

УДК 629.014



Р. О. Кайдалов



І. Л. Страшний



Г. М. Маренко



О. В. Диких

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-70

Проведено аналіз можливих варіантів модернізації системи “двигун – трансмісія” бронетранспортера БТР-70. Виконано розрахунок основних показників тягово-швидкісних властивостей бронетранспортера. Побудовано і проаналізовано графіки тягового балансу для двох варіантів модернізації бронетранспортера.

К л ю ч о в і с л о в а: модернізація, силова установка, трансмісія, тягово-швидкісні властивості.

Постановка проблеми. На сьогодні у силових структурах держави ведеться активна робота з комплектування підрозділів сучасними зразками озброєння, у тому числі броньованими машинами [1]. З об’єктивних причин вона не може бути виконана у короткий термін, тому в експлуатації все ще знаходиться значна кількість бронетранспортерів БТР-70, прийнятих на озброєння у 1970 р. Тактичне призначення цієї машини – транспортування особового складу мотострілецьких підрозділів до поля бою та їх вогнева підтримка. Воно залишається актуальним і сьогодні, але умови виконання завдань суттєво змінилися, що не може бути поза увагою фахівців з бойового застосування та технічного забезпечення [2].

Аналіз конструкції бронетранспортера БТР-70 показує, що його шасі має особливості будови, які не повністю відповідають сучасним підходам до конструювання такого озброєння [3, 4], до того ж машини практично вичерпали призначений ресурс. Однак досвід експлуатації БТР-70 у підрозділах Національної гвардії України, інших силових структур й у зоні проведення операції об’єднаних сил, свідчить, що закладені в його конструкції потенційні можливості й ремонтпридатність дозволяють використовувати бронетранспортер і після закінчення призначеного ресурсу, хоча це й накладає певні обмеження на ефективність використання за призначенням та дещо ускладнює й здорожує експлуатацію.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є модернізація бронетранспортера БТР-70, зокрема переобладнання з бензинових на сучасні дизельні двигуни та удосконалення конструкції трансмісії. Тому дослідження у цьому напрямку слід вважати актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виготовлення, модернізацію чи переобладнання спеціальної колісної техніки необхідно проводити з дотриманням затверджених вимог до наступних показників [5]: максимальна швидкість руху по шосе – від 85 км/год до 100 км/год; мінімальна стійка швидкість – від 2 км/год до 3 км/год; максимальний динамічний фактор на нижчій передачі у коробці перемикачів передач та у роздавальній коробці – від 0,7 до 0,9, а на прямій передачі – від 0,06 до 0,15; середня швидкість руху по дорогах з твердим покриттям – від 40 км/год до 50 км/год, по ґрунтових – від 30 км/год до 40 км/год; середня швидкість руху по розмоклих чи засніжених дорогах або колонних шляхах – від 15 км/год до 20 км/год; подолання крутих підйомів до 35°, зтяжених спусків і косогорів – до 25°, порогових перешкод висотою від 0,8 до 1,0 радіуса колеса та ровів шириною від 1,0 до 1,3 радіуса колеса. Зазначені вимоги повинні виконуватись як у разі модернізації спеціальної колісної техніки, так і під час її переобладнання.

Модернізація включає зміну конструкції системи “двигун – трансмісія” існуючої моделі на більш сучасну. У випадку переобладнання бронетранспортера заміні підлягають здебільшого тільки двигуни машини. Сама ідея подібного переобладнання броньованих машин в Україні не нова, ще до початку антитерористичної операції був реалізований проєкт Миколаївського бронетанкового заводу під назвою БТР-70Ді [6]. Тоді штатні двигуни силової установки замінили двигунами FPT IVECO

© Р. О. Кайдалов, І. Л. Страшний, Г. М. Маренко, О. В. Диких, 2021

Тестор Р4 потужністю 150 к. с. кожний, що на 30 к. с. більше, ніж у штатних бензинових двигунів ЗМЗ-4905.

Були й інші варіанти ремоторизації машини. Так, ХКБМ ім. Морозова у 2003 р. розробило БТР-70М [7] з одним дизельним двигуном УТД-20 вітчизняного виробництва, що дозволило знизити витрати пального, порівнюючи з базовим зразком з 72 л/100 км до 45 л/100 км, збільшити запас ходу з 400 км до 569 км і зменшити ймовірність виникнення пожежі. Можна вважати, що цей досвід був урахований спеціалістами ДП “Житомирський бронетанковий завод”, у результаті чого вибрано варіант встановлення на вже існуючу агрегатну базу дизелів виробництва General Motors, потужність яких 140 к. с. [6].

Науково-виробнича компанія “Техімпекс” виконала модернізацію БТР-70 до типу БТР-70Т [8], яка полягала в заміні двох бензинових двигунів на два сучасні чотирициліндрові дизельні двигуни Д245.30Е2 виробництва Білорусі, сумарна потужність яких 312 к. с., що дозволило зменшити пожежонебезпеку й дещо знизити витрату пального. Крім того, на бронетранспортер встановили десантні люки від БТР-80, нові колеса з безкамерними шинами, а також нові цифрові радіостанції.

Враховуючи існування різних варіантів вибору дизельного двигуна для БТР-70, ця проблема досліджена у праці [9].

В усіх розглянутих варіантах модернізації та переобладнання у складі шасі БТР-70 було збережено дві паралельні механічні трансмісії, що мають відносно низький сумарний коефіцієнт корисної дії (ККД). Можливими причинами цього є значний за обсягом і вартістю перелік робіт у разі зміни конструкції трансмісії, а також труднощі компоувального характеру. З цих самих причин, на думку авторів, не доцільно розглядати варіант оснащення БТР-70 більш сучасною гідромеханічною трансмісією [10].

Метою статті є дослідження та обґрунтування доцільних варіантів модернізації системи “двигун – трансмісія” бронетранспортера БТР-70.

Виклад основного матеріалу. Обґрунтування доцільності вибраних варіантів модернізації бронетранспортера БТР-70 виконаємо на основі розрахунку та аналізу тягово-швидкісних властивостей машини, які значною мірою забезпечуються саме конструкцією та технічними характеристиками системи “двигун – трансмісія”.

Важливим параметром, що впливає на тягово-швидкісні властивості машини є механічний ККД трансмісії, який залежить від кількості і властивостей кінематичних пар, що передають механічну енергію від колінчастого вала двигуна до ведучих коліс:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{кп}} \cdot \eta_{\text{рк}} \cdot \eta_{\text{крп}} \cdot \eta_{\text{цр}} \cdot \eta_{\text{кр}}, \quad (1)$$

де $\eta_{\text{кп}}$, $\eta_{\text{рк}}$, $\eta_{\text{крп}}$, $\eta_{\text{цр}}$, $\eta_{\text{кр}}$ – ККД коробки передач, роздавальної коробки, карданної передачі, центрального редуктора головної передачі й колісних редукторів відповідно.

У статті [2] для експлуатаційних розрахунків рекомендуються такі значення ККД окремих механізмів трансмісії: коробки передач $\eta_{\text{кп}} = 0,96 \dots 0,98$; на прямій передачі $\eta_{\text{кп}}^{1,0} = 0,98 \dots 0,99$; роздавальної коробки $\eta_{\text{рк}} = 0,96 \dots 0,98$; карданної передачі $\eta_{\text{крп}} = \eta_{\text{кш}}^n$, де n – кількість шарнірів у складі карданної передачі, $\eta_{\text{кш}} = 0,99$ – ККД карданного шарніра; центрального редуктора головної передачі $\eta_{\text{цр}} = 0,95 \dots 0,97$; колісного редуктора $\eta_{\text{кр}} = 0,98$.

Характерною особливістю конструкції БТР-70 є наявність двох двигунів, кожен з яких з’єднується зі своєю трансмісією, яка складається з коробки передач, роздавальної коробки, карданної передачі, двох центральних редукторів головної передачі та чотирьох колісних редукторів. Якщо кількість карданних шарнірів у складі однієї трансмісії (у приводі двох мостів) $n = 14$, ККД трансмісії для менших значень ККД окремих її механізмів й під час руху на прямій передачі дорівнює 0,665, а для більших значень – 0,817.

У праці [11] пропонується ККД трансмісії визначати за виразом

$$\eta_{\text{тр}} = 0,98^a \cdot 0,97^b \cdot 0,995^c \cdot 0,999^d, \quad (2)$$

де a – кількість пар циліндричних шестерень, через які передається в трансмісії крутний момент,

коли машина рухається на певній передачі;
 b – кількість пар конічних (гепоїдних) шестерень у трансмісії;
 c – кількість карданних шарнірів у трансмісії;
 d – кількість шліцьових з'єднань у трансмісії.

Розраховане за формулою (2) значення ККД трансмісії БТР-70 дорівнює 0,701.

Виконаємо дослідження тягово-швидкісних властивостей для варіанта модернізації бронетранспортера БТР-70 до типу БТР-70Т.

Потужність двигуна, необхідна для забезпечення руху машини із заданою максимальною швидкістю у заданих дорожніх умовах, визначається за формулою

$$N_v = \frac{m \cdot g \cdot \psi \cdot V_{\max}}{\eta_{\text{тр}}} + \frac{k \cdot F \cdot V_{\max}^3}{\eta_{\text{тр}}} \quad [\text{Вт}], \quad (3)$$

де m – повна маса бронетранспортера, кг;

g – прискорення вільного падіння;

ψ – коефіцієнт опору дороги, $\psi = f + i$, де f – коефіцієнт опору коченню;

i – ухил дороги, %;

V_{\max} – максимальна швидкість руху, м/с;

k – коефіцієнт опору повітря, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

F – лобова площа (площа парусності) машини, м^2 .

Розв'язуючи рівняння (3) відносно V_{\max} , отримаємо вираз для визначення потенційної максимальної швидкості руху машини за заданою максимальною потужністю силової установки:

$$V_{\max} = \left[\sqrt{\frac{N_c^2 \cdot \eta_{\text{тр}}^2}{4 \cdot F^2 \cdot k^2} + \frac{\psi^3 \cdot g^3 \cdot m^3}{27 \cdot F^3 \cdot k^3}} + \frac{N_c \cdot \eta_{\text{тр}}}{2 \cdot F \cdot k} \right]^{\frac{1}{3}} - \frac{\psi \cdot g \cdot m}{3 \cdot F \cdot k \left[\sqrt{\frac{N_c^2 \cdot \eta_{\text{тр}}^2}{4 \cdot F^2 \cdot k^2} + \frac{\psi^3 \cdot g^3 \cdot m^3}{27 \cdot F^3 \cdot k^3}} + \frac{N_c \cdot \eta_{\text{тр}}}{2 \cdot F \cdot k} \right]^{\frac{1}{3}}}, \quad (4)$$

де N_c – максимальна потужність силової установки бронетранспортера, Вт.

Вважаючи $N_c = 23 \cdot 10^4$ Вт, $\eta_{\text{тр}} = 0,701$, $f = 0,02$, $i = 0$ (суха асфальтобетонна горизонтальна дорога у задовільному стані), $F = 4,8$ м^2 , $k = 0,6$ і виконавши розрахунки за формулою (4), отримуємо значення потенційної швидкості руху БТР-70Т з силовою установкою, що складається з двох дизельних двигунів Д245.30Е2. Вона дорівнює 31,5 м/с (113 км/год).

Однак, враховуючи, що трансмісія БТР-70Т спроектована для роботи з бензиновими двигунами ЗМЗ-4905 з максимальною частотою обертання колінчастого вала $n_N^{3МЗ} = 3300$ хв^{-1} , а максимальна частота обертання колінчастого вала двигунів Д245.30Е2 $n_N^д = 2400$ хв^{-1} , що дорівнює 73 % $n_N^{3МЗ}$, можна передбачити, що максимальна швидкість руху БТР-70Т буде обмежена передаточним числом трансмісії, мінімальне значення якого складає

$$U_{\text{трmin}}^{70Т} = U_{\text{КПв}} \cdot U_{\text{РКв}} \cdot U_{\text{ЦР}} \cdot U_{\text{КР}} = 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,846 \cdot 4,33 = 6,634, \quad (5)$$

де $U_{\text{КПв}}$, $U_{\text{РКв}}$, $U_{\text{ЦР}}$, $U_{\text{КР}}$ – передаточні числа коробки передач БТР-70Т на вищій передачі, роздавальної коробки на вищій передачі, центрального редуктора головної передачі та колісних редукторів відповідно.

За методикою, викладеною у праці [12], виконаний розрахунок тягового балансу БТР-70Т. Графік тягового балансу наведений на рис 1.

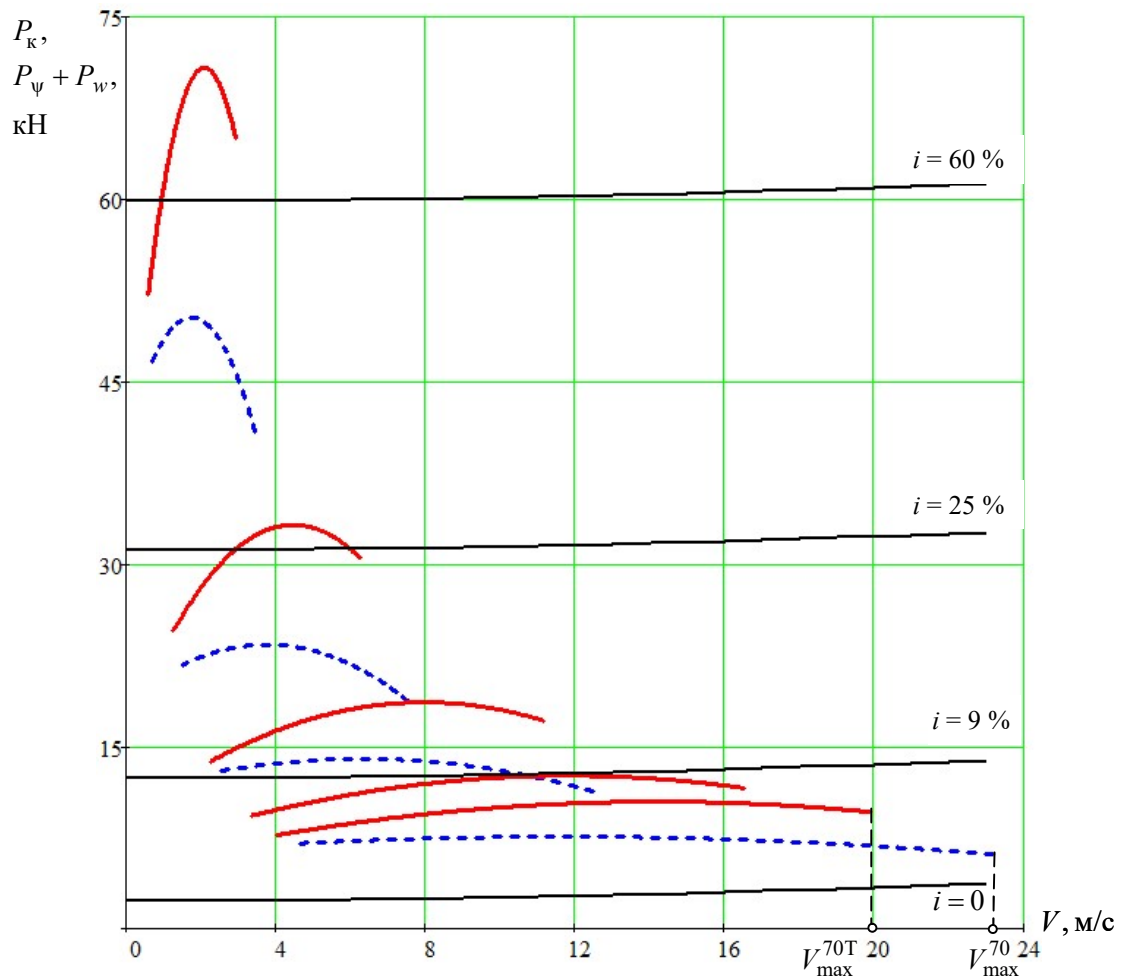


Рисунок 1 – Графік тягового балансу БТР-70Т

Розрахунок виконаний за умови руху бронетранспортера на вищій передачі у роздавальній коробці. На графіку наведені тягові характеристики (залежність тягової сили P_k на ведучих колесах від швидкості руху) БТР-70 (пунктирні лінії) та БТР-70Т (суцільні лінії), а також лінії сил опору руху (сума сили опору дороги $P_\psi = m \cdot g \cdot \psi$ і сили опору повітря $P_w = k \cdot F \cdot V^2$). Сила опору дороги розрахована для чотирьох значень ухилу: $i = 0$; $i = 9\%$ ($5,143^\circ$) – максимальний ухил для стандартних автомобільних доріг; $i = 25\%$ (14°); $i = 60\%$ (31°). Для останніх двох значень ухилу розрахунок виконаний для ґрунтової дороги ($f = 0,035$).

Аналіз тягової характеристики БТР-70Т свідчить, що заміна двох штатних бензинових двигунів на два двигуни Д245.30Е2 суттєво покращує тягові властивості бронетранспортера. Наприклад, БТР-70Т може подолати підйом 30° ґрунтової дороги навіть на вищій передачі у роздавальних коробках, а у разі ввімкнення нижчої передачі у роздавальних коробках і відповідно збільшення тягової сили у 1,89 разу, він може це зробити навіть на другій передачі, за умови необхідного зчеплення коліс з дорогою. Тоді як БТР-70 може подолати такий підйом лише на першій передачі у коробці передач та ввімкненій нижчій передачі у роздавальних коробках. Однак враховуючи, що через трансмісію в окремих режимах роботи може передаватись крутний момент на 30% більший, ніж максимальний момент у трансмісії БТР-70, додаткових досліджень потребує міцність і довговічність окремих деталей механізмів трансмісії БТР-70Т. Таких досліджень потребує і очікуване покращення паливної економічності бронетранспортера.

Максимальний динамічний фактор D_{max} бронетранспортера БТР-70Т може бути розрахований за формулою

$$D_{\max} = \frac{1}{m \cdot g} \left[\frac{M_{e \max} \cdot U_{\text{трн}} \cdot \eta_{\text{тр}}}{r_k} - P_w \right], \quad (6)$$

де $M_{e \max}$ – максимальний крутний момент силової установки машини, Нм;

$U_{\text{трн}}$ – передаточне число трансмісії на нижчій передачі.

Враховуючи, що на нижчій передачі машина рухається з невеликою швидкістю, складовою P_w у формулі (6) можна знехтувати. Тоді, підставивши відповідні значення, отримаємо: $D_{\max} = 0,54$ на вищій передачі у роздавальних коробках і $D_{\max} = 1,01$ на нижчій передачі у роздавальних коробках.

Як видно з графіків, сили опору рухові на горизонтальній ($i = 0$) асфальтовій дорозі не накладають обмежень на максимальну швидкість БТР-70Т, однак вона обмежується конструкцією трансмісії. З урахуванням формули (5) максимальна швидкість БТР-70Т складе

$$V_{\max}^{70\text{T}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{N}}^{\text{д}} \cdot r_k}{60 \cdot U_{\text{трн}}^{70\text{T}}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2400 \cdot 0,526}{60 \cdot 6,634} = 19,9 \text{ м/с (71,7 км/год)}, \quad (7)$$

де r_k – радіус колеса, м.

Основним недоліком розглянутої конструкції силової установки, яка включає два двигуни і дві паралельні трансмісії, є відносно низький ККД трансмісії, порівнюючи з силовою установкою з одним двигуном і однією трансмісією, що передає крутний момент на два ведучі мости. За формулою (1) у цьому випадку $\eta_{\text{тр}} = 0,817$. Тому одним з можливих варіантів модернізації БТР-70 є заміна штатного силового агрегата на два дизельні двигуни різної потужності, один з яких забезпечує рух з максимальною швидкістю у хороших дорожніх умовах, а другий підключається додатково для подолання значних сил опору руху. У цьому разі доцільно також замінити і штатні коробки передач на механічні п'ятиступеневі з підвищувальною передачею.

Такий варіант модернізації може суттєво покращити паливну економічність бронетранспортера. Однак і у цьому разі, враховуючи, що передаточні числа решти редукторів трансмісії не змінюються, максимальна швидкість машини буде обмежена на рівні приблизно 70 км/год (див. формулу (7)).

Потужність двигуна, необхідна для забезпечення руху бронетранспортера з максимальною швидкістю 70 км/год по дорозі з твердим покриттям, розраховується за формулою (3) і дорівнює $N_v = 111$ кВт (150 к.с.). Сумарну потужність силової установки з двома двигунами, необхідну для подолання максимального опору дороги (рух на підйом 30° по ґрунтовій дорозі) також можна визначити за формулою (3) за умови руху на підйом зі швидкістю 4 км/год і без урахування опору повітря. Вона складає $N_\psi = 290$ кВт. Подолання максимального підйому 30° може здійснюватись на нижчій передачі у роздавальній коробці $U_{\text{ркн}} = 1,89$. Тоді $N_{\psi_n} = N_\psi / U_{\text{ркн}} = 154$ кВт і відповідно потужність додаткового двигуна повинна складати щонайменше $N_d = N_{\psi_n} - N_v = 43$ кВт.

З умови встановлення на бронетранспортер двигунів одного виробника з однаковими частотними параметрами як для потужності, так і для крутного моменту, можна обрати двигуни DEUTZ. Як основний можна взяти двигун TCD 2013 L4 4V Truck потужністю 161 кВт за частоти обертання колінчастого вала 2300 хв^{-1} і з максимальним крутним моментом 816 Нм за частоти 1700 хв^{-1} , як додатковий – двигун D 914L3 потужністю 43 кВт з крутним моментом 204 Нм і частотами обертання колінчастого вала 2300 хв^{-1} і 1700 хв^{-1} відповідно [9].

Тяговий баланс БТР-70 з двигунами TCD 2013 L4 4V Truck та D 914L3 розрахований у програмному середовищі Mathcad. Графік тягового балансу поданий на рис. 2.

На графіку наведені тягові характеристики бронетранспортера у разі руху з основним двигуном і однією трансмісією з приводом на перший та третій ведучі мости на вищій передачі у роздавальній коробці (суцільні лінії) та у разі руху з двома двигунами й повним приводом на нижчій передачі у роздавальних коробках (пунктирні лінії), а також лінії сил опору руху.

Аналіз тягової характеристики свідчить, що у разі руху з основним двигуном тягові властивості бронетранспортера практично такі ж, як і у БТР-70 штатної комплектації з двома двигунами ЗМЗ-4905 та двома паралельними трансмісіями. Таким чином, варіант модернізації, що розглядається, на відміну від БТР-70Т, очевидно, не накладає ніяких обмежень на запас міцності деталей трансмісії.

У цьому режимі бронетранспортер може пересуватись по усіх типах доріг і долати підйоми до 20°

за умови достатнього зчеплення коліс з дорогою. За відсутності доріг і у разі подолання максимального підйому 30° підключається додатковий двигун та вмикається нижча передача у роздавальних коробках.

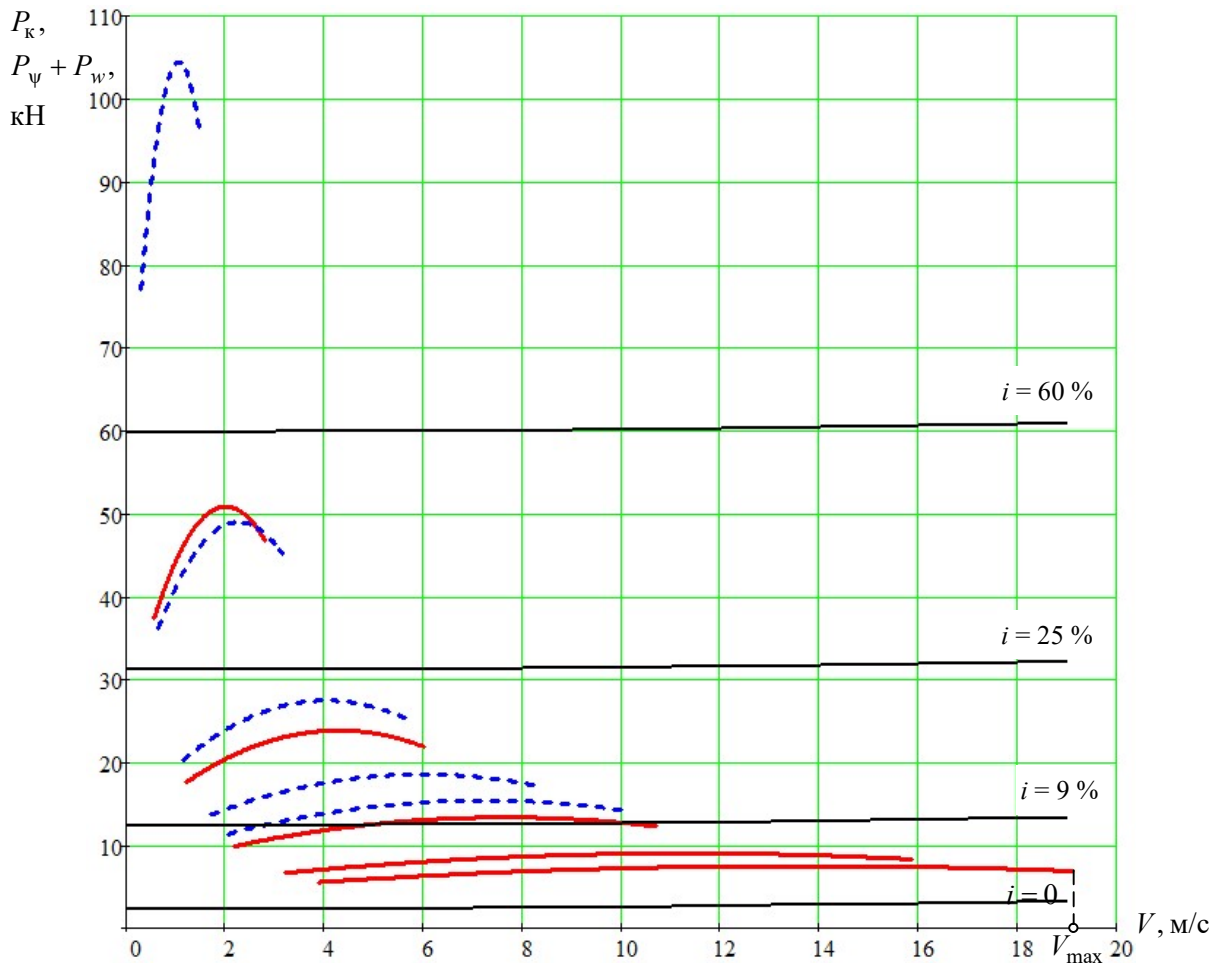


Рисунок 2 – Графік тягового балансу БТР-70 з двигунами TCD 2013 L4 4V Truck та D 914L3

Максимальний динамічний фактор бронетранспортера у повноприводному режимі й за нижчої передачі у роздавальних коробках розрахований за формулою (6) і складає 0,92.

Максимальна швидкість руху, як і для БТР-70Т, обмежується конструкцією трансмісії і складає 19,11 м/с (68,8 км/год). Якщо у складі трансмісії залишиться штатна коробка передач з прямою вищою передачею, максимальна швидкість руху бронетранспортера складе 15,9 м/с (57 км/год). Враховуючи зазначене, доцільно провести додаткові дослідження щодо способу зниження передаточного числа трансмісії на вищій передачі і збільшення максимальної швидкості руху бронетранспортера по дорогах з твердим покриттям. Можливим варіантом є встановлення підвищувального редуктора (дільника) на вході коробки передач, що працює з основним двигуном.

Висновки

1. Модернізація БТР-70 до варіанту БТР-70Т суттєво підвищує тягові властивості й дещо покращує паливну економічність машини, однак, максимальна швидкість руху обмежується конструкцією трансмісії. Через більший максимальний крутний момент двигунів Д245.30Е2, порівнюючи з двигунами ЗМЗ-4905, потребують додаткових досліджень запас міцності і довговічність окремих деталей механізмів трансмісії.

2. Одним із можливих варіантів заміни штатних двигунів бронетранспортера БТР-70 є встановлення двох дизелів фірми DEUTZ різної потужності. У цьому разі потужність від основного двигуна DEUTZ TCD 2013 L4 4V (161 кВт) передається тільки на першу і третю осі машини й

забезпечує режим руху з максимально можливою за конструкцією трансмісії швидкістю по всіх типах доріг з твердим покриттям. Другий двигун D 914L3, потужністю 43 кВт, разом з першим двигуном забезпечує рух бронетранспортера у складних дорожніх умовах за значних величин опору рухові і відносно низьких коефіцієнтів зчеплення (дороги з покриттям, що деформується, бездоріжжя, круті підйоми і спуски).

За такої конструкції і режиму роботи силової установки очікується суттєве покращення паливної економічності бронетранспортера, визначення чисельних показників якої потребує додаткових досліджень.

Сумарна потужність двох двигунів складає 204 кВт, що на 26 кВт менше, ніж потужність двох двигунів БТР-70Т, проте, задані показники тягово-швидкісних властивостей забезпечуються, хоча й на нижчому рівні, порівнюючи з БТР-70Т.

З причини того, що частота обертання колінчастого вала дизельних двигунів приблизно на 25–30 % нижча, ніж відповідна частота бензинових двигунів, максимальна швидкість руху бронетранспортера з дизелями обмежується конструкцією трансмісії й складає близько 70 км/год. Зазначене не відповідає сучасним вимогам до машин такого типу, тому, як варіант, пропонується встановлення на вході коробки передач підвищувального редуктора (дільника). У цьому разі можна зменшити передаточне число трансмісії на вищих передачах і відповідно збільшити максимальну швидкість руху бронетранспортера по дорогах з твердим покриттям.

Перелік джерел посилання

1. Порівняльний аналіз конструктивних і техніко-експлуатаційних показників українських броньованих машин / Кайдалов Р. О. та ін. *Наукові нотатки* : міжвуз. зб. Луцьк : ЛНТУ, 2020. Вип. 69. С. 45–54.

2. Топчій Р. І. Формування підходів до системи оцінювання умов експлуатації бронетехніки шляхом впровадження енергетичних характеристик транспортного потоку. *Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України*. Харків : Акад. ВВ МВСУ, 2013. Вип. 1 (21). С. 66–70.

3. Пропозиції щодо вдосконалення конструкції бронетранспортерів Національної гвардії України / Мазін С. П. та ін. *Наукові нотатки* : міжвуз. зб. Луцьк : ЛНТУ, 2017. Вип. 60. С. 156–160.

4. Дослідження паливної економічності броньованих колісних машин і шляхи її покращення / Мазін О. С. та ін. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків : НА НГУ, 2015. Вип. 2 (26). С. 60–64.

5. Літвінов О. В. Експериментальне оцінювання показників динаміки та опору руху спеціалізованої колісної техніки. *Механіка та машинобудування*. Харків : НТУ “ХПІ”, 2017. Вип. 1. С. 278–288.

6. Радикальна модернізація. Як зі старого радянського БТР зробили “вбивцю беспілотників”. URL : <https://www.dsnews.ua/politics/radikalnaya-modernizatsiya-kak-iz-starogo-sovetskogo-btr-11102018080000> (дата звернення : 15.09.2020). Назва з екрана.

7. КБ імені Морозова модернізувало бронетранспортер БТР-70. URL : <http://elvisti.com/news/2003/11/1/kb-imeni-morozova-modernizirovalo-bronetransporter-btr-70> (дата звернення : 10.10.2020). Назва з екрана.

8. БТР-70Т. URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki/БТР-70Т> (дата звернення : 14.10.2020). Назва з екрана.

9. До вибору типу двигуна при модернізації БТР-70 / Сахно В. П. та ін. *Сучасні технології у машинобудуванні та транспорті*. Луцьк, 2020. Вип. 2 (15). С. 134–146.

10. Стримовский С. В., Слюсаренко Ю. А., Соловьев В. М. Анализ трансмиссий современных легкобронированных колесных военных машин и их влияния на параметры подвижности. *Интегрированные технологии и энергосбережение*. Харьков : НТУ “ХПИ”, 2014. № 3. С. 97–107.

11. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів : у 3 ч. Ч 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів : навч. посіб. / Сахно В. П. та ін. Донецьк : Ноулідж (дон. від-ня), 2014. 444 с.

12. Страшний І. Л., Горбунов А. П. Експлуатаційні властивості автомобілів : навч. посіб. Харків : Акад. ВВ МВС України, 2014. 94 с.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2021 р.

УДК 629.014

Р. О. Кайдалов, І. Л. Страшний, Г. М. Маренко, А. В. Диких

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ
БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-70**

Проведен аналіз можливих варіантів модернізації системи “двигатель – трансмісія” бронетранспортера БТР-70. Виконан розрахунок основних показателів тягово-швидкісних властивостей бронетранспортера. Побудовані та проаналізовані графіки тягового балансу для двох варіантів модернізації бронетранспортера.

К л ю ч е в ы е с л о в а: модернізація, силова установка, трансмісія, тягово-швидкісні властивості.

UDC 629.014

R. Kaidalov, I. Strashnyi, G. Marenko, O. Dikikh

**RESEARCH OF RATIONAL VARIANTS OF MODERNIZATION
OF ARMORED TROOP-CARRIER BTR-70**

Currently, the National Guard of Ukraine and other power structures of the state are actively working on the acquisition of subdivisions with modern weapons, including armored vehicles. For objective reasons, such work cannot be done in a short time, therefore, the BTR-70 armored troop-carrier, developed and adopted in the seventies of the last century, is still in operation in significant numbers.

An analysis of the design of the armored troop-carrier indicates that its power plant has structural features that do not fully meet modern approaches to the design of such weapons and, moreover, the vehicles have practically exhausted their assigned resource. However, the experience of operating the BTR-70, including in the combat zone, testifies that the potential capabilities and maintainability inherent in its design make it possible to use the armored troop-carrier even after the end of its intended resource, although the aforementioned complicates and increases the cost of operation.

One of the ways to solve this problem is the modernization of the power plant of the armored troop-carrier, in particular, the replacement of gasoline engines with modern diesel engines and the improvement of the transmission design.

In the course of the study, traction and speed properties of the armored vehicle in the standard configuration and when equipped with two D245.30E2 engines and Deutz engines are calculated and estimated. As a change in the design of the transmission, the option of replacing the standard gearbox with a gearbox with an overdrive is considered.

It was found that equipping an armored personnel carrier with modern diesel engines in both cases leads to a significant increase in traction properties and an improvement in the fuel efficiency of the vehicle. However, due to the fact that the crankshaft speed of diesel engines is approximately 25-30 % lower than the corresponding frequency of gasoline engines, the maximum speed of an armored personnel carrier with diesel engines is limited by the design of the transmission and is about 70 km / h.

This does not meet modern requirements for machines of this type, therefore, as an option; it is proposed to install a step-up reducer (divider) at the inlet of the gearbox. In this case, it is possible to reduce the gear ratio of the transmission in higher gears and, accordingly, increase the maximum speed of the armored troop-carrier on paved roads.

К е y w o r d s: modernization, engine, transmission, haulage and speed capacity.

Кайдалов Руслан Олегович – доктор технічних наук, професор, начальник кафедри бойового та логістичного забезпечення Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-5131-6246>

Страшний Ігор Леонідович – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0002-7517-3032>

Маренко Геннадій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0002-7461-9186>

Диких Олександр Вікторович – начальник відділу спеціалізованого транспорту науково-дослідної лабораторії спеціалізованого транспорту та форменого одягу Державного науково-дослідного інституту МВС України.
<https://orcid.org/0000-0002-3511-3350>