



УДК 629.733.5

AIRSHIPS ARE BACK!**ДИРИЖАБЛІ ПОВЕРТАЮТЬСЯ!****Makarchuk T.A. / Макарчук Т.А.***Student / студентка***Chursanova M.V. / Чуранова М.В.***PhD, as.prof. / к.ф-м.н, доцент**ORCID: 0000-0001-6977-7473***Drozdenco O.V. / Дрозденко О.В.***Senior Lecturer / ст. викладач**ORCID: 0000-0002-2141-411X*

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv, Veresteiskyi prospekt (Peremohy), 37, 03056*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ, Берестейський проспект (Перемоги), 37, 03056*

Анотація. В роботі представлено огляд сучасних тенденцій розвитку дирижаблів та їхню роль у вирішенні актуальних проблем людства, пов'язаних з екологією та логістикою. На відміну від традиційної авіації, дирижаблі забезпечують перевезення зі значно нижчим рівнем викидів CO₂ та не потребують складної наземної інфраструктури.

Відродити золоту еру дирижаблів можна за допомогою поєднання кількох факторів. По-перше, використання новітніх композитних матеріалів для виготовлення оболонки, які забезпечують легкість та міцність конструкції, стійкість до атмосферних впливів. По-друге, дизайн корпусу, що використовує не лише аеростатичну підйомну силу гелію, але й аеродинамічну підйомну силу за рахунок своєї форми. І по-третє, перехід до нульового рівня викидів завдяки використанню енергії від сонячних панелей, вмонтованих в оболонку дирижабля, та заміни двигунів внутрішнього згорання на електродвигуни. На сьогоднішній день численні компанії по всьому світу вже ведуть активну роботу по впровадженню дирижаблів для цивільних, комерційних або оборонних застосувань, показуючи, що дирижаблі можуть стати економнішою та екологічнішою заміною літакам.

Ключові слова: дирижаблі, гібридні конструкції, вуглецевий слід, нуль викидів

1. Вступ

Дирижаблі – унікальний клас повітряних суден, легших за повітря. Ця унікальність полягає в тому, навіть при неідеальній конструкції вони здатні підтримувати політ за рахунок аеростатичної підйомної сили та транспортувати корисне навантаження на задані висоти [1]. Однак гелій, яким наповнюють оболонки дирижаблів, має високу вартість, тому конструктори намагаються мінімізувати його використання за допомогою новітніх підходів.

Як відомо, цьому класу повітряних суден перестали довіряти після трагедії німецького “Гінденбург” 1937 року, але ж тоді у конструкції дирижаблів був



суттєвий недолік: невдало зроблена обшивка. Через 60 років після трагедії при хімічній експертизі доктору А. Бейну вдалося помітити сліди окису заліза, а поверх нього було накладено ще п'ять шарів ацетату целюлози – для міцності і захисту каркаса від вогкості й корозії. Цей тандем майже ідентичний до ракетного палива, тому очевидно, що обшивка була виготовлена з вогненебезпечних речовин [2]. В результаті, дирижаблі поступилися місцем швидким та маневреним літакам.

Але за останні десятиліття спостерігається відродження інтересу та інтенсивний розвиток цього класу повітряних суден. Це обумовлено тим, що людство зіткнулося з низкою проблем, пов'язаних з екологією та логістикою: зростання вуглецевого сліду при транспортуванні вантажів за умов стрімкого розширення торгівельних масштабів, а також зростання попиту на доставку важливих вантажів у місця, де недостатньо розвинена інфраструктура. Ці фактори дуже важливі для подальшого розвитку нашої цивілізації.

2. Основні проблеми

З розвитком техніки з'явилося багато факторів, які забруднюють навколишнє середовище, руйнуючи озоновий шар та змінюючи клімат. Мабуть, найголовнішим фактором є вуглецевий слід – явище виділення вуглекислого газу внаслідок масштабної людської діяльності. Для мінімізації вуглецевого сліду треба зменшити кількість транспорту та заводів, змінити спосіб добування енергії, оптимізувати логістику і т.д.

Наразі викиди CO₂ лише в Китаї становлять більше 105 мільйонів тон, в США більше 200 мільйонів тон, а по всьому світу на 2022 рік викиди становили приблизно 1.13 мільярдів тон [3].

Ключові проблеми, які дозволяють вирішити дирижаблі [4]:

1. Надмірно високий вуглецевий слід авіації: хоча авіаційний транспорт виробляє лише 2-3% від глобальних викидів, він має високий вуглецевий слід на одиницю вантажу (тонно-кілометр) порівняно з залізничним та водним транспортом;

2. Нерозвинена аеродромна інфраструктура, що у районах, віддалених або



зруйнованих внаслідок війни або природніх катастроф, ускладнює здійснення доставки великогабаритних чи життєво необхідних товарів.

3. Тенденції розвитку

Сучасні дирижаблі поділяються на жорсткі, напівжорсткі та м'які. Для великогабаритних перевезень найчастіше обирають жорстку конструкцію, що забезпечує цілісність структури.

Зміни у конструкції, які виводять дирижаблі з класичної ери:

1. Новітні матеріали: застосування легких, але міцних композитних матеріалів для виготовлення оболонки дирижаблів дозволило значно знизити масу конструкції та підвищити герметичність оболонки, морозо- і ультрафіолетостійкість, стійкість до опадів та інших атмосферних впливів, а також, що дуже важливо, пожежну безпеку. Прикладами таких армованих композитних тканин є кевлар (арамідне полімерне волокно високої міцності), вуглепластик (вуглецеві волокна, переплетені у полімерній матриці, зазвичай із епоксидної смоли), інші полімерні наноккомпозити [1, 5].

2. Гібридні конструкції: такі дирижаблі використовують не тільки аеростатичну підйомну силу гелію, але й аеродинамічну підйомну силу за рахунок зміненої форми корпусу, яка нагадує крило [6]. Завдяки цьому при горизонтальному польоті значна частина підйомної сили утворюється подібно до літаків, не вимагаючи додаткових затрат енергії. Такий ефект називається «lifting body», коли сам корпус літального апарату забезпечує підйомну силу через свою форму, і вже застосовується, наприклад, у дирижаблях Airlander 10 [7]. Це дозволяє підвищити ефективність та швидкість таких літальних апаратів [6, 8].

3. Електрифікація та сонячна енергія: низькі енергетичні потреби та велика площа поверхні оболонки, яку можна вкрити сонячними панелями, роблять дирижаблі та аеростати ідеальними кандидатами для гібридної або повної електрифікації [9-10]. Розроблені теоретичні концепції та проекти дирижаблів, що використовують гнучкі сонячні панелі, інтегровані в обшивку, для збирання сонячної енергії та забезпечення живлення електродвигунів і бортових систем під час польоту вдень, в той час як надлишкова енергія використовується для



заряджання акумуляторів і використання вночі чи в умовах низької освітленості. Таким чином забезпечується тривалий безвикидний політ з можливістю здійснення навіть міжконтинентальних рейсів [10-11]. Єдиним потенційним джерелом викидів вуглецю є первинна зарядка акумуляторів перед злетом, також для підстраховки енергетичного забезпечення під час польоту все ще необхідні дизельні генератори. Те, що значну частину енергетичних потреб літального апарату можна задовольнити за рахунок сонячної енергії, дозволяє зменшити викиди парникових газів на 53-55 % [12], а у своїй стратегії розвитку компанії розробники-дирижаблів зазначають поступовий перехід до нульового рівня викидів завдяки повній заміні двигунів внутрішнього згорання на електродвигуни [7]. Також перспективною є заміна традиційних акумуляторних систем на водневу систему зберігання енергії та паливні елементи, єдиним побічним продуктом яких є звичайна вода [11].

4. Чому саме дирижаблі?

Розглянемо як дирижаблі допоможуть вирішити проблеми, перелічені у пункті 2.

По-перше, мінімізація вуглецевого сліду. У порівнянні з вантажними літаками, які витрачають велику кількість енергії на підтримку аеродинамічної підйомної сили, дирижаблі потребують енергію тільки для створення горизонтальної тяги. Загалом, витрати палива у дирижабля на 80-90% менші ніж у вантажного літака [4]. Також мінімізуються викиди вуглекислого газу завдяки електрифікації.

По-друге, повна незалежність від наземної інфраструктури через вертикальний зліт та посадку. Завдяки цьому дирижаблі можуть доставляти вантаж одразу до кінцевої точки, не вимагаючи складної інфраструктури. Також вони дають можливість перевозити великогабаритні вантажі без попереднього розбору.

Більш того, стратосферні дирижаблі можуть скласти конкуренцію низькоорбітним супутникам. «High altitude platform station» (HAPS) здатні залишатися у стратосфері (на висоті 18-25 км) завдяки підйомній силі та



використовуватись для телекомунікацій, регіональної навігації, наукових досліджень за відносно низької вартості. Економічно це більш вигідно ніж використання супутників [13].

5. Висновки

Дирижаблі мають ряд переваг над іншими видами транспорту в контексті екологічності. Вони не вимагають такої складної наземної інфраструктури як літаки, і вони швидші за кораблі. Особливо вигідне їх використання там, де тривалість польоту важливіша за швидкість: для вантажних перевезень, спостереження, кліматичного моніторингу, зв'язку тощо. Масовому впровадженню заважає висока початкова вартість (але все ще дешевша, ніж у літаків) та тривалі терміни розробки.

Але вже на сьогоднішній день численні компанії по всьому світу активно ведуть роботу по впровадженню дирижаблів для цивільних, комерційних або оборонних застосувань: наприклад, Hybrid Air Vehicles, Великобританія [7], Euro Airship, Франція [11], Kelluu, Фінляндія [14], AVIC, Китай [15], AEROS, США [16] та інші.

Завдяки поєднанню сонячних панелей, електрифікації та гібридних конструкцій, нові дирижаблі будуть здатні на довготривалі польоти, зменшуючи викиди CO₂. Отже, відновити золоту еру дирижаблів треба, бо це ключ до формування стійкого, безпечного та екологічно чистого майбутнього.

Література:

1. Joshi, M., Chatterjee, U., Adak, B., Tiwari, R., Mandlekar, N., Chouhan, S., & Butola, B. S. A critical review on the development and technology of aerostat and airship hull material // The Journal of The Textile Institute, 2025. – Vol. 116(3). – p. 483-498. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000.2024.2343123>
2. Stromberg, J. What Really Sparked the Hindenburg Disaster? // [Electronic resource]. Available at: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-really-sparked-the-hindenburg-disaster-85867521/> , May 10, 2012
3. Annual CO₂ emissions from aviation // [Electronic resource]. Available at:



<https://ourworldindata.org/grapher/annual-co-emissions-from-aviation>

4. Duong, T. The Future of Flying? Airships Could Cut Carbon Emissions by 90% // [Electronic resource]. Available at: <https://www.ecowatch.com/air-travel-carbon-emissions-2653215087.html> , Jun 03, 2021

5. Lv, J., Zhou, Y., Zhang, Y., Nie, Y., & Wang, Q. Study of performance of aerostat envelope materials on the coast // *Frontiers in Materials*, 2022. – Vol. 9. – p. 992984. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.992984>

6. Manikandan, M., & Pant, R. S. Research and advancements in hybrid airships – A review // *Progress in Aerospace Sciences*, 2021. – Vol. 127. – p. 100741. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2021.100741>

7. Hybrid Air Vehicles // [Electronic resource]. Available at: <https://www.hybridairvehicles.com/airlander/airlander-10>

8. Gangadhar, A., Manikandan, M., Rajaram, D., & Mavris, D. Conceptual design and feasibility study of winged hybrid airship // *Aerospace*, 2021. – Vol. 9(1). – p. 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/aerospace9010008>

9. Zhang, L., Zhu, W., Du, H., & Lv, M. Multidisciplinary design of high altitude airship based on solar energy optimization // *Aerospace Science and Technology*, 2021. – Vol. 110. – p. 106440. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ast.2020.106440>

10. Pflaum, C., Riffelmacher, T., & Jocher, A. Design and route optimisation for an airship with onboard solar energy harvesting // *International Journal of Sustainable Energy*, 2023. – Vol. 42(1). – p. 289–303. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2189488>

11. Euro Airship // [Electronic resource]. Available at: <https://www.euroairship.com/index.php/en/our-solution/>

12. Yishmael Nashara Enos Bella Harefa, Mohammad Kholid Ridwan, Gesang Nugroho. Design and Analysis of Solar Power Generation for a Hybrid Airship as Cargo Transportation // *International Journal of Engineering Business and Social Science*, 2025. – Vol. 3, No. 3. – p. 1–15. Available at: <https://ijebss.ph/index.php/ijebss/article/view/221>

13. Alam, M. I., Pasha, A. A., Jameel, A. G. A., & Ahmed, U. F. High Altitude



Airship: A Review of Thermal Analyses and Design Approaches // Archives of Computational Methods in Engineering, 2022. – Vol. 30(3). – p. 2289–2339. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09867-9>

14. Kelluu // [Electronic resource]. Available at: <https://kelluu.com/>

15. Lobner P. Aviation Industry Corporation of China (AVIC) – AS700 blimp // Modern Airships (Press release), 2023. – p. 1-13 Available at: https://lynceans.org/wp-content/uploads/2023/12/AVIC_AS700.pdf

16. AEROS // [Electronic resource]. Available at: <https://aeroscraft.com/aeroscraft>

Abstract. *This paper presents a review of modern trends in the development of airships and their role in solving the current problems of humankind related to ecology and logistics. Unlike traditional aviation, airships enable transportation with significantly lower CO₂ emission and do not require complex ground infrastructure.*

The comeback of the golden age of airships can be achieved through the combination of several factors. First, the use of advanced composite materials for the envelope, providing lightweight yet durable construction with high resistance to atmospheric effects. Second, a hull design that utilizes not only the aerostatic lift of helium but also aerodynamic lift generated by its shape. Third, the transition to zero emissions through the use of energy from solar panels integrated into the airship envelope and the replacement of combustion engines with electric motors. Today, numerous companies around the world are actively working on the implementation of airships for civilian, commercial, and defense applications, demonstrating that airships can become a more economical and environmentally friendly alternative to airplanes.

Keywords: *airships, hybrid designs, carbon footprint, zero emission*

Стаття відправлена: 15.12.2025 р.

© Макарчук Т.А., Чурсанова М.В., Дрозденко О.В.