобілів підвищеної прохідності з досить низькими ККД трансмісії призводить до значних витрат пального.

Враховуючи вищезазначене, вважаємо за доцільне застосувати у складі спецмашини електромеханічну трансмісію, яка у порівнянні з механічною трансмісією має наступні переваги: можливість використання одного ДВЗ для приводу всіх агрегатів водометної спецмашини; забезпечує плавну зміну швидкості руху й тяги машини в широкому діапазоні; забезпечує довготривалу й стійку роботу ДВЗ за малих значень кутової швидкості ведучих коліс; забезпечує плавне регулювання передаточного відношення, підвищує надійність теплового двигуна й зв'язаних з ним агрегатів; в трансмісії можуть бути відсутні такі агрегати, як коробка передач, розподільча коробка, коробки відбору потужності і ін.

5 СХЕМА КОМПОНУВАННЯ ВОДОМЕТНОЇ СПЕЦМАШИНИ

В якості прототипу приймаємо водометну машину [11], що має один ДВЗ для руху машини і приводу водяних насосів водомета.

Загальний вигляд машини, що пропонується приведено на рис. 5.1.

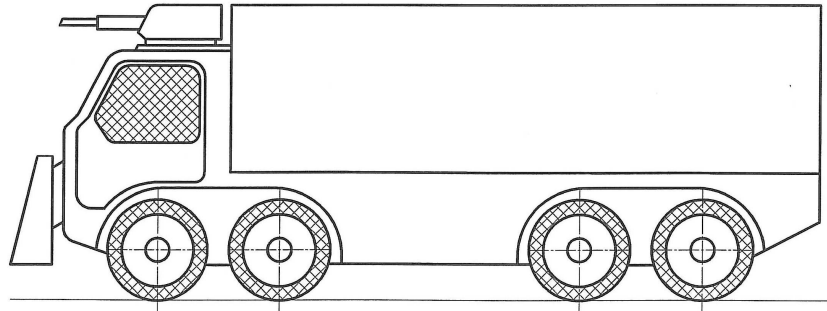


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд машини, що пропонується

Компонувальну схему водометної спецмашини приведено на рис. 5.2.

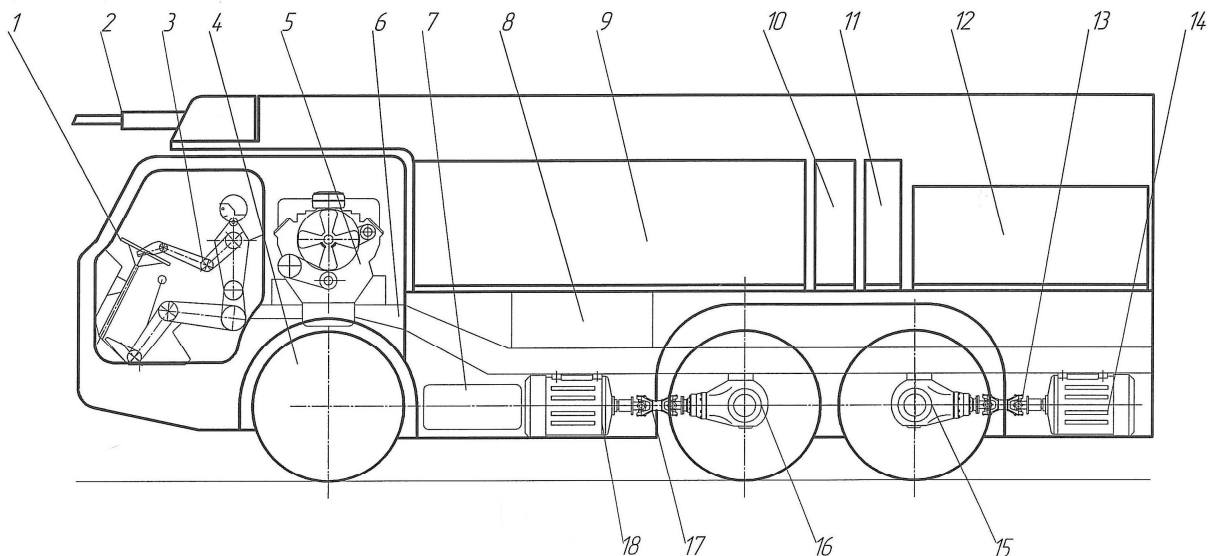


Рисунок 5.2 – Компонувальна схема водометної спецмашини:

1 – кермове колесо; колесо; 2 – водяна гармата; 3 – водій; 4 – переднє колесо; 5 – дизельний двигун в сполученні з електричним генератором; 6 – рама; 7 – паливний бак; 8 – акумуляторна батарея; 9 – водяний бак; 10 – бак для барвника води; 11 – бак для сльозогінного газу; 12 – водяна насосна установка; 13 – карданний вал заднього моста; 14 – електродвигун заднього моста; 15 – редуктор заднього ведучого моста; 17 – карданний вал середнього моста; 18 – електродвигун середнього моста

Схему електромеханічної трансмісії приведено на рис. 5.3.

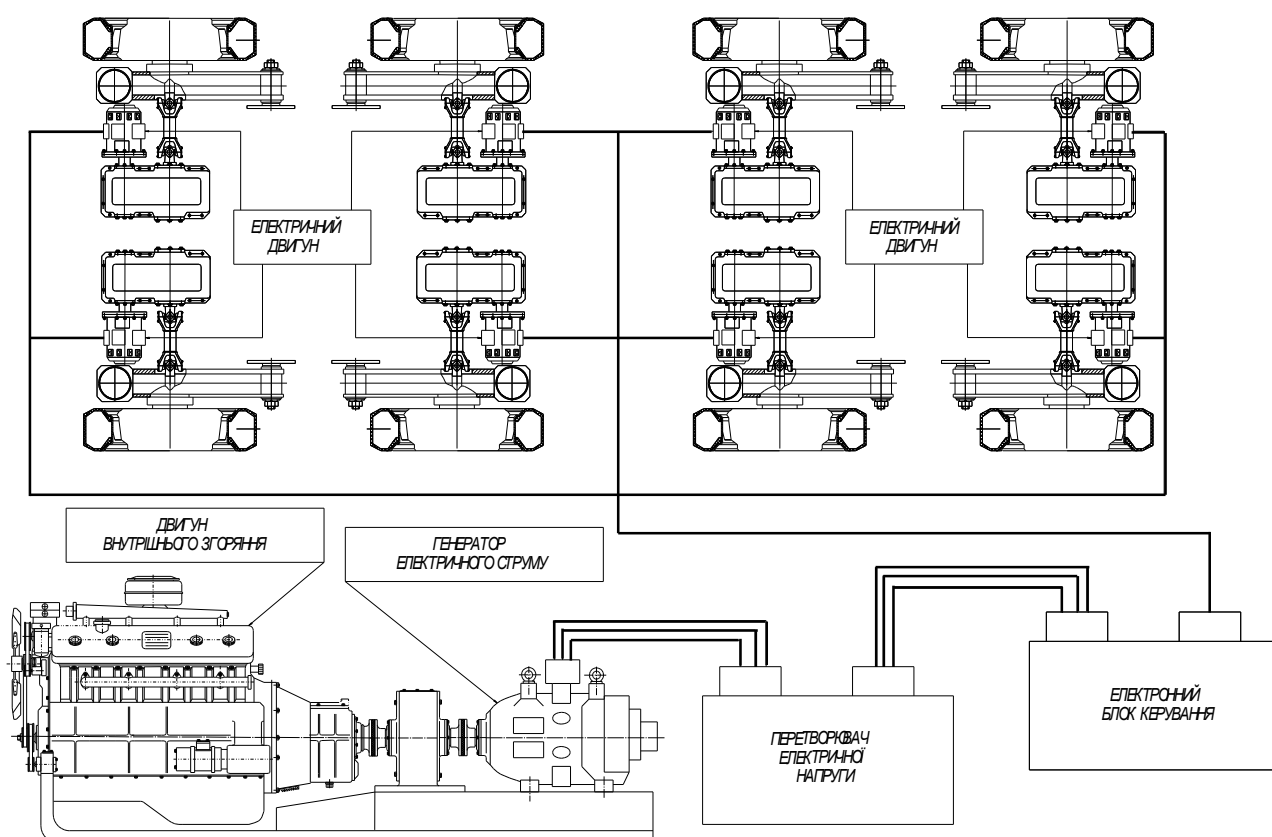


Рисунок 5.3 – Схема електромеханічної трансмісії водометної спецмашини

Двигун внутрішнього згорання через редуктор обертає генератор електричного струму. Генерований електричний струм через перетворювач напруги й електронний блок керування подається на електричні двигуни ходових модулів, які через редуктор й карданну передачу обертають ведучі колеса з незалежною підвіскою на поздовжньому важелі. Генератор також приводить у дію й електричний двигун насосної установки водомета та живить інше обладнання.

Запропонована схема трансмісії проста у компонованні й завдяки наявності блоку керування забезпечує можливість зміни крутного моменту на кожному колесі окремо, в залежності від навантаження на колесо і його зчеплення з дорогою, що може суттєво покращити показники керованості, прохідності й стійкості руху спецмашини.

Максимальну потужність двигуна внутрішнього згоряння спецмашини визначаємо за формулою

$$N_{e_{max}} = \frac{V_{max}}{3.6 \cdot \eta_T} \cdot \left(g \cdot m \cdot \psi + \frac{k_B \cdot A_B \cdot V_{max}^2}{13000} \right), Bm$$

де V_{max} – максимальна швидкість, км/год; m – повна маса машини, т; η_T – ККД механічної трансмісії складає 0,8...0,9; ψ – коефіцієнт опору дороги; g – прискорення вільного падіння, 9,8 м/с²; k_B – коефіцієнт опору повітря, Н с²/м⁴; A_B – площа лобового опору, м².

Для розрахунків приймаємо: $m = 17,836$ т (за попередніми розрахунками); $V_{max} = 70$ км/год; $\psi = 0,015$; $k_B = 0,7$; $A_B = 7,5$ м².

$$N_{e_{max}} = \frac{70}{3.6 \cdot 0,85} \cdot \left(9,8 \cdot 17,836 \cdot 0,015 + \frac{0,7 \cdot 7,5 \cdot 70^2}{13000} \right) = 105,17 (кВт)$$

Необхідно зазначити, що на водометній спецмашині АВС-30 (див. рис. 4.1) двигун базового шасі має потужність 330 к.с. (243 кВт), що суттєво перевищує необхідне розрахункове значення.

На водометну спецмашину пропонується встановлювати відцентровий насос продуктивністю 40 л/с, для приводу якого необхідна потужність 62 кВт за створюваного тиску 1 МПа.

Перевірку потужності двигуна за умови роботи водомета під час руху спецмашини виконаємо виходячи з формули

$$N_{e_{max}} = N_{вн} + N_{роз}$$

де $N_{e_{max}}$ – максимальна потужність двигуна, необхідна для забезпечення руху спецмашини у зоні розосередження натовпу людей й одночасного приводу насоса водомета (машина рухається – водомет працює), кВт; $N_{вн}$ – частина потужності двигуна, яка витрачається на привод водометного насоса, кВт;

$N_{роз}$ – частина потужності двигуна, яка витрачається на рух спецмашини зі швидкістю, що необхідна й доцільна під час розосередження натовпу, кВт.

Частку потужності двигуна, яка витрачається на рух спецмашини зі швидкістю, що потрібна при розосередженні натовпу людей визначаємо з формули

$$N_{роз} = \frac{V_{роз}}{3.6 \cdot \eta_T} \cdot \left(g \cdot m \cdot \psi_{роз} + \frac{k_B \cdot A_B \cdot V_{роз}^2}{13000} \right), \text{ кВт}$$

де $V_{роз}$ – швидкість машини, яка необхідна при розосередженні натовпу людей, $V_{роз} = 5$ км/год; $\psi_{роз}$ – коефіцієнт опору дороги у зоні розосередження натовпу.

Приймаючи, що максимальний ухил дороги у зоні розосередження відповідає вимогам будівельних норм і становить $i = 9\%$, знаходимо значення коефіцієнта опору дороги

$$\psi_{роз} = i + f = 0,09 + 0,015 = 0,105,$$

де f – коефіцієнт опору коченню, для сухої асфальтобетонної дороги $f = 0,015 \dots 0,02$.

$$N_{роз} = \frac{5}{3.6 \cdot 0,85} \cdot \left(9,8 \cdot 17,836 \cdot 0,105 + \frac{0,7 \cdot 7,5 \cdot 5^2}{13000} \right) = 30 \text{ (кВт)}.$$

У результаті маємо $N_{e\ max} = N_{вн} + N_{роз} = 62 + 30 = 92$ кВт.

Таким чином, можна констатувати, що потужності двигуна $N_{e\ max} = 105$ кВт достатньо як для руху спецмашини з максимальною швидкістю 70 км/год у разі її переміщення до району використання, так і для руху зі швидкістю 5 км/год у зоні використання за одночасно працюючого водомета.

Зважаючи на те, що водометна спецмашина має потужне джерело електричної енергії, до її конструкції пропонується включити електромеханічний підсилювач кермового приводу [5].

До нової конструкції, такої що має два керовані мости, пропонується включити підсилювач з конструктивною схемою, приведеною на рис. 5.4.

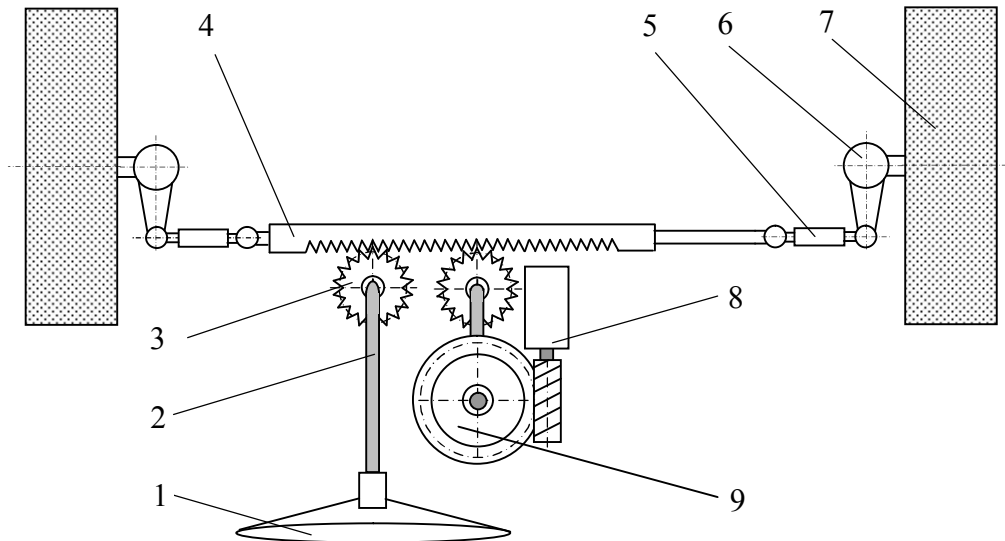


Рисунок 5.4 – Схема електромеханічного підсилювача:

1 – кермове колесо; 2 – торсіонний вал; 3 – зубчасте колесо; 4 – зубчаста рейка; 5 – кермова тяга; 6 – поворотна цапфа; 7 – кероване колесо; 8 – електричний двигун; 9 – черв'ячний редуктор

Схема на рис. 5.4 базується на використанні рейкового кермового механізму і черв'ячного редуктора, який приводиться в дію електричним двигуном [12]. Електромеханічний підсилювач працює наступним чином. Водій прикладає зусилля до кермового колеса 1, яке через торсіонний вал 2 передається на зубчасте колесо 3. Зубчасте колесо 3, перетворює обертовий рух кермового колеса у поступальний рух рейки 4. Зусилля від рейки 4 через кермову тягу 5 передається на поворотну цапфу 6 керованого колеса 7.

Коли зусилля на кермовому колесі 1 перевищує допустиме для водія, торсіонний вал 2 закручується на певний кут, при якому спрацьовує датчик включення електричного двигуна 8. Обертовий момент від двигуна 8 збільшується черв'ячним редуктором 9 і через зубчасту шестірню черв'ячного редуктора відповідно збільшує зусилля на рейці, що діє на поворотні цапфи керованих коліс.

Виходячи з [12], маємо таку формулу потужності електродвигуна електромеханічного підсилювача кермового приводу

$$N_{ед} = \frac{2G_k \cdot (f \cdot a + 0,14 \cdot \varphi \cdot r)}{\eta_1} \cdot \omega_u, \text{ Вт}$$

де G_k – сила ваги автомобіля що діє на переднє колесо, Н. До розрахунків приймаємо: $m = 17,836\text{т} = 17836 \text{ кг}$.

$$G_k = \frac{m \cdot g}{n_k} = \frac{17836 \cdot 9,81}{8} = 21871 \text{ Н}.$$

В якості прикладу визначимо значення мінімальної і максимальної потужності електродвигуна електромеханічного підсилювача кермового приводу для водометної машини, що пропонується. Мінімальна потужність визначається з наступної формули

$$N_{ед \min} = \frac{2 \cdot 21871 \cdot (0,015 \cdot 0,08 + 0,14 \cdot 0,85 \cdot 0,585)}{0,9} \cdot 0,13 = 449,57 \text{ Вт}.$$

Максимальна потужність визначається з формули

$$N_{едКРА3\max} = \frac{2 \cdot 21871 \cdot (0,015 \cdot 0,08 + 0,14 \cdot 0,85 \cdot 0,585)}{0,9} \cdot 0,523 = 1808,56 \text{ Вт}.$$

Таким чином для реалізації ідеї використання електромеханічного підсилювача кермового приводу для нової водометної спецмашини потужність генератора необхідно збільшити мінімум на 449,57 Вт, а максимум на 1808,56 Вт. Виходячи з проведених розрахунків потужність електричного генератора повинна складати $44,173 + 1,808 = 45,981 \text{ кВт}$.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз оснащення поліцейських підрозділів водометними спецмашинами і практики їх застосування показав, що питанням їх створення у зарубіжних країнах приділяється значна увага. Існуючі машини мають різну конструкцію, оснащені броньованим корпусом та іншими додатковими засобами дії на натовп під час припинення масових безладів. Беручи до уваги складність конструкції існуючих водометних спецмашин, що, зокрема, визначається наявністю двох ДВЗ в одній машині, пропонується створювані машини базувати на гібридних силових установках.

2. Враховуючи відносно просту конструкцію й визначені під час аналізу переваги, в якості трансмісії пропонується прийняти електромеханічну.

3. Виконані комп'ютерні розробки загального вигляду спецмашини та компонувальних схем її агрегатів (силової установки та ходової частини) свідчать про принципову можливість створення водометної спецмашини запропонованої конструкції з сучасними показниками надійності, маневреності і паливної економічності.

4. Результати роботи в цілому, креслення і розрахунки дозволяють зробити висновок, що завдання з аналізу конструкцій існуючих броньованих колісних машин і їх трансмісій, розробки конструктивної схеми нового бронетранспортера і водометної спецмашини на базі електромеханічної трансмісії та розрахунку їх конструктивних параметрів – виконано, а мета, яка полягала у обґрунтуванні конструктивних параметрів трансмісій нових бронетранспортерів і водометних спецмашин з електромеханічною трансмісією – досягнута.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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. Пісарєв, 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., Баласанян 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

спецпідрозділів 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.

11. Мазін С.П. Мельніков С. М. Вимоги до характеристик водометної машини для розосередження натопу під час припинення масових безладь. Честь і закон. – Х. : Військ. ін-т ВВ МВС України, 2005. – № 1. – С. 34 – 39.

12. Дослідження можливості використання електромеханічних підсилювачів кермового приводу на військових автомобілях. [Текст] / Мазін С.П., Мазін О.С., Франков В.М., Пархомчук О.В. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 1 (50) 2017.

13. Пропозиції щодо конструкції водометної спецмашини для підрозділів охорони громадського порядку. [Текст] / Страшний І.Л., Мазін С.П., Маренко Г.М., Франков В.М., Скраль В.В. // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". – Луцьк: ЛНТУ, 2018. – Вип. № 63. – С. 123-127.

АНОТАЦІЯ

Встановлено що, існуючі бронетранспортери і водометні спецмашини мають достатньо низький ККД трансмісії, що призводить до відносно високих витрат пального. Встановлено також, що існуючі водометні спецмашини, базуються на використанні двох двигунів внутрішнього згоряння з відповідними системами пуску, мащення, охолодження живлення і ін., що ускладнює їх конструкцію, знижує надійність і підвищує собівартість.

Виходячи з вище викладеного, актуальність роботи полягає у пошуку шляхів створення броньованих колісних машин з покращеними показниками паливної економічності і водометних спецмашин з покращеними показниками надійності в поєднанні зі спрощенням конструкції.

Метою наукової роботи є обґрунтування конструктивних параметрів трансмісій нових бронетранспортерів і водометних спецмашин.

До основних завдань відносяться: аналіз конструкцій існуючих броньованих колісних машин і їх трансмісій; розробка конструктивної схеми нового бронетранспортера і водометної спецмашини на базі гібридних трансмісій; розрахунки конструктивних параметрів агрегатів запропонованих машин.

Під час виконання наукового дослідження використовувався індуктивний метод при якому по існуючим конструктивним властивостям встановлено нові конструктивні особливості машин, що пропонуються.

В роботі наведено аналіз конструкцій існуючих бронетранспортерів і водометних спецмашин.

Надано пропозиції зі створення нових конструкцій вітчизняних бронетранспортерів і водометних спецмашин.

Конструктивні схеми і розрахунки свідчать про досягнення мети, що полягала в обґрунтуванні конструктивних схем і основних параметрів сучасних бронетранспортерів і водометних спецмашин.

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