

Метод вибору основних параметрів силового агрегату
для перспективного автомобільного шасі засобу наземного забезпечення
польотів авіації

АНОТАЦІЯ

наукової роботи під шифром «Гібрид-АПА»

Необхідності зменшення шкідливих викидів двигунами автомобілів до атмосфери, а також зменшення експорту нафти нашої країною та багато інших факторів викликають поширення застосування як у світі так й в Україні електричних та гібридних автомобілів (автомобільних шасі).

В той же час, розвиток сучасних зразків озброєння та військової техніки постійно потребує значної уваги до ефективності застосування усіх її компонентів. Одним з шляхів вирішення цих завдань є їх побудова з використанням сучасних досягнень науки та техніки, у тому числі автомобільних шасі з гібридною силовою установкою. Тому дана наукова робота є актуальною.

Метою наукової роботи є розробка методу вибору основних параметрів гібридного силового агрегату для перспективного автомобільного шасі засобу наземного забезпечення польотів авіації.

Для досягнення поставленої мети у роботі були вирішені такі завдання:

- проаналізовано засоби наземного забезпечення польотів авіації та перспективи їх розвитку;
- розроблено метод вибору основних параметрів силового агрегату автомобільного шасі засобу наземного забезпечення польотів авіації;
- визначено перспективи застосування гібридних силових агрегатів в засобах наземного забезпечення польотів авіації.

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та додатку, містить 9 рисунків та схем, 1 таблиця, список літератури з 29 використаних джерел. Загальний обсяг роботи 33 сторінки.

Ключові слова: автомобільне шасі, гібридна силова установка, засіб наземного забезпечення польотів авіації, коефіцієнт динамічності, генератор, мотор-колеса, озброєння та військова техніка, стала швидкість руху.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ	4
1.1. Завдання засобів наземного забезпечення польотів авіації	4
1.2. Аналіз засобів наземного забезпечення польотів авіації за способом приводу технологічного устаткування.....	5
1.3. Аналіз конструкції сучасних силових агрегатів автомобільних шасі	7
2. МЕТОД ВИБОРУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОГО АГРЕГАТУ АВТОМОБІЛЬНОГО ШАСІ ЗАСОБУ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ.....	11
2.1. Вибір схеми побудови силового агрегату перспективного автомобільного шасі	11
2.2. Розробка структурної схеми та визначення основних параметрів автомобільного шасі із застосуванням гібридного силового агрегату	19
2.2.1. Визначення параметрів та вимог до акумуляторних батареї автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом	21
2.2.2 Визначення параметрів мотор-колес автомобільного шасі оснащеного гібридним силовим агрегатом	24
3. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ В ЗАСОБАХ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ.....	26
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30
ДОДАТОК А СУЧАСНІ АВТОМОБІЛЬНІ ШАСІ ВИРОБНИЦТВА ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА "АВТОКРАЗ"	33

ВСТУП

Військові конфлікти останніх років та досвід проведення антитерористичної операції (АТО) та операції об'єднаних сил (ООС) на сході країни свідчать, що пріоритет в них віддається спільним діям всіх сил та засобів перевага в яких віддається авіації. В той же час виконання завдань з забезпечення польотів авіації є важливої складової наземного забезпечення польотів авіації без якої неможливі польоти будь-яких літальних апаратів (ЛА). Розвиток озброєння та військової техніки (ОВТ) та у тому числі автомобільних шасі (АШ), постійно потребує значної уваги. Автомобільні шасі засобів наземного забезпечення польотів авіації (ЗНЗПА) забезпечують, в першу чергу, таку важливу їх якість, як рухомість [1] – [7].

Одним з перспективних напрямків подальшого розвитку сучасних ЗНЗПА є використання в конструкції їх АШ силових агрегатів побудованих за електричними та гібридними технологіями (електродвигун та двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ)). У сукупності, все це призводить до необхідності знаходження теоретичного підґрунтя для створення сучасних зразків ЗНЗПА в цілому та зокрема їх автомобільних шасі з гібридними силовими агрегатами [7] – [18].

1. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇТА ПЕРСПЕКТИВИ ІЇХ РОЗВИТКУ

1.1. Завдання засобів наземного забезпечення польотів авіації

Виконання визначених завдань з забезпечення польотів авіації покладається на аеродромно-технічне забезпечення.

Аеродромно-технічне забезпечення – вид тилового забезпечення авіації Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України. Це є комплексом заходів, що організовує і здійснює авіаційно-технічна частина з метою безпосереднього забезпечення на аеродромах (посадкових майданчиках) польотів авіаційних частин (підрозділів) та окремих ЛА.

Одне з головних завдань з аеродромно-технічного забезпечення є завдання з забезпечення авіаційної техніки паливом, авіаційними засобами ураження, стиснутими та зрідженими газами, електричною та іншими видами енергії, спеціальними автомобілями аеродромно-технічного забезпечення та іншими матеріальними засобами, що вирішується ЗНЗПА. Тому в роботі розглядаються автомобільні шасі на прикладі засобів рухомості ЗНЗПА.

Не зважаючи на те, що переважно більшість вони експлуатуються в хороших дорожніх умовах (по аеродрому, його прилеглим територіям тощо) до ЗНЗПА висуваються інші вимоги на випадок необхідності їх розосередження, перебазування для створення нового аеродрому, мати потужний силовий агрегат (у випадку використання для приводу спеціального обладнання) [11] – [29]. Основні вимоги до них це:

- мобільність та маневреність;
- надійність;
- простота побудови та експлуатації;
- можливість виконання завдань в автономних умовах.

При підготовці ЛА до польотів навіть одна з найважливіших та найбільша частка робіт є операції з перевірки бортового електро- і радіоустаткування, різних систем управління. Для наземного обслуговування ЛА, залежно від їх типу, вимагається встановлених параметрів постійний та (або) змінний одно та

(або) трифазний електричний струм напругою від 28,5 до 208 В стабілізованою частотою до 900 Гц і потужністю до 100 кВт.

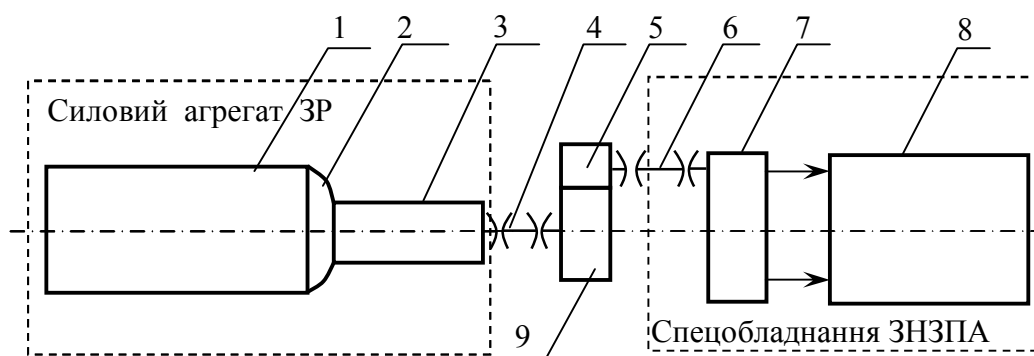
Живлення електроенергією споживачів ЛА на землі здійснюється, як правило, аеродромними пересувними електроагрегатами (АПА). Вони служать автономними джерелами електричної енергії і призначені для живлення постійним і змінним струмом бортової електро- і радіоапаратури ЛА при наземному обслуговуванні, а також електричних систем запуску авіаційних двигунів. Використання аеродромних пересувних електроагрегатів забезпечує збереження ресурсу двигунів і бортових джерел електричної енергії ЛА.

Тому у роботі розглядається автомобільне шасі зразка ОВТ на прикладі аеродромного пересувного електроагрегата, як одного з найважливіших засобів, що забезпечує підготовку авіації ПС ЗС України до польотів.

1.2. Аналіз засобів наземного забезпечення польотів авіації за способом приводу технологічного устаткування

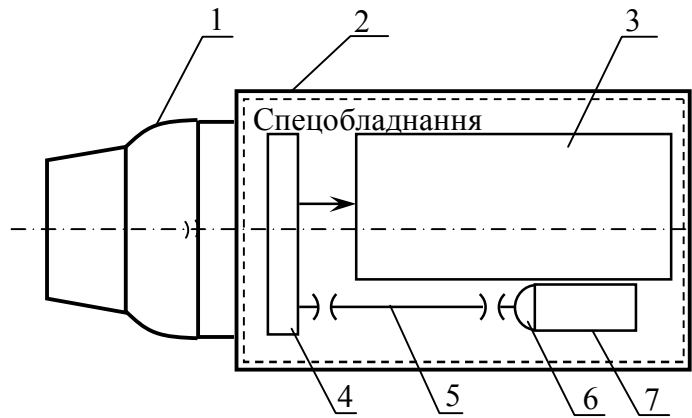
Аналізуючи ЗНЗПА, а саме АПА за способом приводу технологічного устаткування (відбором потужності на привід) можна визначити наступні групи [12]:

- 1) з приводом від двигуна АШ (рис. 1.1);
- 2) з приводом від автономного джерела механічної енергії (рис. 1.2).



- 1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – коробка переключення передач; 4, 6 – карданна передача; 5 – коробка відбору потужності; 7 – роздавальна коробка АШ; 8 – технологічне обладнання; 9 – роздавальна коробка спецобладнання

Рисунок 1.1 – Схема передавання крутного моменту від силового агрегату АШ до спецобладнання (група I)



- 1 – АШ; 2 – кузов АШ;
 3 – технологічне обладнання; 4 – роздавальна коробка спецобладнання;
 5 – карданна передача; 6 – зчеплення; 7 – двигун приводу
 спецобладнання

Рисунок 1.2 – Схема передавання крутного моменту до спецобладнання ЗНЗПА від автономного джерела механічної енергії (група II)

Також слід відзначити, що конструктивна АПА складається з базового шасі – автомобільного шасі і спеціального устаткування: генераторів змінного і постійного струму, акумуляторних батареї (АКБ), випрямлячів, електромашинних перетворювачів, комутаційної, захисної, вимірювальної та керуючої апаратури. При цьому в якості приводу генератора може використовуватися двигун базового шасі або автономний двигун, тобто групи I та II (рис. 1.1 та 1.2). На сьогодні в ПС ЗС України використовується ряд різних модифікацій пересувних електроагрегатів таких як АПА-80, АПА-100, АПА-50М, АПА-5Д, що відрізняються потужністю електричних систем і конструктивним виконанням.

Виходячи з розглянутих схем можливо зробити висновок, що для забезпечення роботи спеціального (технологічного) обладнання АПА застосовуються різні варіанти підведення потужності, що, у свою чергу, надає можливості побудувати перспективні зразки техніки ЗНЗПА з застосуванням сучасних досягнень науки та техніки.

1.3. Аналіз конструкції сучасних силових агрегатів автомобільних шасі

Враховуючі матеріал попереднього розділу та [12] всі АШ ЗНЗПА мають дизельні та бензинові (карбюраторні) двигуни. До того ж слід відзначити, що II та III групи ЗНЗПА за типом двигуна технологічного обладнання мають такі двигуни.

Слід відзначити, що практично всі сучасні АШ ЗС України, що є на озброєнні, використовують дизельні двигуни. Налагоджене виробництво, система технічного обслуговування та ремонту, а також надійність цих двигунів у сполученні з механічної (гідромеханічною) трансмісією майже не дає шансів для розвитку інших напрямків побудові силових агрегатів автомобільних шасі. Також слід відмітити, що прогрес у військовій сфері є поетапним процесом розвитку озброєння та техніки з чітко виділеними перевагами, адже кінцевий успіх зразка ОВТ вимірюється успішно виконаними бойовими завданнями.

В той же часу світи намітилась тенденція збільшення використання електричних двигунів в конструкціях автомобілів. Поширюється застосування автомобілів з гібридними силовими агрегатами (гібридних автомобілів)[7] – [9], [14], [16] – [19].

Розрізняються декілька конструктивних схем гібридних автомобілів.

1. Гібридні автомобілі за паралельним типом під'єднання електричного двигуна, що живиться від АКБ, які, в свою чергу, підзаряджаються від ДВЗ (HEV). Не мають можливості заряджання від зовнішнього джерела електричної енергії та мають обмеження руху на АКБ (рис. 1.3, а).

2. Гібридні автомобілі за паралельним та послідовно-паралельного типом під'єднання ДВЗ та електричних двигунів з можливістю заряджання від зовнішнього джерела електричної енергії (PHEV) і, відповідно, можливість руху на досить тривалу дистанцію (рис. 1.4).

3. Гібридні автомобілі послідовної конструкції силового агрегату з можливістю заряджання від зовнішнього джерела електричної енергії (REEV). В цих автомобілях ДВЗ працює сумісно з генератором, що виробляє енергію для заряджання АКБ, які, у свою чергу забезпечують роботу електричних двигунів (рис. 1.3, б).

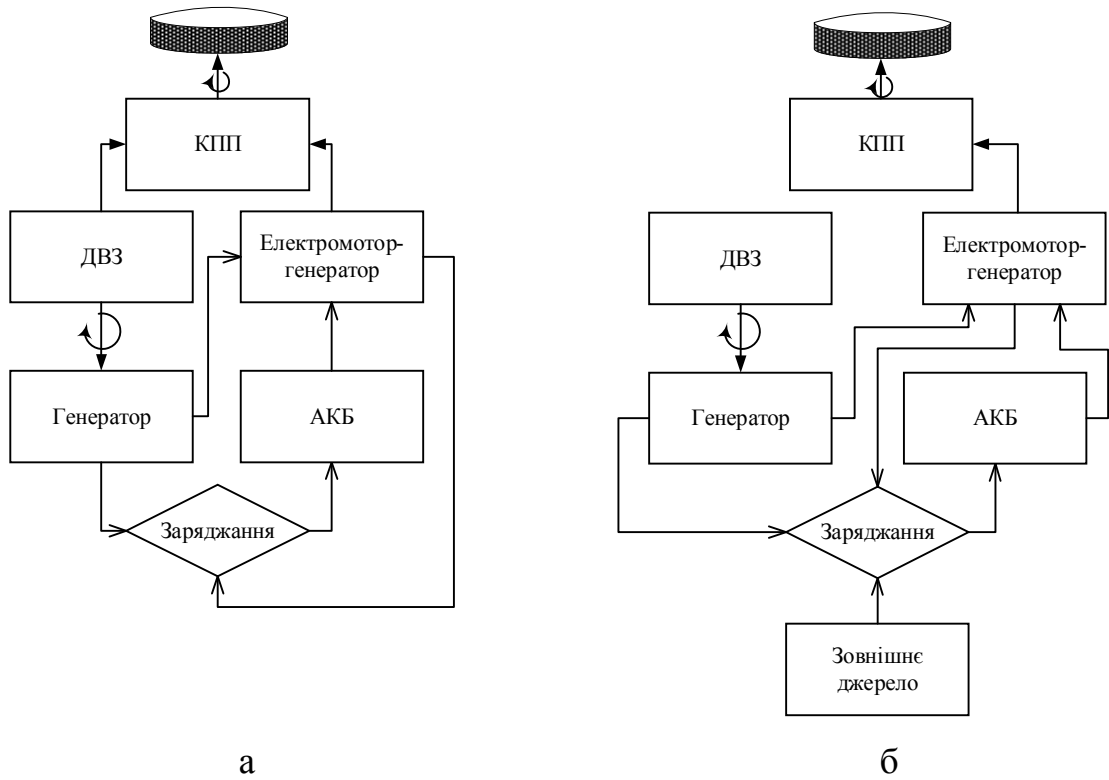


Рисунок 1.3 – Гібридні автомобілі:

а– за паралельним типом під'єднання (HEV); *б* – послідовної конструкції з можливістю заряджання електроенергією від зовнішнього джерела(REEV)

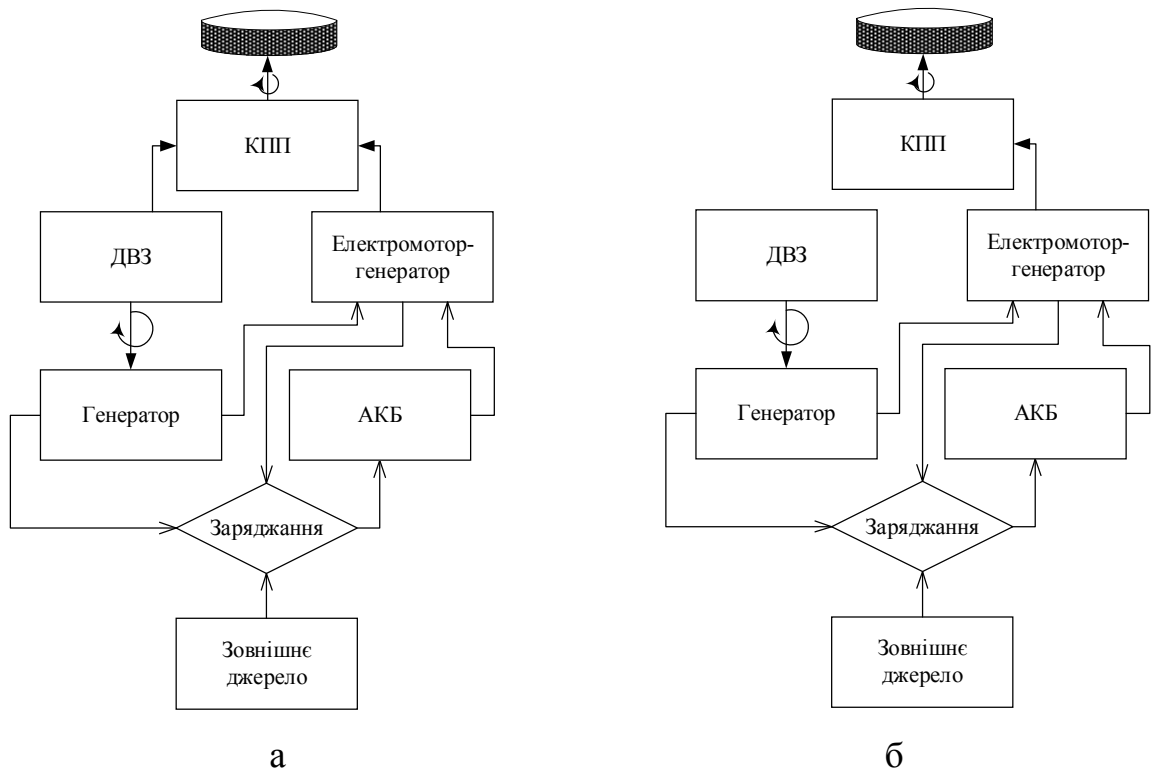
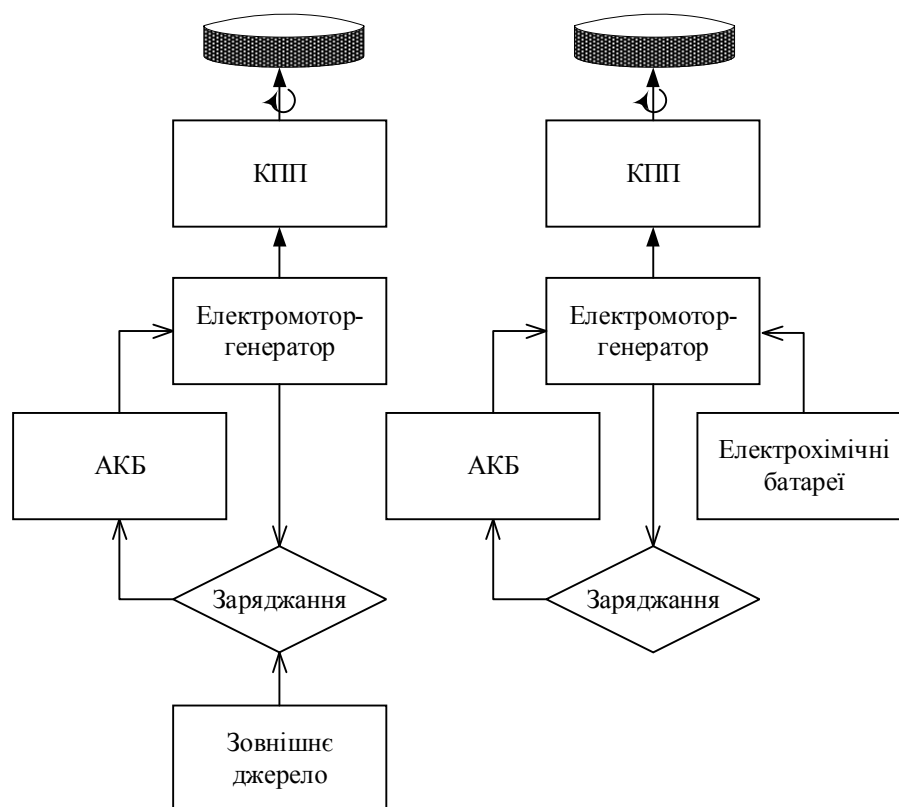


Рисунок 1.4 – Гібридні автомобілі за паралельним та послідовно-паралельного типом під'єднання ДВЗ та електричних двигунів (PHEV):

а – паралельно поєднані; *б* – послідовно поєднані

Інший напрямок розвитку автомобільної техніки – автомобілі з електричними двигунами (електромобілі) (рис. 1.5).



а) паралельно поєднані; б) послідовно поєднані

Рисунок 1.5 – Електромобілі:

а– що живляться від АКБ (BEV); б – що живляться від паливних електрохімічних елементів (FCEV)

На цей час розрізняють електромобілі (BEV), що приводяться до руху електричним двигуном, який отримує електроенергією від АКБ. АКБ заряджаються від зовнішніх джерел електричної енергії.

Електромобілі на електрохімічних елементах (FCEV). Наприклад те, що перетворюють водень в електричну енергію. Блок паливних елементів є за суттю електрохімічним генератором усередині якого відбувається реакція, при якій водень окислюється і виробляє електричну енергію, що приводять до руху електричні двигуни та живить інші системи.

Конструкція з повністю електричним приводом добре зарекомендувала себе в безпілотних автомобілях та малогабаритних тактичних автомобільних шасі країн

НАТО. Так, наприклад, в апаратах для знешкодження боеприпасів "Cutlass" розробки компанії Northrop Grumman, що перебуває на озброєнні збройних сил Великобританії. За рахунок електродвигунів в маточинах кожне колесо приводиться до дії окремо, незалежно від інших, що покращує керованість та надійність машини [13] – [18].

Необхідність використання різноманітних автомобільних шасі у збройних силах, а також боротьба з обмеженнями запасу руху електричного приводу призводить до необхідності розробки та використання гібридного електричного приводу в АШ. На цей час технології застосування гібридних та електричних силових агрегатів вони переважно застосовуються у цивільних автомобілях, ніж у військової автомобільної техніки, проте їх бурхливий розвиток може все змінити.

Висновки за розділом 1

Таким чином, за аналізом побудови та застосування гібридних та електричних силових агрегатів у сучасних автомобілях, слід відзначити, що їх розвиток в найближчому майбутньому може призвести до поширення їх використання в озброєнні та військовій техніці.

1. Аналіз розвитку аеродромної техніки провідних країн світу вказує на те, що для забезпечення їх рухомості застосовуються колісні АШ, що більшою частиною рухаються в хороших дорожніх умовах (по аеродрому, його прилеглим територіям тощо).

2. До автомобільних шасі засобів наземного забезпечення польотів авіації висуваються вимоги, щодо потужності силового агрегату на випадок необхідності їх розосередження, перебазування для створення нового аеродрому, та використання для приводу спеціального обладнання.

3. Застосування сучасних електричних та гібридних силових агрегатів в автомобільних шасі може забезпечити безперервне постачання та збільшення кількості електроенергії для перспективного, більш складного озброєння і військової техніки, у комплексно забезпечить ведення сучасних бойових дій.

4. За аналізом побудови та використання силових агрегатів автомобільних шасі, слід відзначити, що найбільш доцільно досліджувати можливості застосування електричних та гібридних (ДВЗ та електродвигун) приводів для перспективних засобів наземного забезпечення польотів авіації.

2. МЕТОД ВИБОРУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОГО АГРЕГАТУ АВТОМОБІЛЬНОГО ШАСІ ЗАСОБУ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ

2.1. Вибір схеми побудови силового агрегату перспективного автомобільного шасі

Враховуючи вище наведений матеріал проведемо аналіз та виберемо схему силового агрегату для перспективного АШ ОБТ на прикладі автомобільного шасі аеродромного пересувного електроагрегата. На цей час перспективними напрямками автомобілебудування є застосування в автомобілях повністю електричних та гібридних (ДВЗ та електродвигун) силових агрегатів, що набувають поширення у країнах Європи, Америки, а також й в нашій країні.

Так, одним з провідних світових виробників засобів наземного забезпечення польотів авіації, а саме тягачів для ЛА є компанія EAGLE [54]. Тягачі Eagle TT застосовуються на аеродромах багатьох країн світу у тому числі й країн НАТО. Вони стали відомі по всьому світові завдяки повнопривідній силовій передачі, що забезпечує якісне зчеплення з поверхнею і роботу в будь-яких погодних умовах. Модельний ряд тягачів Eagle дозволяє пересувати грузи від 30000 фунтів (13,5 т) до 90000 фунтів (40 т). Тягачі (буксири) серії TT випускаються з бензиновим (газовим), дизельним та електричним силовим агрегатом, схема якого наведена на рис. 2.1.

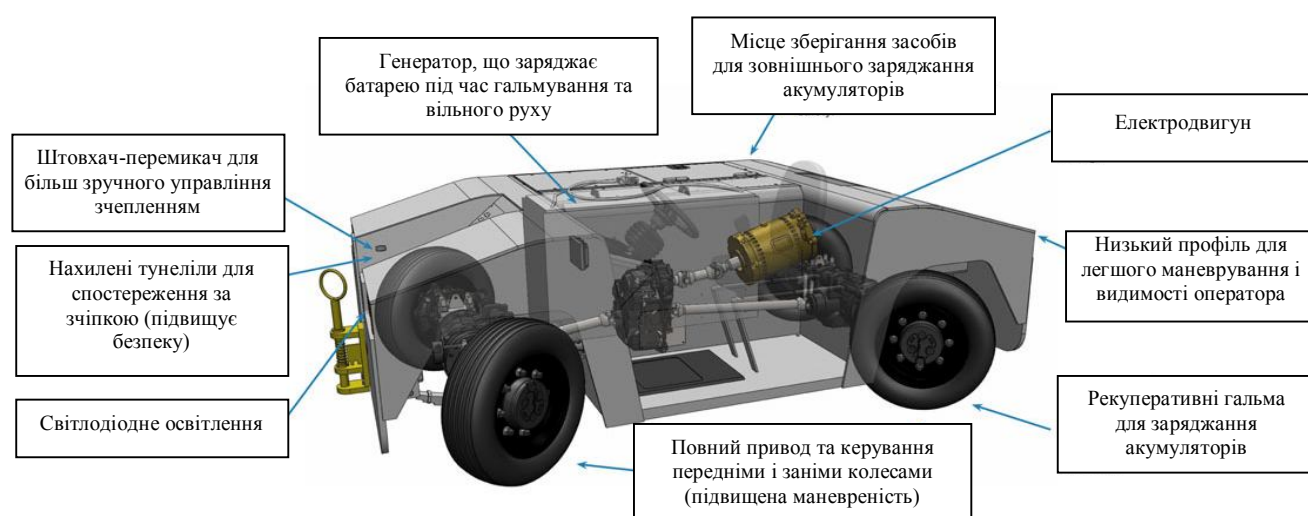


Рисунок 2.1 – Варіант буксира Eagle TT з електричним приводом

Аналіз переваг та недоліків у застосуванні АШ з повністю електричними силовими агрегатами, що узагальнено у таблиці 2.1 вказує на те, що основним недоліком електричного приводу є обмежений час його роботи. На цей час, в більшості випадків, час роботи зразків АШ з електричним приводом складає декілька годин. Адже він практично цілком залежить від ємності акумуляторів та доступу до джерела зовнішнього живлення для їх заряджання (дозаряджання).

Таблиця 2.1 – Аналіз переваг та недоліків електромобілів

№ з/п	Переваги	Недоліки
1.	Відсутність шкідливих викидів	Виробництво та утилізація АКБ пов'язані з отруйними компонентами (свинець, літій тощо)
2.	ККД електричного двигуна до 90 – 95 % У міському циклі двигун автомобіля витрачає близько 3 кінських сил	АКБ доки що не дозволяють мати запас ходу аналогічний автомобілю з ДВЗ(високоенергоємні АКБ занадто дорогі через застосування дорогих металів (срібло, літій тощо)
3.	Низькі витрати на експлуатацію АШ (не потрібні ДВЗ, класична КПП, ПММ, в т.ч. заміна масла, фільтрів, пасів ГРМ тощо) і його обслуговування (насос ПНВТ, паливні фільтри тощо)	Потрібна відповідна інфраструктура для підзарядки АКБ (Електрична автозарядна станція)
4.	Простота конструкції і керування автомобілем, висока надійність та довговічність шасі та двигуна у порівнянні зі звичайним автомобілем	Частина енергії АКБ повинна витрачатися на охолодження або обігрів салону, живлення інших енергоспоживачів, що потребує додаткових приладів
5.	Мала шумність під час експлуатації	Пішоходи, переходячи дорогу не в змозі орієнтуватися на шум АШ (за пропонується штучно підвищити рівень шуму електромобілів)
6.	Можливість підзарядки від побутової електричної мережі (проблему масового використання електромобілів у момент їх зарядки змогло б вирішити підзарядка АКБ в нічний час). Електричний (та гібридний) автомобіль надають можливість застосування енергії, що виробляється електростанціями будь-яких типів	Триваліший час заряджання акумуляторів в порівнянні з заправкою паливом (проте при середньому пробігу у день близько 50 км зарядка АКБ відносно не тривала (біля 6 год.) Незручності від тривалої зарядки у разі пересування на великі відстані (тривалої експлуатації) У разі масового використання електромобілів у момент їх зарядки від побутової мережі зростають перевантаження електричних мереж (зниження якості енергопостачання, ризик локальних аварій)
7.	Новітні АКБ не вимагають обслуговування протягом усього терміну служби	Необхідно застосувати електронні системи оперативного контролю за станом та зарядкою-розрядкою АКБ
8.	АКБ добре працюють під час руху на постійних швидкостях і під час плавних розгонів	У разі різких навантажень (стартів) АКБ втрачають велику кількість енергії (для збільшення пробігу електромобіля потрібні додаткові спеціальні "стартові" системи, наприклад, на конденсаторах)

№ з/п	Переваги	Недоліки
9.	Можливість застосування систем рекуперації енергії (економія до 25 %)	Немає
10.	Застосовування коліс з вбудованим електродвигуном (мотор-колесо), що дозволяє відмовитись від КПП та надає більше властивостей з маневреності (може повертати колеса перпендикулярно осі автомобіля)	Немає
11.	Можливість застосування в замкнутих місцях (приміщеннях) де не можливо організувати видалення відпрацьовані гази	Немає

Відповідно до наведеного у розділі 1, на даному етапі розвитку автомобільної техніки з гібридними силовими агрегатами є декілька різних напрямків. Кожна розробка по-своєму унікальна але вже зараз отримані основні типи та принципи побудови автомобілів з гібридним силовим агрегатом. Розглянемо їх конструкції, переваги та недоліки більш докладно.

У гібридних автомобілях з послідовним з'єднанням силового агрегату (див. рис. 1.3, б, 1.4, б) ДВЗ механічно не пов'язаний з ведучими колесами автомобіля. ДВЗ передає крутний момент тільки до генератору, а тяговий електричний мотор (чи мотори) отримує електричну енергію, що виробляється генератором або від АКБ (пакета акумуляторів).

Цей гібридний автомобіль має блок АКБ великої ємності, що дозволяє йому на деяких режимах рухатися при непрацюючому ДВЗ. А при великих навантаженнях енергія, накопичена в АКБ, поступає на тяговий електричний двигун спільно з електричною енергією, що виробляється у цей час генератором, що дозволяє встановлювати на автомобіль ДВЗ та генератор зменшеної потужності і, відповідно, зменшеної ваги. Але в цьому автомобілі ДВЗ залишається єдиним джерелом енергії.

На сталих режимах руху автомобіля, коли потужність, споживана тяговим електродвигуном, нижче за потужність, що виробляється генератором, зайва електрична енергія через елементи електричного управління, надходить до АКБ. На режимах часткового навантаження, на яких автомобіль експлуатується

велику частину часу, електричний двигун працює на електричній енергії, що поступає від генератора, але в режимах енергійного прискорення або інших високих навантажень цієї електричної потужності може бути недостатньо.

В цьому випадку енергія якої не вистачає отримується від АКБ. Окрім цього під час гальмування тяговий двигун починає працювати в режимі генератора і електрична енергія, що виробляється їм, так само накопичується в АКБ. Наявність потужної акумуляторної батареї дозволяє зменшити двигун внутрішнього згорання. Цей двигун може працювати в найбільш прийнятних для нього режимах роботи, не залежно від швидкості руху і навантаження автомобіля, що значно покращує паливну економічність і зменшує емісію двигуна. При цьому ДВЗ має значно меншу вагу і простішу конструкцію, оскільки двигун працює практично як стаціонарний, що дозволяє не обладнати двигун різними системами, що забезпечують роботу двигуна на різних режимах роботи.

Відомо, що за своїми тяговим характеристикам електричний двигун значно відрізняється від ДВЗ, який розвиває максимальну потужність і максимальний крутний момент тільки на високих оборотах. Електричний двигун навпаки розвиває максимальний крутний момент на самому початку обертання, крім цього у нього відсутня необхідність в холостому ході та він може обертатися в протилежному напрямку. Все це дозволяє виключити з конструкції автомобіля зчеплення і коробку передач, а при використанні не одного електродвигуна, а декількох мотор-колів, пропадає необхідність у використанні диференціала. Відсутність цих агрегатів значно спрощує конструкцію автомобіля і зменшує його вагу, що частково компенсує велику вагу АКБ.

Сучасні АКБ мають збільшену питому ємність (кількість збереженої енергії в кожному кілограмі ваги (або об'єму)), що дозволяє, у свою чергу, збільшити загальну ємність акумуляторної батареї. При цьому значно збільшився пробіг, який здатний виконати автомобіль, працюючи тільки на електричній тязі. Збільшення цього пробігу призвело до того, що він перевищив середній добового пробіг середнього водія, і у інженерів з'явилася можливість

створити автомобіль, АКБ якого заряджається від стороннього джерела електричної енергії. Заряд АКБ може бути здійснений без використання ДВЗ автомобіля під час стоянки від простої електричної розетки промислової мережі або прискорено заряджатися від спеціальної зарядної станції.

Подальше збільшення питомої ємності АКБ і значне зниження їх вартості призвело до того, що рух автомобіля за рахунок енергії, запасеної в акумуляторної батареї стає основним. Збільшення загального пробігу автомобіля, в умовах коли зарядки АКБ недостатньо для руху на великі відстані, здійснюється за рахунок привода генератора від не стандартного автомобільного двигуна, а від спрощеного та полегшеного ДВЗ. Такі двигуни мають назву "Range Extender", а гібридний автомобіль з подібним двигуном – REEV (Range Extender Electric Vehicle).

Гібридний автомобіль з паралельним з'єднанням силового агрегату (див. рис. 1.3, б) має ДВЗ і тяговий електричний двигун, при цьому обидва двигуни мають безпосередній механічний зв'язок з ведучими колесами автомобіля. Такий автомобіль на основних режимах отримує механічну енергію від ДВЗ, але, коли його потужності не вистачає, одночасно підключає тяговий електричний двигун. Сучасний гібридний автомобіль з паралельним з'єднанням силового агрегату з АКБ із збільшеною ємністю і з електричним двигуном збільшеної потужності має можливість руху тільки за допомогою електричного двигуна.

Застосування електричного двигуна в гібридному силовому агрегаті має наступні переваги:

- відсутня необхідність підтримувати холостий хід;
- вал двигуна може обертатися в протилежному напрямку;
- у випадку використання мотор-колес не потрібен такий пристрій як диференціал.

У сукупності, ці переваги дозволяють виключити з конструкції автомобіля зчеплення, коробку передач та роздавальну коробку, що значно спрощує конструкцію АШ, зменшує його вагу в цілому, а також частково компенсує вагу АКБ. Стартер є мотор-генератором може використовуватися під час руху

автомобіля в режимі "старт-стоп". Крім цього, за наявності автоматичної муфти або муфти вільного ходу, встановленої між мотор-генератором (генератором) і ДВЗ, мотор-генератор використовується для підзарядки АКБ в режимі рекуперативного гальмування.

Гібридні автомобілі з паралельним з'єднанням силового агрегату мають у порівнянні з послідовними, АКБ значно меншої ємності, що дозволяє значно знизити вагу автомобіля (оскільки АКБ має достатньо велику вагу) та знизити загальну початкову вартість автомобіля (оскільки сучасні АКБ мають високу вартість).

Гібридний автомобіль з послідовно-паралельним з'єднанням силового агрегату (HSD) є автомобілем з роздвоєним потоком потужності. Він може працювати як в послідовному, так і в паралельному режимі.

Трансмсія такого автомобіля має пристрій (дільник потужності), який ділить потужність, що направляється від ДВЗ до ведучих коліс автомобіля, на два потоки. Основна частина цього потоку потужності йде за механічним шляхом, а частина, що залишилася, – за електричним. Таким чином, цей пристрій, поділяє потік потужності який віддає ДВЗ відповідно до вимог водія для досягнення необхідної швидкості чи інших заданих параметрів рух.

ДВЗ має мінімальний крутний момент на низьких обертах двигуна, тому для забезпечення прийняттого прискорення автомобіля при рушанні з місця, виникає необхідність установки на автомобіль ДВЗ, що має потужність, що значно перевищує потужність двигуна, необхідну при сталому постійному русі (режим часткових навантажень), що викликає зниження паливної економічності і погіршує токсичність.

В цьому ж випадку електричний двигун навпаки має максимальний крутний момент, коли ротор двигуна знаходиться в стані спокою, що може допомогти ДВЗ при низьких оборотах колінчастого валу. У деяких гібридних автомобілях замість ДВЗ, що працюють за циклом Отто, що має високу потужність і хороший крутний момент на низьких оборотах, встановлюють ДВЗ, що працює за циклом Аткинсона. Ці двигуни мають меншу питому потужність і низький обертовий момент, але мають більш високу ефективність.

Заряджання високовольтних АКБ в гібридному автомобілі здійснюється у режимі роботи двигуна з частковим навантаженням, коли потужність, яку віддає ДВЗ більше потужності, яка необхідна для руху, згідно з вимогами до водія та дорожніх умов. В такому випадку, надлишкова потужність ДВЗ, що в даний момент часу не потрібна для руху автомобіля, перетворюється в електричну енергію, яка накопичується в АКБ.

Єдиним джерелом живлення енергії такого автомобіля є ДВЗ, оскільки для роботи тягового електричного двигуна використовується лише механічна енергія ДВЗ, перетворена в електричну енергію за допомогою генератору та електрична енергія, що накопичується (зберігається) в високовольтних АКБ. Основними перевагами такого методу побудови трансмісії є можливість установки на автомобіль ДВЗ меншої потужності, а отже й меншого розміру, при цьому забезпечуючи його роботу в найбільш сприятливих для нього умовах.

Потужність встановленого на автомобіль ДВЗ розраховується виходячи з необхідності забезпечення встановлених максимального прискорення та максимальної швидкості руху при повному навантаженні автомобіля. Слід відзначити, на даному режимі роботи автомобіль рухається не значний час, а при русі з частковим навантаженням, в якому працює значну частину часу, потужність двигуна використовується тільки частково. Отже потужність двигуна встановленого на автомобіль часто є надлишковою, що знижує його економічні та екологічні показники. Крім того, більш потужний двигун має більшу масу, а отже й потребує додаткової енергії для його переміщення та, відповідно, більшу кількість палива.

На автомобілях з гібридним силовим агрегатом, для руху з частковим навантаженням, достатньо ДВЗ з меншою потужністю, при цьому її частка використовується для зарядки АКБ. У випадку, коли потужності ДВЗ автомобіля не вистачає для забезпечення встановленого прискорення чи максимальної швидкості, електронна керуюча система підключає електричний двигун. У цьому випадку спільна робота двох двигунів забезпечує необхідні динамічні характеристики автомобіля.

Паливна економічність та екологічність ДВЗ залежить від режиму роботи двигуна, тобто від навантаження та швидкості обертання колінчастого валу. Електрична частина трансмісії гібридного автомобіля дозволяє ДВЗ частіше працювати на найбільш сприятливих режимах роботи, що в свою чергу збільшує економічність автомобіля.

Слід відзначити, що, як правило, всі електричні та гібридні автомобілі обладнані системою рекуперації гальмівної енергії. При гальмуванні звичайного автомобіля гальмівна система перетворює його кінетичну енергію в теплову та розсіює цю енергію у атмосферу (через гальмівні механізми коліс).

Збільшення виробництва гібридних автомобілів призвело до стрімкого розвитку технологій виробництва високовольтних тягових АКБ. Зниження питомої ваги, питомих габаритних показників та питомої вартості АКБ призвело до того, що на сучасних гібридних автомобілях ємність АКБ, що встановлюються значно збільшилася. Це призвело до різкого збільшення пробігу автомобіля при використанні тільки електричної тяги. З'явилися гібридні автомобілі з послідовно-паралельним з'єднанням силового агрегату та можливістю підзарядки акумуляторної батареї від зовнішнього джерела електричної енергії PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle). Це такі автомобілі як Toyota Prius (Японія), Chevrolet Volt (США), BYD Auto F3DM виробництва КНР тощо (див. рис. 1.4).

Режим спільної роботи ДВЗ та тягового електричного двигуна залежить від режиму руху такого автомобіля. ДВЗ автоматично включається, якщо запас енергії АКБ стає нижче встановленої межі або коли для забезпечення необхідних динамічних параметрів автомобіля потужності електричного двигуна недостатньо. На цей час, при спільній роботі електричного двигуна і ДВЗ пробіг автомобіля за такою побудовою може сягати 600 та більш км [20] – [24].

Таким чином, основними перевагами гібридного автомобіля є висока економічність та екологічність при зберіганні встановленого запасу ходу [14] – [18]. Однак, слід зазначити, що не всі типи гібридних автомобілів підходять для їх використання у якості АШ АПА у зв'язку з високими вимогами до них.

2.2. Розробка структурної схеми та визначення основних параметрів автомобільного шасі із застосуванням гібридного силового агрегату

Аналізуючи переваги та недоліки електричних та гібридних (ДВЗ та електродвигун) автомобілів можна зробити висновок про те, що цій час для АШ ОВТ доцільно обрати гібридний силовий агрегат. На основі гібридного силового агрегату, який зможе забезпечити високі експлуатаційні показники при зменшенні витрат експлуатацію та враховуючи вимоги до АШЗНЗПА є можливість створення базового шасі АПА принципово нової побудови. Автомобільне шасі з гібридним силовим агрегатом надає можливість отримати кращі характеристики ЗНЗПА.

Проаналізуємо склад засобу ЗНЗПА на прикладі аеродромного пересувного електроагрегата АПА-50М (рис. 2.2), що є одним з найбільш розповсюджених у Повітряних ЗС України[7], [12].



Рисунок 2.2 – Аеродромний пересувний електроагрегат АПА-50М:

а – зовнішній вигляд; *б* – дизельний двигун У2Д6-С4 приводу спеціального обладнання

Функціонально, у складі АПА-50М можна виділити наступні основні елементи [5], [7], [12]:

а) автомобільне шасі (ЗИЛ-131) – що забезпечує пересування;
б) спеціальне обладнання – що забезпечує виконання завдання за призначенням:

1) дизельний двигун У2Д6-С4, а також системи та обладнання, що

необхідне для його роботи, фрикціонна муфта зчеплення з електромеханізмом керування МП-100М та роздавальна коробка;

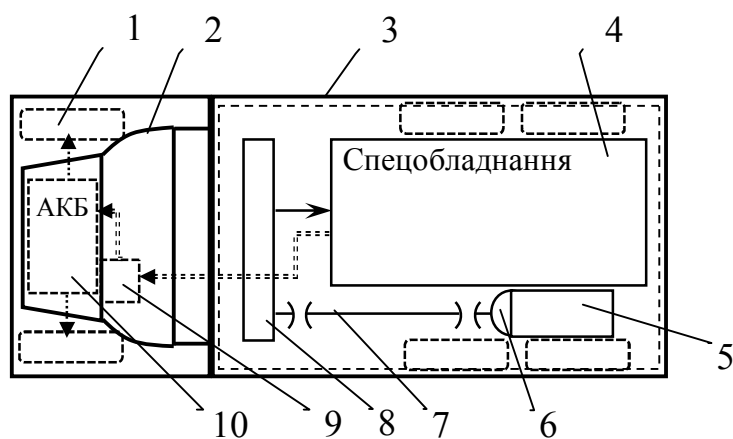
2) система електроживлення (генератор ГАО-36 – 2 шт., генератор СГО-30У – 1 шт., генератор ГТ60ПЧ8АТВ – 1 шт.);

3) електрична апаратура та обладнання.

Визначимо структурну схему та основні параметри АШ з гібридним силовим агрегатом.

Враховуючи особливості будови та функціонального призначення АПА-50М за способом приводу технологічного устаткування (відбором потужності на привід) її можна віднести до групи II (див. рис. 1.2) [12].

Пропонується побудувати силовий агрегат АШ АПА-50М за послідовним типом під'єднання ДВЗ та електричних двигунів з можливістю заряджання від зовнішнього джерела електричної енергії (REEV) (див. рис. 1.3, б). Структурна схема запропонованого АШ АПА-50М наведено на рисунку 2.3.



1 – колесо (мотор-колесо); 2 – АШ; 3 – кузов АШ; 4 – технологічне (спеціальне)обладнання; 5 – двигун приводу спецобладнання; 6 – фрикціонна муфта зчеплення з електромеханізмом керування МП-100М; 7 – карданна передача; 8 – роздавальна коробка спецобладнання; 9 – блок керування та комутації; 10 – АКБ

Рисунок 2.3 – Структурна схема перспективного АПА типу АПА-50М на автомобільному шасі з гібридним силовим агрегатом

У звичайному режимі роботи всі переміщення АПА-50М здійснюються за рахунок мотор-коліс, що живляться від АКБ, що встановлено замість ДВЗ АШ. Заряджання АКБ здійснюється наприкінці дня експлуатації від стаціонарної електричної сеті аеродрому.

За необхідністю зробити пересування на великі відстані (або якщо АКБ розряджаються до критичного значення) блок керування та комутації вмикає двигун та генератори спецобладнання й вони здійснюють заряджання АКБ.

Під час руху з гори та під час гальмування мотор-коліса здійснюють уповільнювання автомобільного шасі та рекуперацію енергії[14].

Застосування компактних електромоторів для окремих коліс переднього моста може покращити входження автомобільного шасі в повороти та його загальну керованість. Також можливо отримати перерозподіл енергії крутного моменту, за рахунок мотор-коліс, що може істотно покращити їх зчеплення з дорогою.

Запропонована схема гібридного силового агрегату АШ дозволяє отримати сучасний аеродромний пересувний агрегат шляхом модернізації саме АШ АПА-50М (автомобіль ЗИЛ-131) або шляхом застосування автомобільного шасі з електричним приводом.

2.2.1. Визначення параметрів та вимог до акумуляторних батарей автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом

Враховуючі відомі [14], [15], [29] вирази, параметри АКБ (ємність, напругу, силу струму розряду) автомобільного шасі можливо визначити виходячи з загальної потужності, необхідної для руху ЗНЗПА у різних режимах руху та умовах експлуатації, наступним чином:

$$N_{зіб} = N_{стал} + N_{дод}, \quad (2.1)$$

де $N_{стал}$ – потужність, необхідна для підтримання сталої швидкості руху $V_{стал}$, яка визначається з залежності [1] – [4], [14] – [18], [29]:

$$N_{стал} = \frac{V_{стал}}{\eta_{mp}} \left(m_a \cdot g \cdot f + \frac{C_x}{2} \rho \cdot F \cdot V_{стал}^2 \right), \quad (2.2)$$

де η_{mp} – ККД трансмісії;

C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору;

ρ – щільність повітря, кг/м³;

F – площа лобового опору (мідель) ЗНЗПА, м²;

$N_{\text{дод}}$ – додаткова ефективна потужність (кВт), що визначається за виразом:

$$N_{\text{дод}} = N_{\text{розг}} + N_{e1} + N_{e2} + N_{e3} + N_{e4}, \quad (2.3)$$

$N_{\text{розг}}$ – потужність необхідна для розгону АШ з електричним силовим агрегатом для ЗНЗПА від швидкості на початку прискорення V_0 до $V_{\text{стал}}$, кВт.

Складові: N_{e1} необхідна для збереження постійної швидкості під час руху на підйомі; N_{e2} – для забезпечення сталого повороту із необхідною кутовою та лінійною швидкістю; N_{e3} – для підтримки створеного рульовим керуванням необхідного керуючого впливу при повороті; N_{e4} – для забезпечення подолання інших протидій руху визначається за допомогою залежності наведених у [4], [15], [29].

У зв'язку з тим, що генератори спеціального обладнання передбачається використовувати як резервне джерело електроживлення для мотор-коліс та для заряджання АКБ АШ, потужність генератора спеціальне обладнання N_{zCO} може бути визначена через нерівності [14]:

$$N_{zCO} \geq N_{e\text{дв}} \text{ та } N_{zCO} \geq N_{zAKB}, \quad (2.4)$$

де N_{zAKB} – потужність, що необхідна для зарядки АКБ, кВт.

$$N_{e\text{дв}} \geq N_{AKB} = I_{\text{роз}} \cdot U_{AKB}, \quad (2.5)$$

де $N_{e\text{дв}}$ – сумарна потужність електричних двигунів мотор-коліс, кВт.

N_{AKB} – миттєва потужність, що забезпечує АКБ, кВт;

$I_{\text{роз}}$ – сила струму розряду АКБ, А;

U_{AKB} – напруга АКБ, В.

З'єднуючи послідовно-паралельно акумулятори в єдину батарею можливо підібрати характеристики АКБ ($U_{АКБ}$ та $I_{роз}$).

Ємність АКБ визначимо через роботу мотор-коліс, яка витрачається на прискорення автомобіля протягом деякого часу t до сталої швидкості. При цьому буде витрачатися потужність $N_{едв}(t)$. Енергію, що витрачається мотор-колесами можливо визначити за виразом:

$$E_{едв} = \int_0^{t_{np}} N_{едв} dt, \quad (2.6)$$

де t_{np} – час прискорення (автомобільного шасі), с.

$$I_{роз} = \frac{N_{едв}}{U_{АКБ}}, \quad (2.7)$$

$$E_{АКБ} = I_{роз} \cdot t. \quad (2.8)$$

В останній час провідні закордонні виробники акумуляторів проектують та виробляють акумуляторні батареї спеціально для застосування в автомобільному транспорті. Удосконалюються технології в області створення АКБ, де відбувається заміна на більш легкі літій-іонні, літій-залізо-фосфатні акумулятори тощо з більш високою напругою. Цій напрямком всі більш зацікавлює фахівців з оборонної галузі провідних держав[18]. На сьогоднішній день, в наявності є широкий асортимент літій-залізо-фосфатних акумуляторних батарей ($LiFePO_4$), які призначені спеціально для застосування в гібридних автомобілях, електромобілях, електроавтобусах та інших електричних транспортних засобах [19]. За умовою послідовного з'єднання акумуляторів їх кількість можна визначити за виразом:

$$n_A = \frac{U_{АКБ}}{U_A}, \quad (2.9)$$

де U_A – напруга одного акумулятору під навантаженням, В.

Застосування визначеної схеми гібридного силового агрегату у складі АШ для ЗНЗПА окрім своєї основної функції дозволяє мати резервне джерело живлення спеціального обладнання (в межах їх ємності) та забезпечувати його

миттєве включення. Постійна готовність АКБ до прийняття навантаження, дозволяє за необхідністю забезпечувати електроживлення спеціального обладнання на час виходу на режим джерел системи електроживлення (генераторів).

Накопичення енергії у АКБ пропонованого АШ для ЗНЗПА відбувається:

- під час гальмування чи руху накатом (рекуперація енергії);
- за рахунок відбору надлишкової потужності генераторами від ДВЗ спецобладнання під час обслуговування ЛА;
- від зовнішнього джерела:
 - 1) промислової електромережі(електромережі живлення аеродрому);
 - 2) автономного джерела електричної енергії зі складу засобів аеродромного забезпечення;
 - 3) перспективних нетрадиційних засобів енергоживлення (сонячні батареї, вітрові генераторні установки тощо)[18], [19].

2.2.2 Визначення параметрів мотор-коліс автомобільного шасі оснащеного гібридним силовим агрегатом

Для забезпечення встановленого режиму заряду АКБ оптимальна величина електричного струму визначається за формулою [1] – [4]:

$$I_{з\text{ АКБ}} = 0,5E_{\text{ АКБ}}. \quad (2.10)$$

Враховуючи ККД, потужність мотор-коліс в генераторному режимі, що необхідна для заряджання АКБ визначається як:

$$N_{з\text{ АКБ}} = \frac{U_2 I_{з3}}{\eta_2}, \quad (2.11)$$

де U_2 – напруга генератора ($U_2 = U_{\text{ АКБ}}$), В;

$I_{з3}$ – зарядний струм у генераторному режимі ($I_{з3} = I_{з\text{ АКБ}}$), А;

η_2 – ККД генератору.

Таким чином за результатами розрахунку за виразами (2.1) – (2.12) для автомобільного шасі оснащеного гібридним силовим агрегатом можна отримати параметри мотор-коліс в генераторному режимі.

Висновки за розділом 2

В даному розділі розроблений метод вибору основних параметрів силового агрегату АШ ЗНЗПА.

1. Проведене теоретичне обґрунтування способу розрахунку основних параметрів гібридного силового агрегату для АШ ЗНЗПА на прикладі АПА-50М. Результати проведених теоретичних досліджень АШ з гібридним силовим агрегатом для ЗНЗПА дозволяють моделювати та обирати з урахуванням умов експлуатації:

- структурну схему;
- параметри АКБ;
- параметри мотор-колес в генераторному режимі.

2. Встановлено, що використання АШ ЗНЗПА оснащеного гібридним силовим агрегатом може привести до покращення його економічності, поліпшення динамічних властивостей, а також дозволить забезпечити миттєве вмикання та безперебійне електроживлення спеціального обладнання.

3. Використання для пересування під час виконання завдань за призначенням лише електричних двигунів дозволить АШ АПА зменшити загальну вартість витрат на їх експлуатацію.

3. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ В ЗАСОБАХ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ

Використовуючи наданий вище матеріал можливо створити зразок ОВТ вітчизняного виробництва, зокрема аеродромний пересувний електроагрегат на базі вантажних автомобілів. З урахуванням сучасних розробок ПрАТ "АвтоКрАЗ" зі створення у тому числі й гібридних автомобілів такий зразок ОВТ може підвищити ефективність використання спеціального обладнання [24] – [27].

Слід відзначити, що на цей час ПрАТ "АвтоКрАЗ" виробляє багато варіантів повнопривідних та неповнопривідних автомобілів, які за умовою доопрацювання їх конструкції, можуть бути застосовані з гібридними силовими агрегатами [25]. За умовою дообладнання, враховуючі вимоги до сучасних зразків ОВТ та користуючись методом порівняння характеристик відомих зразків за даними [30] для аеродромних пересувних електроагрегатів можливо обрати АШ КрАЗ-5401Н2 (рис. А.1, а) та КрАЗ-5401НЕ (рис. А.1, б) виробництва ПрАТ "АвтоКрАЗ".

Використовуючи наданий вище матеріал можливо також провести глибоку модернізацію автомобільних шасі, а саме базових шасі засобів наземного забезпечення польотів авіації.

З урахуванням наведеного у попередніх розділах, такий зразок ОВТ може використовувати лише електричні двигуни для пересування при виконанні завдань за призначенням на території аеродрому, а у випадку здійснення маршру, для збільшення запасу ходу на електричному приводі – спеціальне обладнання. Крім того, наявність енергоємних АКБ у складі електрообладнання АШ АПА надає можливість їх використання у якості резервного високостабільного джерела живлення ЛА.

Враховуючі, що електрична енергія у нашої країні на цей час має набагато меншу вартість у порівнянні з бензином (дизельним паливом), можливо очікувати, що використання для пересування під час виконання завдань за

призначенням лише електричних двигунів дозволить АШ АПА зменшити загальну вартість витрат на їх експлуатацію. Електромережа живлення аеродрому може дозволити наприкінці дня експлуатації запропонованих АШ заряджати АКБ та повністю відновлювати запас їх електроенергії на наступний день.

За необхідністю, можливо нарощування ємності АКБ за рахунок встановлення паралельних груп. Наявність таких груп надає можливість, щодо:

- резервування системи живлення;
- перетворення за необхідністю параметрів струму;
- забезпечення (у комплексі з блоком управління) необхідних параметрів електроживлення спеціального обладнання автомобіля [14].

Застосування в автомобільному шасі гібридного силового агрегату надає крім таких основних переваг, як економічність та екологічність, при збереженні високих показників мобільності та маневреності, ще декілька додаткових плюсів [1] – [18], [22].

Економія палива, що надає можливість здійснювати марші на більш великі відстані (підвищити час автономної роботи), у порівнянні з автомобільним шасі, що має традиційний двигун, а також зменшує втрати частин та підрозділів матеріально-технічного забезпечення під час його доставки.

Отримання додаткового стабільного джерела живлення надає особливі можливості АШ. Воно забезпечує можливість додаткового часу роботи спеціального обладнання АПА від АКБ АШ при виключених двигунах (ДВЗ спецобладнання).

Можливість заряджання АКБ АШ зможе надати значну перевагу у випадку виконання завдання за призначенням, в умовах відсутності надійного та вчасного матеріально-технічного забезпечення. Для цього є декілька незалежних один від одного способів заряджання (дозаряджання) АКБ, що були наведені вище.

Таким чином, враховуючі вимоги до автомобілів аеродромного забезпечення та користуючись методом порівняння характеристик відомих

зразків для оснащення гібридним силовим агрегатом можливо використовувати модернізоване АШ – автомобіль ЗИЛ-131.

Висновки за розділом 3

1. Визначено, що за умовою доопрацювання конструкції автомобілі виробництва ПрАТ "АвтоКрАЗ" можуть бути оснащені гібридними силовими агрегатами. Для створення нових зразків аеродромних пересувних електроагрегатів типу АПА-50М доцільно обрати автомобільні шасі КрАЗ-5401Н2 та КрАЗ-5401НЕ виробництва ПрАТ "АвтоКрАЗ".

2. Для проведення глибокої модернізації аеродромних пересувних електроагрегатів типу АПА-50М застосуванням гібридних силових агрегатів можливо використання, за умовою доопрацювання конструкції, штатних автомобілів ЗИЛ-131.

3. Встановлено, що автомобільні шасі з гібридним силовим агрегатом забезпечують автомобілю аеродромного забезпечення переваги у мобільності, маневреності, часі роботи на місці, запасі ходу та прохідності, прихованості та швидкості переміщення, а також надають змогу:

- значно поліпшити їх тактико-технічні характеристики;
- отримати додаткове, якісно нове, джерело живлення для спеціального обладнання машини з можливістю роботи від промислових та нетрадиційних джерел живлення.

ВИСНОВКИ

Дослідження виконано на актуальну для України тему й направлено на вибір основних параметрів силового агрегату для перспективного автомобільного шасі засобу наземного забезпечення польотів авіації.

1. За аналізом побудови та застосування гібридних та електричних силових агрегатів у сучасних автомобілях, слід відзначити, що їх розвиток в найближчому майбутньому може призвести до поширення їх використання в озброєнні та військовій техніці. Найбільш доцільно досліджувати можливості застосування електричних та гібридних (ДВЗ та електродвигун) приводів для перспективних засобів наземного забезпечення польотів авіації.

2. Проведене теоретичне обґрунтування способу розрахунку основних параметрів гібридного силового агрегату для АШ ЗНЗПА на прикладі АПА-50М. Результати проведених теоретичних досліджень АШ з гібридним силовим агрегатом для ЗНЗПА дозволяють моделювати та обирати з урахуванням умов експлуатації структурну схему, параметри АКБ та мотор-колів в генераторному режимі.

3. Використання для пересування під час виконання завдань за призначенням лише електричних двигунів дозволить АШ АПА зменшити загальну вартість витрат на їх експлуатацію.

4. Визначено, що за умовою доопрацювання конструкції автомобілі виробництва ПрАТ "АвтоКрАЗ" можуть бути оснащені гібридними силовими агрегатами. Для створення нових зразків аеродромних пересувних електроагрегатів типу АПА-50М доцільно обрати автомобільні шасі КрАЗ-5401Н2 та КрАЗ-5401НЕ виробництва ПрАТ "АвтоКрАЗ", а для проведення модернізації з застосуванням гібридних силових агрегатів можливо використання, за умовою доопрацювання конструкції, штатних автомобілів ЗИЛ-131.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / [Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Двадненко В.Я.]. – Харків: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
2. Бажинов О.В. Конверсія легкового автомобіля в гібридний / О.В. Бажинов, В.Я. Двадненко, М. Хакім. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 160 с.
3. К вопросу выбора мощности и алгоритма работы силовой установки гибридного автомобиля. В.В. Ломакин, А.А. Шабанов, А.В. Шабанов, / Журнал автомобильных инженеров. — №6 (83), 2013. Режим доступа: <http://www.aae-press.ru/f/83/40.pdf>
4. Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В., Колесніков А.В. Гібридні автомобілі. – Харків, ХНАДУ, 2008. – 327 с.
5. Краткий автомобильный справочник: Специальные и специализированные автотранспортные средства: Коммунальная техника, строительно-монтажная техника, спецтехника для нефтегазового комплекса, пожарная техника, автомастерские и автолаборатории / М.И. Грифф, И.А. Венгеров, В.С. Олитский и др. – М.: Автополис-плюс, 2005. – Т4. – 472 с.
6. O. Alekseyev, V. Alekseyev, D. Klets, M. Artiomov, A. Kurenko, I. Rohozin, S. Novichonok, V. Khabarov, B. Kruk Development of automotive computer systems base don the virtualization of transportation processes management [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies], 6 (3 (90)), p. 14 – 25, DOI: 10.15587/1729-4061.2017.116351
7. Перспективна схема побудови засобу рухомості аеродромного пересувного електроагрегату. / С.І. Борових, С.М. Новічонок, І.В. Рогозін, І.В. Терентьєва / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України – Х., ХУПС, 2009. – С. 41 – 44.
8. HybridPowertrainSystemsEngineering. Електронний ресурс: Ricardoplс. Режим доступу: <http://www.ricardo.com/en-GB>.
9. Барбашов Н.Н. Выбор оптимальной мощности двигателя внутреннего сгорания гибридной силовой установки/Н.Н. Барбашов, И.В. Леонов. – М.: Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Машиностроение", 2010. –№4. – С. 47 – 54.

10. Белов В.К. Колесные и гусеничные машины высокой проходимости. Том 8. Испытания и надежность колесных и гусеничных машин. Книга 2. Стендовые и натурные испытания. Надежность / В.К. Белов, А.И. Трунов / Под ред. Е.Е. Александрова. – Х. : ХГПУ, 1997. – 118 с.

11. Бортницкий П.И. Тягово-скоростные качества автомобилей / П.И. Бортницкий, В.И. Задорожный. – К.: Вища школа, 1978. – 176 с.

12. Средства аэродромно-технического обеспечения полетов: Справочное пособие / Г.К. Немченко, В.Д. Скарлыкин, Б.Л. Брезин, Д.И. Мазан и др. / Под ред. Л.Н. Страхова. – М.: Воениздат, 1980. – 319 с.

13. Бурдаков В.Д. Квалиметрия транспортных средств / В.Д. Бурдаков. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 160 с.

14. Спосіб розрахунку основних параметрів гібридного силового агрегату для спеціалізованих автотранспортних засобів / Рогозін І.В., Новічонок С.М. та ін. / Автомобіль і Електроніка. Сучасні технології. – 2018. – Вип. 13 – С. 5 – 12.

15. Волков В.П., Алекса Н.Н., Клименко В.И. Автомобиль. (Теория эксплуатационных свойств): Учебник. – Харьков, ХНАДУ, 2008. – 274 с.

16. Герасименко А. США тестирует военные гибридные автомобили Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/262565>

17. Гибридный грузовой автомобиль Renault Trucks стал звездой выставки ECO Transportand Logistics. Режим доступа: <http://www.renault-trucks.ru/8C-renault-trucks.html>

18. Электромобильность Bosch. Факты о технологии производства аккумуляторных батарей для гибридных и электродвигателей. Режим доступа: http://www.bosch.ru/ru/ru/newsroom_1/news_1/news-detail-page_6.php

19. WinstonBattery. Режим доступа: <http://www.ev-power.eu/Winston-40Ah-200Ah/WB-LYP60AH-LiFeYPO4-3-2V-60Ah.html>.

20. ГОСТ 12139-84. Машины электрические вращающиеся. Ряды номинальных мощностей, напряжений и частот. – М.: Издат-во стандартов, 1985.– 6 с.

21. Фасхиев Х.А. Обоснование выбора рациональных параметров автомобиля

при разработке технического задания / Х.А. Фасхиев. – Уфа: УГАТУ, 2013. – т. 17, №3 (56) – С. 117 – 122.

22. Динамика автомобиля [текст]: Монография / М.А. Подригало та ін. – Х.: Издательство ХНАДУ, 2008. – 424 с.

23. Мельник П. Направленность НИОКР ВВС США по развитию авиационного вооружения и военной техники // Зарубежное военное обозрение. – 2005. – №8. – С. 30 – 38.

24. Модельный ряд автомобилей КрАЗ. Режим доступа: <http://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/produksiya/automobile/civil/shassi>

25. Приватне акціонерне товариство «АвтоКрАЗ». Офіційний сайт. Режим доступу: <http://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/about/pro-kompaniyu>

26. Автомобили КрАЗ-6322-02, КрАЗ-63221-02, КрАЗ-6446-02. Руководство по эксплуатации 6322-02-3902010 РЭ. – Кременчуг, 2014. – 262 с.

27. Каталог шасі КрАЗ. Режим доступа: http://www.autokraz.com.ua/downloads/chassis_web.pdf

28. Theory of Ground Vehicles J. Y. Wong. John Wiley & Sons, 2008 – 592 p.

29. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів / М.А. Подригало, В.В. Шелудченко – Суми: СНАУ, 2015. – 213 с.

ДОДАТОК А.
СУЧАСНІ АВТОМОБІЛЬНІ ШАСІ ВИРОБНИЦТВА ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА "АВТОКРАЗ"



a



б

Рис. А.1 – Автомобілі виробництва ПрАТ "АвтоКрАЗ", що можуть бути застосовані для перспективного АПА (типу АПА-50М):

a – АШ КрАЗ-5401Н2; *б* – АШ КрАЗ-5401НЕ