

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВАГИ В ПОВІТРІ

DOI 10.33099/2786-7714-2026-1-10-147-154

УДК 355.358

¹Луцевят Олександр Іванович

<https://orcid.org/0009-0001-2435-5434>

²Ярошенко Ярослав Віталійович (доктор філософії)

<https://orcid.org/0000-0002-8651-4920>

²Ткаченко Анатолій Володимирович

<https://orcid.org/0000-0001-7316-5437>

³Садовий Костянтин Віталійович (кандидат технічних наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0003-2703-9696>

¹Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна

²Національний університет оборони України, Київ, Україна

³Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

Рукопис надійшов до редакції: 09.04.2026; Рукопис прийнято до друку після рецензування: 26.04.2026; Дата публікації: 17.06.2026

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ ПОРАНЕНИХ З ПОЛЯ БОЮ

Значні втрати особового складу Збройних Сил України та вразливість наземних засобів евакуації зумовлюють потребу в пошуку нестандартних технічних рішень. Застосування важких безпілотних літальних апаратів дозволить суттєво підвищити швидкість і безпечність порятунку поранених. Метою статті є визначення базових технічних вимог та орієнтовної компоувальної схеми безпілотного літального апарату мультикоптерного типу для евакуації поранених з поля бою. У статті використані загальнонаукові методи дослідження: аналіз, синтез та SWOT-аналіз характеристик існуючих цивільних безпілотних літальних апаратів (eVTOL) вантажопідійомністю близько 200 кг. В роботі сформовано основні вимоги до безпілотного літального апарату: корисне навантаження 150–170 кг, радіус дії до 20 км, час польоту 20–25 хв. За результатами SWOT-аналізу доведено, що оптимальним є 12-ти двигунне компоування. Воно гарантує високу відмовостійкість, оптимальні габарити (близько 2,6х2,6 м) та дозволяє використовувати доступні серійні компоненти.

Стаття буде корисною для розробників військової техніки, інженерів та представників медичних підрозділів під час формування тактико-технічних вимог до новітніх засобів аеромедичної евакуації.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, евакуація поранених, силова установка безпілотного літального апарату.

Вступ

Значні втрати особового складу внаслідок поранень та загибелі особового складу під час російсько-української війни вимагають пошуку дієвих шляхів забезпечення своєчасної евакуації поранених (травмованих) з поля бою для негайного надання необхідної медичної допомоги. До недавнього часу евакуація поранених з поля бою переважно здійснювалася класичним способом – із залученням евакуаційних груп, які оснащені ношами та візками різних типів, а також з використанням “класичної” евакуаційної техніки – спеціалізованих та/або неспеціалізованих (цивільних) транспортних засобів (броньованих автомобілів, спеціалізованих евакуаційних засобів на базі БТР, БМП тощо) під керуванням екіпажів, що перебувають в них безпосередньо.

Водночас, починаючи із 2024 року, з метою мінімізації втрат серед особового складу евакуаційних груп, а також підвищення швидкості та безпечності евакуації поранених підрозділами сил оборони України активно застосовуються відповідні безпілотні наземні комплекси (платформи). Їх застосування дозволяє не залучати особовий склад евакуаційних груп для евакуації поранених у найбільш небезпечних зонах ведення бойових дій (у безпосередній близькості від лінії безпосереднього зіткнення). Проте, сучасні умови ведення бойових дій не завжди дозволяють оперативно виконувати це завдання навіть з використанням таких безекіпажних комплексів (платформ). Противник намагається здійснювати постійний (цілодобовий) моніторинг поля бою на глибину до 20 км в режимі реального часу, активно проводить заходи з виявлення

евакуаційних груп (засобів) та завдає по них удари під час проведення евакуації. Такі дії противника значно ускладнюють застосування зазначених вище засобів евакуації (як "класичних", так і безекіпажних наземних), підвищують рівень неповоротних втрат особового складу (як персоналу евакуаційних груп, так і поранених осіб) та дороговартісної техніки. При цьому одним із ключових недоліків усіх цих засобів евакуації є висока залежність ефективності їх застосування від умов місцевості, які можуть суттєво обмежувати маневреність, швидкість та безпечність евакуації.

Зазначене вище зумовлює доцільність пошуку відповідних технічних рішень щодо створення евакуаційних засобів на базі безпілотних літальних апаратів (БпЛА), що дозволить підвищити швидкість та безпечність евакуації поранених у складних та небезпечних умовах.

Метою статті є визначення технічних вимог до БпЛА для евакуації поранених з поля бою.

Матеріали та методи

У даній роботі використанні загальнонаукові методи дослідження: аналіз, синтез, SWOT-аналіз. Основними матеріалами, що використовуються в дослідженні, є роботи, що в загальному вигляді аналізують доцільність використання БпЛА в медичних заходах (для перевезення пацієнтів,

пошук та порятунок, доставки медичного обладнання, як то дефібрилятору до пацієнта, медичних ліків тощо) в цивільному середовищі [1-2], характеристики БпЛА, на базі яких можуть бути створені евакуаційні засоби, що одержані з відкритих джерел [3], у тому числі відповідних презентаційних матеріалів виробників цих апаратів [4-5] та комплектуючих до них [9-14], а також аналітичні матеріали про використання БпЛА [6-8].

Результати

У цивільній сфері, для надання транспортних послуг з перевезення осіб, виконання логістичних завдань з перевезення вантажів та специфічних завдань в сільському господарстві і промисловості, все активніше використовуються важкі БпЛА мультикоптерного типу (МТ), у тому числі електричні літальні апарати вертикального зльоту та посадки (eVTOL) з вантажопідйомністю ~200 кг [2-8]. Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що, така вантажопідйомність апарату є цілком достатньою для побудови на його базі евакуаційного засобу.

Відповідні експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості низки БпЛА МТ (eVTOL) з вантажопідйомністю ~200 кг наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості БпЛА МТ (eVTOL) з вантажопідйомністю ~200кг

Модель (виробник)	Вантажопідйомність (кг)	Конструктивні особливості	Призначення
Volocopter (Volo Drone)	~200	Багатороторна мультикоптерна конструкція (до 18 пропелерів)	Вантажні перевезення, логістика, агротехніка
EH216-S (EHang)	~220 kg (макс~ 220)	Мультикоптер eVTOL (16-ть пропелерів – 8-ми осьова конструкція з коаксіальними гвинтами)	Пасажирські перевезення, міські "airtaxi" на короткі маршрути
GRIFF 300 (GRIFF Aviation)	~225	8-ми мултироторна конструкція	Логістичні, рятувальні та індустріальні місії
Skytech-S400 (Skytech)	200–300	8-ми осьова конструкція, 16 пропелерів	Важкий вантажний мультикоптер (індустрія, логістика)
БпЛА МТ (eVTOL) (різні виробники з КНР)	~200	Різні мультикоптерні конфігурації (4/6/8-ми осьові і більше)	Вантажні перевезення, будівництво, сільське господарство тощо

Слід зауважити, що, серед переліку наведених у табл. 1 моделей, найбільш вдалим проектом, що варто розглянути, є EH216-S, який за даними виробника EHang [4] є сертифікованим для транспортування пасажирів повітрям. Більш детально його характеристики наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Технічні характеристики eVTOL типу EH216-S

Параметри	Показник
Максимальна злітна вага, кг	~620
Корисне навантаження, кг	~220

Параметри	Показник
Габарити, м	~5.6–5.73x~1.93
Дальність польоту, км	~30–35
Час польоту, хв	~21–25
Максимальна швидкість, км/год	~130
Крейсерська швидкість, км/год	~100
Максимальна висота польоту, м	~3000
Матеріали конструкції	Вуглецевий композит / карбонова конструкція

Параметри	Показник
	корпусу
Кількість електродвигунів, од	16
Кількість пропелерів, од	16
Тип розташування	8 пар коаксіальних роторів (дві лопати на один вузол верх-низ)

З табл. 2 видно, що eVTOL типу EH216-S може задовольняти вимоги до евакуаційного засобу, насамперед, за вантажопідйомністю. Це досягається за рахунок відносно потужної силової установки, що використовується у його складі. При цьому слід враховувати, що EH216-S створювався як повітряне маршрутне таксі і тому має достатньо великі габарити (що не сприяє прихованості його застосування над полем бою), надмірну технологічну складність та високу вартість. Подібна ситуація складається і з іншими БпЛА МТ (eVTOL) цивільного призначення, кожен з яких створювався для виконання своїх специфічних завдань, до переліку яких не входила евакуація поранених з поля бою, але які для цього можуть використовуватися.

Тому доцільно уточнити базовий склад та компоновальну схему БпЛА МТ (eVTOL) як безпілотного літального евакуаційного засобу (БпЛЕЗ), орієнтованись на технічні рішення, що реалізовані в існуючих БпЛА МТ (eVTOL) відповідної вантажопідйомності (~200 кг). З цією метою розглянемо, насамперед, ключові елементи БпЛА МТ (eVTOL), які визначають їх масо-габаритні характеристики, технічну складність та вартість, а саме – силову установку, що включає певну кількість електродвигунів з пропелерами.

За аналізом [5-8] можливо припустити класифікацію БпЛА МТ (eVTOL) залежно від тяги силової установки на 1 електродвигун, що наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Класифікація БпЛА МТ (eVTOL) залежно від тяги силової установки на 1 електродвигун

Класифікація	Макс. тяга на 1 електродвигун, кг
Спеціалізований мультикоптер	до 10–15
Транспортувальник вантажів	20–40
Спеціалізований транспортувальник важких вантажів	50–80
Спеціалізовані eVTOL	80–120+

У зв'язку з особливістю польоту БпЛА МТ (eVTOL), створення підйомної сили лише за рахунок силової установки, до їх електродвигунів з кількістю обертів електродвигуна на кожен вольт живлення (KV), великим крутним моментом, а також необхідною кількістю обертів на хвилину (RPM), висуваються підвищені вимоги питомої потужності (висока потужність при мінімальній

власній вазі), надійності роботи, тривалості служби та енергоефективності. Тому, проведений аналіз [5-9] показує, що БпЛА (eVTOL) цивільного призначення для виконання специфічних завдань зазвичай комплектуються електродвигунами з максимальною тягою понад 50 кг, а саме: великими безщітковими двигунами постійного струму (BLDC), синхронними двигунами з постійними магнітами (PMSM) та осьовими двигунами потоку (ACM).

BLDC heavy-lift (типу “multirotor” або “outrunner”) – електродвигуни з показником ефективності 85%–90%, що найбільш придатні для використання в БпЛА МТ. Перевагами в застосуванні є відносна простота конструкції, висока надійність та швидкість реакції, низькі витрати на обслуговування, високий крутний момент під час зльоту (посадки). BLDC мають наступні характеристики: максимальна тяга: 50–80 кг (~50 кг – робоча верхня межа, 60–70 кг – короточасний пік, 80+ кг – лише у стендових режимах); KV – 60–90; напруга – 12S–24S (50–100В); потужність – 10–25 кВт (пікова); пропелери – карбон 40”–52” (1,0–1,3 м); маса двигуна – 8–15 кг;

Електродвигуни типу PMSM з показником ефективності 90%–95% зазвичай застосовуються в пілотованих або спеціалізованих eVTOL. Перевагами в застосуванні є відмінна енергоефективність та продуктивність, низький рівень шуму, точна керуваність. Мають такі характеристики: максимальна тяга: 60–95 кг; потужність: 15–30 кВт; діаметр пропелера: 44”–62”;

Осьові двигуни – силові установки eVTOL класу, які завдяки своїм технічним рішенням (де е “осьовий”, а не традиційно “радіальний” напрямом магнітного поля ротора та статора) є найпотужнішим і найперспективнішим класом силових установок. Перевагами їх застосування є найвища питома потужність і продуктивність при мінімальних габаритах та вазі. Характеристиками ACM є максимальна тяга: 50–100+ кг; потужність: 20–80 кВт; відносно низькі RPM.

Основними особливостями осьових (axial-flux) силових установок є: надвисокий крутний момент, дуже висока питома потужність, часто працюють через прямий привід (без редуктора). Вони зазвичай не продаються у відкритому доступі, а закуповуються через спеціальні контракти та впроваджуються у сертифіковані авіаційні проекти. Їх використання має низку фізичних обмежень:

потреба в пропелері з діаметром понад 40”–50”, що свою чергу призводить до значного шуму, експлуатаційних обмежень, руйнування або небезпеки від роторного диску значних розмірів;

значна потужність споживання (орієнтовно: для 50 кг тяги – 10–15 кВт, для 80 кг тяги – 25–30 кВт).

Слід зазначити, що хоча PMSM та ACM електродвигуни набагато потужніші, але при цьому є вони значно дорожчими та складнішими в виробництві, вимогливішими до системи

керування, а також знаходиться на ранній стадії промислового впровадження. Тому, з урахуванням питань загальної надійності, доступності та безпечності експлуатації у БпЛЕЗ доцільно використовувати не один електродвигун великої потужності (типу PMSM або АСМ), а певну кількість економічно та технологічно більш

доступних електродвигунів (типу BLDC heavy-lift) по 40–60 кг [5, 9-11].

Можливий перелік електродвигунів типу BLDC heavy-lift, що можуть бути застосовані у силових установках БпЛЕЗ, та їх ймовірні характеристики наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Перелік електродвигунів типу BLDC heavy-lift, що можуть бути застосовані у силових установках БпЛЕЗ, та їх ймовірні характеристики

Модель електродвигуна	MAD V118 IPE V2.0	MAD V122 IPE V2.0	MAD V128L IPE V2.0	T-MOTOR U15L (KV43)
Габаритні розміри двигуна, мм	144,2 x 49	72 x 33,5	145 x 59	51.5 × 86
Вага двигуна, кг	1,42	1,6	1,9	3,6
Типовий робочий діапазон, KV	55	45	45	43
Максимальна тяга, кг	48	48	70	61.2
Максимальний крутний момент, Нм	24	19,8	43,9	32.32
Максимальна потужність, кВт	15,8	10,2		16
Пропелери, що рекомендуються до використання	G40×13.1	G40×13.1, G42×14	G47,5×17,4	NS47×18"
Злітна вага одного несучого гвинта, кг	13-16	16-20	20-26	-
Ефективність, %	> 81	> 91	> 85	> 92-95
Орієнтовна вартість одного двигуна, дол USA	827	875	911	-

Зазначені у табл. 4 електродвигуни зазвичай застосовують разом з великими безклапанними карбоновими дволопатевиими пропелерами або

складними 2–3 лопатевиими пропелерами. Варіанти пропелерів та їх характеристики наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Варіанти пропелерів, що використовуються у складі БпЛА МТ (eVTOL), та їх характеристики

Назва / тип пропелера	Матеріал	Розмір (діаметр/крок) дюйми (мм)	Кількість лопатеї	Підйомна сила (залежно від двигуна), кг
T-Motor FA36.2×11.8	багатошаровий карбон	36.2" × 11.8" (≈920×300)	2-лопатевиий	до 45 кг
T-Motor G40×13.1	багатошаровий карбон	40" × 13.1" (≈ 1016 × 333)	3-лопати (доступні 2-х та 3-х лопатеви серії)	~15–20 кг
T-Motor G36×11.5	багатошаровий карбон	36" × 11.5" (≈ 914)	2 та 3-х лопатеви серії	~30–36 кг
Збірні великі карбонові пропелери	багатошаровий карбон (склопластик)	24"–63" (600–1600)	2 та 3-х лопатеви серії	до 40–80 кг

Довідково: Підйомна сила пропелера розраховується за формулою: $T \approx CT \rho n^2 D^4$

де: T – статична тяга (N),

CT – коефіцієнт тяги (залежить від профілю лопаті і їх кроку),

ρ – густина повітря (~1.225 кг/м³ при рівні моря),

n – оберти в (об/с),

D – діаметр пропелера (м).

Аналіз існуючих серійних та дослідних проєктів БпЛА МТ (eVTOL), а також їх характеристик, вказує на технічну можливість створення на їх основі БпЛЕЗ. Застосування БпЛЕЗ для евакуації поранених (травмованих) може значно скоротити час проведення евакуації, а також мінімізувати ризики, що пов'язані з умовами місцевості та стану доріг.

З урахуванням досвіду російсько-української війни та евакуації поранених з поля бою можна визначити, що для забезпечення їх своєчасної та безпечної доставки до місця надання медичної допомоги БпЛЕЗ має відповідати таким орієнтовним вимогам:

вага корисного навантаження – 150–170 кг;

дальність польоту – не менше 40 км (радіус дії не менше 20 км);

швидкість польоту – 100–130 км/год;

висота польоту – 2–5 м (екранний ефект, додає 10–25% до підйомної сили);

тип аеродинамічної схеми – БпЛА МТ (eVTOL) без крила;

час польоту – 20–25 хв.

За аналізом відкритих джерел, існуючі та перспективні БпЛА МТ (eVTOL) при масі корисного навантаження – 150–170 кг мають вагові характеристики у такому діапазоні: маса АКБ – 90–120 кг, маса двигунів з гвинтами – 45–60 кг, маса рами, електронний регулятор швидкості (Electronic Speed Controller) та електроніки – 50–60

кг. Орієнтуючись на ці характеристики, максимальна злітна маса БпЛЕЗ має становити ~335–410 кг (середнє значення – ~373 кг).

Відомо, що максимальну злітну масу $M_{зл}$, можна визначити з співвідношення необхідної максимальної тяги T_{max} силової установки БпЛЕЗ до цільового коефіцієнту тягооснащеності K_T з якої відповідно можна вивести формулу для визначення максимальної тяги T_{max} .

$$M_{зл} = \frac{T_{max}}{K_T} \Rightarrow T_{max} = M_{зл} \cdot K_T$$

при цьому значення K_T слід встановити 2 (що відповідатиме ~40-60% від сумарної максимальної тяги силової установки БпЛА). Відтак, при максимальній злітній масі ~373 кг, максимальна

тяга силової установки БпЛЕЗ має становити 746 кг ($373 \times 2 = 746$).

Орієнтуючись на модель електродвигуну MAD V118 IPE V2.0, максимальна сила тяги якого становить 48 кг, можна визначити, що для забезпечення сумарної сили тяги силової установки БпЛЕЗ на рівні 746 кг необхідно включити до її складу приблизно 16 електродвигунів зазначеного типу.

Враховуючи потребу в забезпеченні максимальної тяги силової установки БпЛЕЗ на рівні 746 кг, складемо порівняльну таблицю (табл. 6) варіантів аеродинамічних та компоновальних схем БпЛЕЗ за кількістю двигунів.

Таблиця 6

Порівняння варіантів аеродинамічних та компоновальних схем БпЛЕЗ по кількості двигунів

Кількість двигунів/ пропелерів, од	4/4	6/6	8/8	10/10	12/12	16/16
Тяга (макс.) на 1 двигун, кг	185–190	120–130	90–95	75–80	60–65	45–50
Робоча потужність 1 двигуна, кВт	18–22	14–16	8–10	6–8	5–6	3,5–4,5
Сумарна крейсерська потужність двигунів, кВт	60–65	60–65	55–60	55–60	55–60	55–60
Вага одного двигуна, кг	-	12–16	6–8	6–7	6–7	~4-5
Діаметр пропелера, дюйми (м)	80–90 (~2-3)	60–70	48–52	44–48 (1,2–1,32)	40–44 (1-1,12)	34–38
Крок пропелера, дюйми	25-30	26–32	22–28	18-24	18-22	20-28
Робочі оберти, RPM	~700	700-1000	900–1200	900–1200	900-1200	-
Потужність АКБ*, кВт/год	50-80	28-30	26–28	-	25-28	15-25
Ймовірна маса АКБ, кг	130-160	120-135	110-130	110-150	110-125	80-110
Орієнтовні габарити БпЛА, м	≥5,0×5,0	≥4,0×4,0	~3,0×3,0	~2,8×2,8	~2,6×2,6	~2,5×2,5
Надійність системи (стійкість до відмов)	незадовільна, відсутність резервування	низька, недостатня живучість	обмежена, баланс вартості та складності	хороша	висока, доступні двигуни, компактність, висока живучість	дуже висока, мінімальні габарити, максимальна безпека
Складність системи	низька	середня	середня	висока	висока	дуже висока
Можливість практичної реалізації	практично малоймовірно	ймовірно, але нерационально	реально, компроміс, габарити БпЛА на межі	реально, але складно	реально, найкращий варіант	висока вартість та складність

*- з урахуванням часу польоту (20-25 хв) та резерву потужності (25-30%).

За даними з табл. 6 проведемо SWOT-аналіз ймовірної компоновальної схеми БпЛЕЗ з різною кількістю двигунів від 4 до 16 (табл. 7-12).

Таблиця 7

SWAT-аналіз 4-х двигунного БпЛЕЗ (quadcopter)

Strengths (Сильні сторони)	Weaknesses (Слабкі сторони)
найпростіша архітектура; мінімум ESC, проводки, керування; теоретично найнижча системна складність.	потрібна надекстремальна тяга (~185–190 кг на двигун), а також потребує використання редуктора або осового двигуну; пропелери 80–90" (небезпека та значні габарити); повна відсутність відмовостійкості; дуже високі пікові навантаження; обмежений вибір двигунів (eVTOL або гелікоптерний клас). Серійних БпЛА-двигунів майже не існує, лише експериментальні eVTOL або кастомні авіаційні рішення.

Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
доцільна реалізація лише як дослідний стенд, експеримент з осовими двигунами, гібрид з редуктором.	катастрофа при відмові 1 двигуна; високий рівень вібрацій і шуму; сертифікація практично неможлива; величезний момент інерції та повільна реакція на керування; погана керованість біля землі.

4-х двигунна система є майже неможливою для реалізації із-за потреби в спеціалізованих двигунах, пропелерах великих розмірів, що становлять значну небезпеку, незадовільною динамікою польоту та складністю керування.

Таблиця 8

**SWAT-аналіз 6-ти двигунного БпЛЕЗ
(hexacopter)**

Strengths (Сильні сторони)	Weaknesses (Слабкі сторони)
менше компонентів, ніж у 8–12-ти двигунних систем; простіша механіка, ніж у 12–16-ти двигунних системах; теоретично можливий для реалізації.	значна тяга на двигун (120–130 кг); пропелери 60–70" (небезпека та значні габарити); відмова 1 двигуна – втрата апарата; обмежений вибір серійних двигунів
Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
можливий для реалізації у військових платформах або експериментальних eVTOL; використання надпотужних двигунів з запасом потужності.	низька живучість; високі навантаження на раму; перевищення шумових і вібраційних лімітів.

6-ти двигунна система має переважну більшість негативних характеристик 4-х двигунної системи та незначні переваги. Зазначений варіант є теоретично можливим, але має низьку раціональність реалізації.

Таблиця 9

**SWAT-аналіз 8-ми двигунного БпЛЕЗ
(octocopter)**

Strengths (Сильні сторони)	Weaknesses (Слабкі сторони)
баланс між кількістю двигунів та складністю; доступні серійні heavy-lift двигуни; прийнятні габарити (~3×3 м); відпрацьована схема, що активно застосовується.	обмежена відмовостійкість; габарити на межі вимог; при відмові двигуна ймовірні критичні режими.
Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
оптимізація маси та вартості; швидкий перехід від прототипу до зразку.	менший запас безпеки порівняно з 10-16 двигунними системами; складні алгоритми аварійної стабілізації.

8-ми двигунна система має значно кращі показники ефективності, аніж попередні системи, проте не позбавлена їх недоліків. Компромісне рішення між можливістю та доцільністю реалізації.

Таблиця 10

SWAT-аналіз 10-ти двигунного БпЛЕЗ

Strengths (Сильні сторони)	Weaknesses (Слабкі сторони)
краща відмовостійкість, ніж у 8-ми двигунній системі; менші пропелери, менші габарити; менші навантаження на кожен двигун; гарна керованість.	зростає складність реалізації (електрика, керування тощо); менше стандартних рамних рішень; більша вартість за 8-двигуну схему.
Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
перехідна конфігурація між 8-ми і 12-ти двигунними системами; оптимальна для військових задач та логістики.	складність інтеграції; потреба в специфічній рамі.

10-ти двигуна система має кращі показники ніж 8-ми двигунна система, але підвищується складність реалізації та потреба в специфічних (нестандартних) рішеннях (рами, електрика тощо). Технічно сильніший, але менш стандартизований.

Таблиця 11

**SWAT-аналіз 12-ти двигунного БпЛЕЗ
(dodecacopter)**

Strengths (Сильні сторони)	Weaknesses (Слабкі сторони)
найкраща відмовостійкість; використання реальних серійних двигунів (60–65 кг тяги); мінімальні габарити (~2,6×2,6 м); найнижчі показники пікових навантажень; кращі шанси на сертифікацію.	вища системна складність; більше ESC, проводки; вища вартість електроніки.
Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
найкраща база для серійного виробництва автономних вантажних БпЛА та військових систем; легше масштабувати; дозволяє створювати БпЛА на основі шести променевих систем.	потреба в складному FOC-керуванні, якісній системі електронного управління (BMS) АКБ; помилки інтеграції можуть нівелювати технічними та експлуатаційними перевагами в використанні.

12-ти двигунна конфігурація є оптимальною. Баланс технічної складності та вартості. Висока ймовірність отримання бойових спроможностей для забезпечення виконання завдань критичної логістики та евакуації поранених в зоні ведення бойових дій. Доступне широке використання існуючих технічних рішень. Доцільно реалізувати у вигляді шестиосьової системи з двома двигунами на вісь.

Таблиця 12

SWAT-аналіз 16-ти двигунного БпЛЕЗ

Strengths (Сильні сторони)	Weaknesses (Слабкі сторони)
максимальна живучість; мінімальний розмір пропелерів; найменші локальні навантаження на двигуни та корпус; допускає відмову 2-х двигунів; найкраща архітектура для евакуаційних місій.	дуже висока складність; значна маса проводки; висока ціна; ймовірно надлишкова архітектура для логістичних місій
Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
доцільне застосування в зоні ведення бойових дій, критична логістика, евакуація людей.	перевантаження систем керування; зниження ефективності через значні витрати на купівлю та утримання зразків.

16-ти двигуна конфігурація має найкращі показники з аеродинаміки, компактності (габаритні розміри $\leq 2,5 \times 2,5$ м), доступності двигунів та пропелерів (34–38"), максимальної живучості та низької навантаженості обладнання. Проте має наступні недоліки:

значна системна складність “distributed propulsion system” (16 двигунів, 16 ESC, 16 каналів FOC, 16 джерел вібрацій, 16 точок відмови), яка збільшує вагу зразка без “користі” для виконання завдання (не дає корисного навантаження, не збільшує дальність, з’їдає запас АКБ);

більші електричні втрати (більше з’єднань, ESC, комутаційних втрат, складніший системі електронного управління АКБ);

потребує розробки складних алгоритмів перерозподілу тяги та управління роботою двигунів для реалізації потенціалу 16-ти двигунної схеми;

значна вартість БпЛА.

Обговорення

Будь-який спосіб та засіб евакуації поранених (травмованих) з поля бою має ряд переваг, обмежень та перелік індивідуальних ризиків при їх застосуванні.

Застосування БПЛЕЗ для евакуації поранених (травмованих) з поля бою може забезпечити наступні переваги:

евакуація пораненого без застосування евакуаційної групи на більшості етапах її проведення;

висока швидкість евакуації в зоні можливої небезпеки (загрози безпосереднього впливу противника);

відсутність залежності БПЛЕЗ від умов місцевості (не потребує врахування наявності мінних полів на шляху евакуації, якості або наявності дорожнього покриття, ступінь його прохідності);

забезпечення умов евакуації при яких поранений (травмований) не зазнає значних змін фізіологічного стану (в наслідок руху осколків в тілі, зміщення полонаних кісток тощо), які виникають при використанні засобів наземних евакуаційних засобів;

забезпечення безпечної евакуації пораненого (травмованого) від впливу засобів противника завдяки швидкості, маневреності, непередбачуваності та скритності застосування БПЛЕЗ.

Недоліками застосування БПЛЕЗ для евакуації поранених (травмованих) з поля бою може бути:

необхідність в посадковому майданчику відповідного розміру;

низький рівень захисту безпосередньо БПЛЕЗ від впливу противника (осколкова або/та фугасна дія засобів ураження, кулі зі стрілецької зброї, БПЛА-перехоплювачів тощо);

потреба в високотехнологічному та вартісному зразку БПЛЕЗ.

З досвіду експлуатації БПЛА (eVTOL) та за результатами аналізу встановлено, що:

менша кількість двигунів призводить до експоненційного зростання вимог до одного двигуна і пропелера;

двигуни, що мають 120 кг тяги на ротор це зразки, що майже недоступні серійно (експериментальні зразки);

пропелери >60 дюймів роблять компактний БПЛА фізично неможливим, а також значний розмір пропелерів підвищує рівень небезпеки їх застосування;

сумарна потужність для 8–16-ти двигунів майже однакова (55–60 кВт), при цьому різниця не у ватах, а в керованості та безпеці. При 4–6 двигунах, “відмова” дорівнює “аварія”, при 8–16 двигунах допустима відмова 1–2 двигунів;

габарити БПЛА понад 4x4 м – є неприйнятними у зв'язку з вимогами компактності, помітності та експлуатаційної ефективності зразку БПЛЕЗ.

Висновки

Викладені в статті матеріали свідчать про технічну можливість створення БПЛА для евакуації поранених (травмованих) з поля бою на основі існуючих та доступних технологій (технічних рішень), що активно впроваджуються у цивільному секторі.

Розглянуто базові технічні вимоги до можливого зразку БПЛЕЗ та його компоновальну схему за кількістю двигунів.

Встановлено, що для евакуації поранених (травмованих) вагою до 170 кг на 40 км (радіус дії до 20 км) БПЛА повинен мати мінімальні габарити, високу надійність та доступні компоненти, що найбільш ефективно можуть бути реалізовані в 12-ти двигунному компонованні.

Матеріали та пропозиції, що викладені в статті, можуть бути використанні при створенні орієнтовних тактико-технічних або загальних вимог до безпілотних літальних евакуаційних засобів.

Незважаючи на недоліки та переваги кожного окремого технічного засобу евакуації, наявність їх широкої номенклатури, включно з БПЛЕЗ, дозволить відповідним підрозділам своєчасно та безпечно проводити евакуаційні заходи залежно від ситуації та обмежень.

Список використаних джерел

- [1.] K. Surman and D. Lockey, "Unmanned aerial vehicles and pre-hospital emergency medicine," *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, vol. 32, no. 9, 2024. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13049-024-01180-7>
- [2.] S. Habibi, N. Ivaki, and J. Barata, "A Systematic Literature Review of Unmanned Aerial Vehicles for Healthcare and Emergency Services," arXiv preprint arXiv:2504.08834, 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2504.08834>
- [3.] "GRIFF Aviation анонсує новий важкий дрон GRIFF 300," *Unmanned Systems Technology*, Dec. 2016. [Online]. Available: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2016/12/griff-aviation-announces-new-griff-300-heavy-lifting-drone>
- [4.] "Офіційний сайт розробника EHang EH216-S," EHang. [Online]. Available: <https://www.ehang.com/ehang216s>
- [5.] "15 Best Powerful Drone Motors 2025 (6–100kg Thrust Range)," LIG Power, 2025. [Online]. Available: <https://www.ligpower.com/blog/powerful-drone-motors.html>
- [6.] "Що таке важкий дрон?," Grepow. [Online]. Available: <https://www.grepow.com/blog/what-is-a-heavy-lift-drone.html>
- [7.] "Топ-10 вантажних дронів 2025 року," Grepow. [Online]. Available: <https://www.grepow.com/blog/top-10-cargo-drones-of-2025.html>
- [8.] "Найважчі дрони на ринку: які БПЛА можуть перевозити найбільше?," Pilot Institute. [Online]. Available: <https://pilotinstitute.com/heaviest-drones/>
- [9.] "What Is an eVTOL Motor? A Complete Overview," LIG Power. [Online]. Available: <https://www.ligpower.com/blog/what-is-an-evtol-motor.html>
- [10.] N. Kitaev, "Створено новий електродвигун, здатний бути лідером у категорії 'питома потужність'," *SaveEnergy*, Jul. 30, 2025. [Online]. Available: <http://savenergy.info/page/created-new-electric-motor-capable-of-being-a-leader/>

- [11.] "Потужний двигун PMSM FLA8025," RoyPow. [Online]. Available: <https://www.roypow.com/ultradrive/high-power-pmsm-motor-fla8025-product/>
- [12.] "Резюме двигуна дрона БПЛА MAD V118 eVTOL," RC Drone. [Online]. Available: <https://rcdrone.top/uk/products/v118-evtol-uav-drone-motor-uk>
- [13.] "MAD V128L IPE V2.0 Дроновий двигун," RC Drone. [Online]. Available: <https://rcdrone.top/uk/products/v128l-vtol-drone-motor-uk>

¹**Oleksandr Lutseviat**

<https://orcid.org/0009-0001-2435-5434>

²**Yaroslav Yaroshenko (PhD)**

<https://orcid.org/0000-0002-8651-4920>

²**Anatolii Tkachenko**

<https://orcid.org/0000-0001-7316-5437>

³**Kostiantyn Sadovyi (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)**

<https://orcid.org/0000-0003-2703-9696>

¹*Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

²*National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

³*Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine*

DEFINING TECHNICAL REQUIREMENTS FOR AN UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR CASUALTY EVACUATION FROM THE BATTLEFIELD

The significant personnel casualties within the Armed Forces of Ukraine and the vulnerability of ground evacuation means necessitate the search for non-standard technical solutions. The deployment of heavy unmanned aerial vehicles will significantly enhance the speed and safety of rescuing the wounded. The aim of this article is to determine the basic technical requirements and the estimated layout configuration of a multicopter-type unmanned aerial vehicle for battlefield casualty evacuation. The study employs general scientific research methods: analysis, synthesis, and a SWOT analysis of the characteristics of existing civilian electric vertical takeoff and landing (eVTOL) unmanned aerial vehicles with a payload capacity of approximately 200 kg. The paper establishes the core requirements for the unmanned aerial vehicle: a payload of 150–170 kg, an operational radius of up to 20 km, and a flight time of 20–25 minutes. Based on the results of the SWOT analysis, it is proven that a 12-engine configuration is optimal. This design ensures high fault tolerance, optimal dimensions (approximately 2.6x2.6 m), and enables the use of available serial components.

This article will be of practical value to military equipment developers, engineers, and representatives of medical units during the formulation of tactical and technical requirements for the latest aeromedical evacuation means.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, casualty evacuation, unmanned aerial vehicle power plant.*

References

- [1.] K. Surman and D. Lockey, "Unmanned aerial vehicles and pre-hospital emergency medicine," *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, vol. 32, no. 9, 2024. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13049-024-01180-7>
- [2.] S. Habibi, N. Ivaki, and J. Barata, "A Systematic Literature Review of Unmanned Aerial Vehicles for Healthcare and Emergency Services," arXiv preprint arXiv:2504.08834, 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2504.08834>
- [3.] "GRIFF Aviation Announces the New GRIFF 300 Heavy-Lift Drone," *Unmanned Systems Technology*, Dec. 2016. [Online]. Available: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2016/12/griff-aviation-announces-new-griff-300-heavy-lifting-drone>
- [4.] "Official Website of the EHang EH216-S Developer," EHang. [Online]. Available: <https://www.ehang.com/ehang216s>
- [5.] "15 Best Powerful Drone Motors 2025 (6–100kg Thrust Range)," LIG Power, 2025. [Online]. Available: <https://www.ligpower.com/blog/powerful-drone-motors.html>
- [6.] "What Is a Heavy-Lift Drone?," Grepow. [Online]. Available: <https://www.grepow.com/blog/what-is-a-heavy-lift-drone.html>
- [7.] "Top 10 Cargo Drones of 2025," Grepow. [Online]. Available: <https://www.grepow.com/blog/top-10-cargo-drones-of-2025.html>
- [8.] "Heaviest Drones on the Market: Which UAVs Can Carry the Most?," Pilot Institute. [Online]. Available: <https://pilotinstitute.com/heaviest-drones/>
- [9.] "What Is an eVTOL Motor? A Complete Overview," LIG Power. [Online]. Available: <https://www.ligpower.com/blog/what-is-an-evtol-motor.html>
- [10.] N. Kitaev, "A New Electric Motor Capable of Leading in the 'Power Density' Category Created," *SaveEnergy*, Jul. 30, 2025. [Online]. Available: <http://savenergy.info/page/created-new-electric-motor-capable-of-being-a-leader/>
- [11.] "High-Power PMSM Motor FLA8025," RoyPow. [Online]. Available: <https://www.roypow.com/ultradrive/high-power-pmsm-motor-fla8025-product/>
- [12.] "Overview of the MAD V118 eVTOL UAV Drone Motor," RC Drone. [Online]. Available: <https://rcdrone.top/uk/products/v118-evtol-uav-drone-motor-uk>
- [13.] "MAD V128L IPE V2.0 Drone Motor," RC Drone. [Online]. Available: <https://rcdrone.top/uk/products/v128l-vtol-drone-motor-uk>