

# Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 629.114-592

С.І. Борових, С.М. Новічонок, І.В. Рогозін, І.В. Терентьєва

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ПЕРСПЕКТИВНА СХЕМА ПОБУДОВИ ЗАСОБУ РУХОМОСТІ АЕРОДРОМНОГО ПЕРЕСУВНОГО ЕЛЕКТРОАГРЕГАТУ

*Запропонована перспективна схема побудови засобу рухомості (ЗР) аеродромного пересувного електроагрегату (АПА). Досліджена можливість використання спеціального обладнання засобів наземного забезпечення дій авіації (ЗНЗДА) у перспективному ЗР. Наданий варіант створення гібридного автомобілю (ГА) на базі аеродромного пересувного електроагрегату АПА-50М.*

**Ключові слова:** засіб рухомості, засіб наземного забезпечення дій авіації, аеродромний пересувний електроагрегат, гібридна силова установка, гібридний автомобіль.

### Вступ

**Постановка проблеми** Відомо, що засоби наземного забезпечення дій авіації є невід'ємною частиною авіаційних комплексів п'ятого покоління [1, 2]. Однак, на цей час більшість ЗР ЗНЗДА Повітряних сил (ПС) Збройних сил (ЗС) ЗС України вже фізично застаріли – вичерпали свій ресурс за термінами експлуатації або він закінчується у найближчі роки [1]. Заміна парку ЗР ЗНЗДА або проведення капітального (регламентованого) ремонту з модернізацією до рівня зразків ЗР країн НАТО є актуальною задачею сьогодення. Тяжкий фінансовий стан країни накладає значні обмеження на можливості формування парку ЗР. Цьому питанню присвячені ряд робіт [1, 2]. В той же час необхідно вивчати можливості розвитку ЗР ЗНЗДА відповідно до світових тенденцій. Більшість провідних країн світу звертають все більш увагу збереженню навколишнього середовища та збереженню ресурсів у військовій сфері [1]. Тому дослідження, що спрямовані на покращення екологічності та економічності засобів рухомості, є **актуальними**.

**Аналіз останніх публікацій.** У 2008 року ЗС України були прийняті на озброєння автомобілі підвищеної прохідності (КрАЗ-6322, КрАЗ-6321, КрАЗ-6446). Ці автомобілі за основними технічними характеристиками відповідають вимогам, що висуваються до ЗР ЗНЗДА, але це вірно лише для теперішнього часу. Постійний зріст цін на енергоносії та підвищення вимог щодо попередження забруднення навколишнього середовища постійно наближає ці автомобілі до межі морального старіння [1 – 5].

Одним з перспективних напрямків розвитку ЗР у світі є використання автомобільної техніки що має гібридну силову установку (гібридні автомобілі).

За даними компанії General Motors на замовлення міністерства оборони США, був спроектова-

ний прототип армійського вантажного автомобіля, який включає сучасну дизель-гібридну силову установку [4]. Перевагами цих ЗР з боку військових є:

- можливість замінити в необхідних випадках стаціонарні генератори;
- менше, у порівнянні з сучасними двигунами, виділення тепла (менша уразливість до боєприпасів із тепловим способом наведення);
- зниження витрат палива (підвищення запасу ходу);
- здатність діяти непоміченими з боку супротивника (знижений рівень шуму).

Крім того від поширення застосування ГА у збройних силах очікується прискорення і цивільного застосування гібридних та електричних транспортних засобів в країні, що є соціальною перевагою. Після проведення випробувань, до кінця 2010 року планується поставка близько 30000 подібних ЗР до армії США [4].

Конструкції гібридних автомобілів постійно розвиваються. Так, наприклад, компанія Honda у модельному ряду автомобілів «Hybrid» 2003 – 2005 років використовувала систему Integrated Motor Assis (ІМА) (двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) забезпечує основну тягу, а електродвигун – допоміжну, у разі особливих навантажень) [5]. При цьому потужності електродвигуна (ЕД) недостатньо для руху автомобіля за допомогою електромотору. З 2006 року Honda почала оснащувати ГА системою четвертого покоління, в яких на відміну від системи ІМА, ЕД включається на будь-яких навантаженнях, навіть на невеликих швидкостях руху ГА.

На цей час набули поширення декілька конфігурацій гібридних автомобілів (ГА) – гібрид з паралельним розміщенням, гібрид з послідовним розміщенням ДВЗ і ЕД, а також їх поєднання.

Паралельна гібридна система – це комбінація електричної і дизельної силових установок, де електродвигун і дизельний двигун можуть працювати незалежно один від одного. Це рішення дозволяє використовувати енергію гальмування і тому підходить для автомобілів, які експлуатуються на ділянках шляху, що вимагають здійснювати часті зупинки.

ГА з послідовно розташованими ДВЗ і електричним двигуном використовують традиційний двигун виключно для вироблення електроенергії для ЕД, який і приводить автомобіль до руху. На сьогоднішній день ця конфігурація в чистому вигляді не використовується в жодному автомобілі.

Більшість ГА, включаючи автомобілі компаній Toyota і Ford, використовують комбінації паралельного і послідовного приводів. Такі автомобілі, в основному, в звичайному режимі працюють або на двигуні внутрішнього згорання, або ж тільки на електродвигуні і лише за певними умовами (наприклад, під час інтенсивного прискорення або підняття в гору) – на обох одночасно.

Розглянуті конфігурації ГА дозволяють добитися високої економії палива. Викиди шкідливих речовин в атмосферу при цьому незначні. До недоліків можна віднести порівняльна високу вартість

та складність конструкції ГА у порівнянні з традиційними схемами силової установки ЗР.

Гібридні автомобілі за відгуками користувачів [5] показують свої переваги у двох випадках: перший – при низькошвидкісному повторно-короткочасному режимі руху, другий – при високошвидкісному тривалому режимі.

Відомо, що при виконанні більшості завдань ЗР ЗНЗДА використовують низькошвидкісний повторно-короткочасний режим руху.

Цей факт робить їх привабливими до використання гібридного приводу. При цьому конструкція деякого спеціального обладнання ЗР ЗНЗДА може бути використана як частина елементів гібридної силової установки [5, 6].

**Метою дослідження** є розробка загальної схеми використання елементів спеціального обладнання як частини елементів гібридної силової установки ЗР ЗНЗДА.

### Виклад основного матеріалу

Розглянемо основні технічні характеристики деяких ЗНЗДА, а саме аеродромних пересувних електроагрегатів (АПА) АПА-50, АПА-80, АПА-100 [6], що стоять на озброєнні ПС ЗС України та наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики аеродромних пересувних електроагрегатів

Характеристика ЗНЗДА	АПА-50М	АПА-80	АПА-100
Повна маса, кг	10550	10245	13230
Двигун (потужність, кВт)	ЗИЛ-131 (110)	ЗИЛ-131 (110)	КамАЗ-740 (154)
Колісна формула	6×6	6×6	6×6
Запас палива, л	2 × 170 + 150	2 × 170 + 150	210 + 60
Максимальна швидкість, км/год	80	80	85
Спеціальне обладнання			
Додатковий двигун : потужність, кВт частота обертання, об/хв.	У2Д6-С3 110 1600 – 1800	КАМАЗ-740 154 2400 ± 48	1Д6-ВВ 184 1600 – 1800
Максимальна сумарна тривала потужність, кВт	50	80	100
Вихідна напруга частотою 400 Гц трифазного струму, В	208; 36		
Вихідна напруга частотою 400 Гц однофазного струму, В	120		
Вихідна постійна напруга, В	28,5		
Синхронний генератор	БГС-112-40	БГС-112-40	БГС-175
Акумуляторні батареї	2×12-АСА-145		

В цих агрегатах використовуються дві силові установки (одна – для руху ЗР, друга – для спецобладнання), при цьому обидві силові установки мають у своїй основі ДВЗ.

Проведемо дослідження можливості заміни одного з ДВЗ на ЕД з метою створення гібридної силової установки.

Для дослідження обираємо одну з наведених вище машин, а саме АПА-50М.

Особливістю цього пересувного електроагрегату є використання двигуна У2Д6-С4 у якості силової установки для спецобладнання. Розглянемо можливу функціональну схему паралельної гібридної установки, яка наведена на рис. 1.

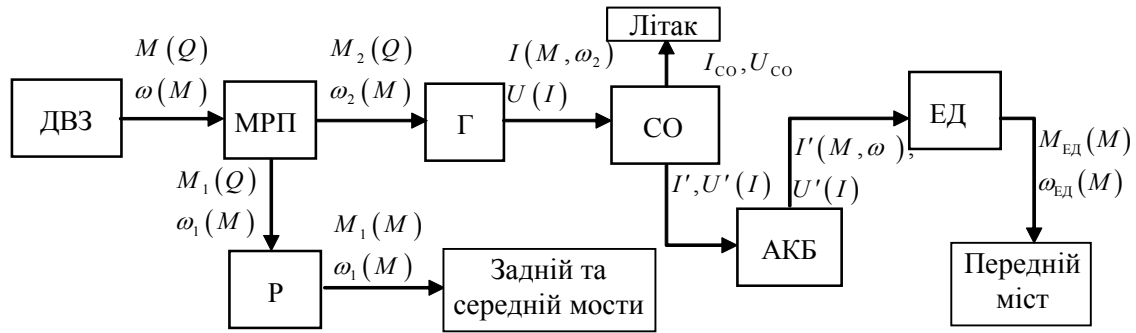


Рис. 1. Функціональна схема гібридної силової установки на базі АПА-50М

Теплова енергія згоряння палива перетворюється у ДВЗ в механічну енергію обертального руху валу. При цьому на валу маємо момент  $M(Q)$  та частоту обертання  $\omega(M)$ . Далі механічна енергія за допомогою механічного розподільчого пристрою (МРП) може бути розподілена за однією з двох гілок.

У першому випадку енергія передається до мостів задньої теліжки ЗР через редуктор (Р). Таким чином, у цьому випадку рух ЗР здійснюється від ДВЗ.

За другою гілкою механічна енергія потрапляє до генератору (Г) і надалі у вигляді електричної енергії  $I(M, \omega)$ ,  $U(I)$  до спецобладнання. Частка електричної енергії, що надходить зі спецобладнання, може бути використана для заряду додаткових акумуляторних батарей (ДАБ). ДАБ, у свою чергу, використовують для живлення ЕД. З ЕД механічна енергія передається до коліс переднього моста ЗР. Таким чином, маємо можливість здійснювати рух ЗР від ДВЗ або від ЕД. Для практичної реалізації запропонованої функціональної схеми необхідно розглянути питання підводу енергії до мостів.

Відомо [7], що у конструкціях шнекороторних снігоочисників (наприклад Д-707) автомобільний двигун ЗР (ЗИЛ-131) знятий. Підвід енергії до коліс та спецобладнання здійснюється від двигуна У2Д6-250ТК, що встановлюється за кабіною водія. Його силова передача складається з роздавального редуктора та штатних елементів трансмісії автомобіля ЗИЛ-131 (коробки переключення передач, роздавальної коробки та мостів, з'єднаних між собою карданною передачею). Як було наведено вище, розглядаєми АПА має у складі спецобладнання аналогічний двигун. Таким чином, схема силової передачі Д-707 може бути використана у запропонованому ЗР.

Більш складною є задача вибору ЕД. Для її вирішення необхідно визначити режим роботи двигуна та його потужність. При цьому необхідно врахувати, що ЕД та ДАБ повинні розміщатися у підкапотному просторі замість штатного двигуна.

Для визначення потужності ЕД скористуємося відомою методикою [3].

Використання ЕД передбачається під час виконання АПА завдань за призначенням. Згідно [7] максимальна швидкість ЗР ЗНЗДА під час обслуговування літаків складає 5 км/год (1,389 м/с). Користуючись принципом можливого розширення завдань, збільшимо це значення удвічі й будемо вважати, що максимальна швидкість може досягати величини  $V_{\max} = 10$  км/год (2,778 м/с).

Потужність двигуна визначається за відомою [3] формулою

$$N_e = \frac{(\phi_i \cdot G_{\text{АПА}} \cdot V_{\text{АПА}} + P_{i\text{АПА}}) \cdot V_{\text{АПА}}}{\eta_{\text{дб}}}, \quad (1)$$

де  $\phi_i$  – сумарний коефіцієнт опору АПА;

$G_{\text{АПА}}$  – вага АПА, Н;

$P_{i\text{АПА}}$  – сила опору повітря, Н;

$V_{\text{АПА}}$  – швидкість руху, м/с;

$\eta_{\text{дб}}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії АПА.

Сумарний коефіцієнт опору руху визначається з розрахунку

$$\phi_i = f + i_{\alpha}, \quad (2)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору руху АПА ( $f = 0,015 - 0,025$ );

$i_{\alpha}$  – коефіцієнт врахування нахилу поверхні ( $i_{\alpha} = 0,01 - 0,015$ );

Сила опору повітря визначається за формулою

$$P_{i\text{АПА}} = (k_{i\text{АПА}} \cdot B \cdot H \cdot V^2) \cdot g, \quad (3)$$

де  $B$  – висота АПА, м;

$H$  – ширина колії АПА, м;

$k_{i\text{АПА}}$  – коефіцієнт обтічності АПА ( $k_{i\text{АПА}} = 0,4 - 0,6$ );

Отже, виходячи з умов експлуатації АПА, приймаємо такі початкові дані:  $V_{\text{АПА}} = 2,778$  м/с;  $\eta_{\text{тр}} = 0,9$  (оптимальне значення в тяговому режимі руху);  $f = 0,015$  (для бетону);  $i_{\alpha} = 0,015$  (для поверхні з мінімальними підйомами та спусками);  $k_{i\text{АПА}} = 0,6$  (для найгіршого випадку).

Після підстановки значень у формулу (1) отримаємо  $N_{\Gamma \dot{\epsilon} \delta} = 11,6$  кВт.

У якості тягового двигуна, що відповідає отриманій потужності, можна застосувати двигун постійного струму ПТ-125Л/70, який використовується у електроавтомобілях та електрокарах. Основні параметри цього двигуна надані у табл. 2.

Таблиця 2

Основні параметри  
двигуна постійного струму ПТ-125Л/70

Найменування параметру	Значення
Напруга живлення, В	120
Потужність на валу, кВт	12,0
Споживаний струм, А, не більш	120
Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	2500
ККД %, не менш	80
Габаритні розміри, мм	Ш250×402
Виконання фланцеве, з внутрішніми шліцями у валу	ЭВ.20×1,25×16S4
Маса, кг, не більш	68

Як бачимо, за вагогабаритними показниками цей двигун також задовольняє потребам.

Останнє питання – це вибір акумуляторів.

За особливостями умов використання ЗНЗДА, безперервна тривалість руху саме ЗР під час обслуговування літаків буде складати близько 2 годин.

Згідно табл. 2, струм, який споживається за пропонованим ЕД, складає 120 А, а напруга – 120 В, тому для забезпечення 2 годин його безперервної роботи (за умови відсутності підзарядки) достатньо мати акумуляторну батарею ємністю 240 А/год. За своїми характеристиками у якості акумуляторної батареї ЕД можна обрати 100 акумуляторів типу ТНЖ-250 У2, які збираються у одну батарею. Так, батарея буде мати такі основні характеристики: ємність – 250 А/год, напруга – 120 В.

З урахуванням того, що під час роботи спецобладнання АПА акумуляторна батарея буде підзаряджатися за рахунок генератора, час використання ЕД ЗР буде збільшуватися.

Вартість встановлення ЕД з батареєю та їх вага буде компенсуватися за рахунок виключення зі складу АПА-50М двигуна ЗИЛ-131 з обладнанням та паливними баками з паливом.

## Висновки

Таким чином, використовуючи спеціальне обладнання ЗНЗДА, у перспективному ЗР можливо виключити використання ДВЗ для забезпечення руху саме ЗНЗДА під час обслуговування літаків. Це дозволить добитися економії палива та зниження викидів шкідливих речовин до атмосфери.

## Список літератури

1. Біла книга-2008: оборонна політика України. – К.: «Заповіт», 2009. – 100 с.
2. Жуков Г.П. Военно-экономический анализ и исследование операций / Г.П. Жуков, С.Ф. Викулов. – М.: Воениздат, 1987. – 440 с.
3. Подригало М.А. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М.А. Подригало, В.П. Волков., В.И. Курчатый, А.А. Бобошко. – Х: ХГАДТУ, 2002. – 403 с.
4. General Motors представляет гибридный военный пикап [Электронный ресурс]. – Режим доступа до сайту: <http://auto-inst.ru>.
5. Самые выгодные в эксплуатации гибридные автомобили [Электронный ресурс]. – Режим доступа до сайту: <http://www.autosite.com.ua>.
6. Средства аэродромно-технического обеспечения полетов: справочное пособие / Под ред. Л.Н. Страхова. – М.: Воениздат, 1980. – 319 с.
7. Про введення в дію Інструкції про організацію руху автотранспорту, засобів наземного забезпечення польотів та пішоходів на аеродромах Збройних Сил України. Наказ Командувача ВПС України від 19.10.1993 р. № 133.

Надійшла до редколегії 28.10.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковський, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ПЕРСПЕКТИВНАЯ СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ АЭРОДРОМНОГО ПОДВИЖНОГО ЭЛЕКТРОАГРЕГАТА

С.И. Борових, С.М. Новичонок, И.В. Рогозин, И.В. Терентьева

Предложена перспективная схема построения средства передвижения (СП) аэродромного подвижного электроагрегата (АПА). Исследована возможность использования специального оборудования средств наземного обеспечения действий авиации в перспективном СП. Предложенный вариант создания гибридного автомобиля на базе АПА-50М.

**Ключевые слова:** средство передвижения, средство наземного обеспечения действий авиации, аэродромный передвижной электроагрегат, гибридная силовая установка, гибридный автомобиль.

## PERSPECTIVE SCHEME OF AIRDROME MOVABLE ELECTRO-SET MOBILITY MEANS

S.I. Borovyh, S.M. Novichonok, I.V. Rogozin, I.V. Terentieva

It is offered the perspective scheme of airdrome movable electro-set mobility means. The possibility of special equipment of aviation operation ground support means application in the perspective mobility means is researched. It is given the variant of hybrid vehicle creation on the basis of APA-50M.

**Keywords:** mobility means, aviation operation ground support means, airdrome movable electro-set, hybrid power unit, hybrid vehicle.