

В.П. Сахно, О.В. Диких

## ДО ВИБОРУ ТИПУ ДВИГУНА ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ КОЛІСНОЇ ТЕХНІКИ

При переобладанні спеціалізованої колісної техніки (СКТ) заміні підлягають, як правило, тільки двигуни базової машини. Розглянуті варіанти заміни двох бензинових двигунів ЗМЗ-4905 двома дизелями однакової потужності різних автомобілебудівних фірм. Пропонується заміна двох двигунів однакової потужності на два двигуни різної потужності з однаковими частотними параметрами як для потужності, так і крутного моменту – основного DEUTZ TCD 2013 L4 4V потужністю 161 кВт і додаткового двигуна DEUTZ D 914L3 потужністю 43 кВт. Сумарна потужність двох двигунів складе 204 кВт, тобто на 26 кВт менше за потужність двох двигунів Д245.30Е2, проте задані показники тягово-швидкісних властивостей забезпечуються.

**Ключові слова:** спеціалізована колісна техніка, двигун, потужність, тягово-швидкісні властивості.

With the predominance of specialized wheeled equipment (SCT) are replaced, as a rule, only the engines of the base machine. Options for replacing two ZMZ-4905 gasoline engines with two diesel engines of the same power from different automobile companies are considered. It is proposed to replace two motors of the same power with two motors of different power with the same frequency parameters for both power and torque - the main DEUTZ TCD 2013 L4 4V with a capacity of 161 kW and an additional motor DEUTZ D 914L3 with a capacity of 43 kW. The total power of the two engines will be 204 kW, ie 26 kW less than the power of the two engines D245.30E2, but the specified traction and speed properties are provided.

**Keywords:** specialized wheel equipment, engine, power, traction-speed properties.

Досвід виконання Національною гвардією України (НГУ) та іншими силовими структурами держави завдань за призначенням, особливо в зоні проведення операцій об'єднаних сил (ООС), показав на ефективність використання броньованих колісних машин в умовах безпосереднього зіткнення з противником, а також для швидкого перевезення особового складу, знищення живої сили противника, супроводження військових автомобільних колон [1]. Тому при розробці нової техніки, а також модернізації існуючої одним із основних питань є вибір силової установки і роботи у цьому напрямку слід вважати актуальними.

Виготовлення та модернізація спеціальної колісної техніки (СКТ) повинні проводитися з додержанням затверджених вимог, зокрема, до наступних показників [2]:

- максимальна швидкість руху по шосе – не менше 85-100 км/год;
- мінімальна стійка швидкість – 2-3 км/год;
- максимальний динамічний фактор на нижчій передачі у КПП та РК – 0,7-0,9, а на прямій передачі – 0,06-0,15;
- вага буксирюемого причепа до 70 % від повної маси автомобіля;
- середня швидкість руху по дорогам з твердим покриттям – 40-50 км/г, по ґрунтовим – 30-40 км/год;
- середня швидкість руху по дорогам, які розмоклі та засніжені або колонним шляхам – 15-20 км/год;
- впевнено подолання труднопрохідних ділянок місцевості;
- подолання крутих підйомів до  $35^{\circ}$ , зтяжних спусків, косягорів до  $25^{\circ}$ , порогових перешкод висотою 0,8-1,0 та ровів шириною 1,0-1,3 радіуса колеса.

Перелічені вимоги повинні виконуватися як при модернізації спеціальної колісної техніки, так і при її переобладнанні. Модернізація включає заміну двигун-трансмисія існуючої моделі на більш сучасну і прогресивну. Переобладнання стосується лише заміни двигунів або трансмісії.

При переобладнанні СКТ заміні підлягають, як правило, тільки двигуни базової машини. Сама ідея подібної модернізації техніки в Україні не нова і до початку бойових дій на Донбасі вже були вдало реалізовані проекти на ДП “Миколаївський бронетанковий завод” під назвою БТР-7(БТР-70Ді) тоді штатні силові установки замінили 2 двигунами FPT IVECO Tector P4

потужність 150 к.с. кожний, що на 30 к.с. більше ніж в рідного двигуна марки ГАЗ. Також були і інші варіації ремоторизації машини, так вітчизняний ХБКМ ім. Морозова у середині 2000х років представив БТР-70 з встановленим двигуном вітчизняного виробництва УТД-20 на бронетранспортер, а ДП «Житомирський бронетанковий завод» - двох дизелів виробництва марки General Motors та потужністю 140 к.с. [3].

Як при модернізації, так і при переобладнанні СКТ не до кінця вирішеним є питання потужності силової установки, яка задовольнила б усім вимогам, що висувуються до подібної техніки. Показники тягово-швидкісних властивостей автомобіля визначаються типом та потужністю двигуна, типом та передаточними відношеннями коробки передач  $u_{ki}$ , додаткової коробки передач  $u_{dk_i}$ , головної передачі  $u_0$ , ККД трансмісії, а також параметрами рушія.

Потрібну ефективну потужність двигуна автомобіля визначають за вказаними величинами максимальної швидкості руху  $V_{max}$  і коефіцієнта опору кочення  $f_v$  із рівняння потужнісного балансу при русі автомобіля з максимальною швидкістю за відомою залежністю:

$$N_v \eta_m = \frac{f_v G_a V_{max} + K_B F V_{max}^3}{1000}, \text{ кВт} \quad (1)$$

де  $f_v$  - коефіцієнт опору дороги за максимальної швидкості  $V_{max}$  автомобіля;

$G_a$  – сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н;

$K_B$  - коефіцієнт опору повітря,  $\text{Н} \times \text{с}^2 / \text{м}^4$ ;

$F$  - площа Міделя (для автомобілів приймається рівною площі проекції автомобіля на площину, що перпендикулярна його поздовжній осі),

$F = B \times H, \text{ м}^2$ ;  $B$  – колія,  $H$  – висота автомобіля;

$\eta_m$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії автомобіля.

Механічний коефіцієнт корисної дії (ККД) залежить від кількості і властивостей кінематичних пар, що передають механічну енергію від колінчастого валу двигуна до ведучих коліс автомобіля:

$$\eta_m = \eta_{kn} \times \eta_{pk} \times \eta_{kpn} \times \eta_{en} \times \eta_{kp}, \quad (2)$$

де  $\eta_m, \eta_{kn}, \eta_{pk}, \eta_{kpn}, \eta_{en}, \eta_{kp}$  - відповідно ККД трансмісії, коробки передач, роздавальної коробки, карданного шарніру, головної передачі, колісного редуктора.

У роботі [3] показано, що для трансмісії БРТ при роботі одного двигуна  $\eta_m = 0,837$ , а при роботі двох двигунів  $\eta_m = 0,701$ .

Таким чином, при роботі двох двигунів сумарна їх потужність повинна бути не меншою  $N_{\Sigma}$  за швидкості 25 м/с – 184 кВт, а за швидкості 30 м/с – 285 кВт. Разом з тим, при роботі тільки одного двигуна з приводом тільки на два мости необхідна потужність складе: за швидкості 25 м/с – 154 кВт, а за швидкості 30 м/с – 240 кВт.

Отримане значення потужності необхідно перевірити за умови подолання автомобілем максимального підйому (трансмісія автомобіля залишається незмінною). За технічних вимог величина максимального підйому складає  $30^0$ . При цьому сила опору підйому визначиться як

$$P_h = G_a \times \sin \alpha, \quad (3)$$

а сила опору дороги

$$P_{\psi} = P_h + P_f = G_a \times \sin \alpha + G_a \times \cos \alpha \times f. \quad (4)$$

За кута підйому  $30^0$  реальна дорога може бути тільки ґрунтовою, для якої опір кочення можна прийняти рівним  $f = 0,03 \dots 0,035$  (коефіцієнт зчеплення 0,4...0,5) [8]. Тоді сила опору дороги складе  $P_{\psi} = 61804$  Н, а необхідна потужність при русі зі швидкістю 5 км/год  $N_{\psi} = 85,84$  кВт, тобто визначальною є потужність, що визначена за умови руху автомобіля з максимальною швидкістю.

Окрім руху з максимальною швидкістю силова установка автомобіля повинна забезпечити і можливість руху в складних дорожніх умовах, для руху в яких максимальний динамічний

фактор на нижчій передачі у КПП та РК повинен бути в межах  $D_{\max}=0,7-0,9$ . За незмінної трансмісії БТР максимальний динамічний фактор при роботі одного двигуна TCD складе:

$$D_{\max} = \frac{P_{\max} - P_n}{G_a}, \quad (5)$$

$$\text{де } P_{\max} = \frac{M_{e\max} \times \eta_m \times u_{k1} \times u_{pkh} \times u_0 \times u_{kp}}{r_d}, \quad P_n = k_v FV^2$$

За швидкості до 5 м/с силу опору повітря можна не враховувати. Тоді

$$D_{\max} = \gamma_{\max} = \frac{P_{\max}}{G_a} = 0,922,$$

тобто умова руху за динамічним фактором забезпечується.

За умови установки на автомобілі двигунів однієї фірми з однаковими частотними параметрами як для потужності, так і крутного моменту, у якості основного двигуна можна прийняти двигун DEUTZ TCD 2013 L4 4V потужністю 161 кВт, а додаткового - двигун D 914L3 потужністю 43 кВт. Сумарна потужність двох двигунів складе 204 кВт, тобто на 26 кВт менше за потужність двох двигунів Д245.30Е2, проте задані показники тягово-швидкісних властивостей забезпечуються.

Для остаточного прийняття рішення стосовно заміни двигунів необхідно визначити і інші показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності БТР-70 при установці різних типів двигунів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. С.П. Мазін, Г.М. Маренко, А.Г. Скиба, В.М. Франков Пропозиції щодо вдосконалення конструкції бронетранспортерів Національної гвардії України/ Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2017. Випуск № 60 (111). – С.156-160.
2. Літвінов О.В. Експериментальне оцінювання показників динаміки та опору руху спеціалізованої колісної техніки/Механіка та машинобудування, 2017, №1, с.278-288
3. Сахно В.П. До вибору типу двигуна при модернізації БТР-70 /В.П.Сахно, Д.М.Ященко, О.В.Диких, В.В.Стельмашук, В.П.Онищук//Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцький НТУ, 2020. - №2(15). – С.134-146.

**Сахно Володимир Прохорович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, м. Київ, Національний транспортний університет, [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net)

**Диких Олександр Вікторович**, аспірант кафедри автомобілів, м. Київ, Національний транспортний університет, [aleksandrddik@ukr.net](mailto:aleksandrddik@ukr.net)

**Volodymyr Sakhno**, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: [sakhno@ntu.edu.ua](mailto:sakhno@ntu.edu.ua)

**Oleksandr Dykich**, magistr of transport, postgraduate student of Automobiles Department, National Transport University, [aleksandrddik@ukr.net](mailto:aleksandrddik@ukr.net)