

O nowej erze powietrznej elektromobilności



Czas jest jednym z najcenniejszych zasobów jakie mamy. Raczej wszyscy wymieniamy go na pieniądze, angażując się w nasze zawodowe obowiązki. Jego część przeznaczamy na relacje, doświadczenia i pasję. Niekiedy jednak jesteśmy zmuszani do tracenia tego rzadkiego zasobu na sytuacje niewarte tak wysokiej ceny. A przecież proporcje, w jakich dzielimy czas na różne sfery naszego życia, decydują o jego jakości.

Czymś, na co poświęcamy duże ilości czasu żyjąc w dużych miastach, jest codzienne przemieszczanie. Na wielu poziomach staramy się przyspieszyć naszą komunikację: korzystamy z metra, szybkich kolei miejskich, czy też pasów drogowych do wyłącznego ruchu autobusów i taksówek.

Dlaczego jednak nie wprowadzić kolejnego poziomu miejskiej komunikacji i oderwać się od ziemi? Elektryczne statki powietrzne pionowego startu i lądowania (electric vertical take-off and landing; eVTOL) nie są już dłużej w sferze futurystycznych wyobrażeń, a stają się częścią naszej rzeczywistości.

Czym są (e)VTOL?

Skrót „VTOL” (vertical take-off and landing) w szerokim ujęciu oznacza statek powietrzny zdolny do pionowego startu i lądowania. Samo rozwiązanie nie jest nowe w lotnictwie. Od dawna dysponujemy chociażby odrzutowymi samolotami wojskowymi (np. BAe Harrier, Jak-38, czy też myśliwiec piątej generacji Lockheed Martin F-35B¹), jak również tymi z napędem wirnikowym (np. Bell-Boeing V-22 Osprey), które są w stanie startować i lądować bez potrzeby użycia rozbiegu.² Istnieją trzy podstawowe tech-

¹ Warto przypomnieć, że Polska złożyła zamówienie na 32 samoloty Lockheed Martin F-35A. W dniu 31 stycznia 2025 roku, w bazie lotniczej Gwardii Narodowej USA w Fort Smith (Arkansas) pierwszy polski pilot odbył lot na pierwszym z wyprodukowanych dla Polski F-35A „Husarz”, <https://www.gov.pl/web/obrona-narodowa/pierwszy-polski-pilot-za-sterami-f-35>

² Podane w treści artykułu przykłady statków powietrznych dokładniej opisuje pojęcie V/STOL (vertical/short take off and landing), które oznacza zdolność statku powietrznego do pionowego startu i lądowania lub startu i lądowania na krótkich pasach startowych, jednak określa się je często szerszym pojęciem VTOL.

niki umożliwiające osiągnięcie takiej użyteczności statków powietrznych. Pierwszą z nich są silniki zdolne do tzw. wektorowania ciągu (thrust vectoring/thrust vector control), zarówno odrzutowe, jak i wirnikowe. Ich konstrukcja umożliwia zmianę kierunku wyrzutu strumienia powietrza, np. poprzez ruchome dysze tego wyrzutu lub ruchome głowice wirników.³ Możliwość wektorowania ciągu jednocześnie zwiększa manewrowość statku powietrznego.

Ekstremalne możliwości jakie odrzutowy statek powietrzny zyskuje dzięki wektorowaniu, świetnie pokazuje jedna ze scen filmu, który każdy z entuzjastów lotnictwa oglądał — mam nadzieję — wiele razy: „Top Gun: Maverick”.⁴ Chodzi o scenę, w której Pete „Maverick” Mitchell (Tom Cruise) i Bradley „Rooster” Bradshaw (Miles Teller) pilotują wykradzionego wcześniej Grummana F-14 Tomcat. Na ich drodze pojawiają się jednak dwa myśliwce Su-57. Dochodzi do walki powietrznej między nimi a Maverickiem i Roosterelem. I pomijając kwestię tego, czy możliwości F-14 pozwalają nawet na próbę podjęcia walki z myśliwcem piątej generacji (Su-57), to w tej scenie widzimy skomplikowany manewr możliwy do wykonania ze względu na ponadprzeciętne umiejętności pilota i właśnie technikę wektorowania ciągu. Aby uniknąć zestrzelenia, Su-57 gwałtownie pionowo przyśpiesza, a następnie przez kilka sekund niemal zatrzymuje się w powietrzu i obraca tak, że wystrzelona przez Mavericka raketa nie jest w stanie go trafić.

Drugą z trzech podstawowych technologii układu napędowego VTOL, jest skrzydło o zmiennym kącie nachylenia (ang. tilt wing). Skrzydło to obraca się, aby skierować osadzone na nim śmigła pionowo podczas startu i lądowania, a następnie dostosowuje kąt natarcia do właściwego dla lotu poziomego.⁵

Trzecią z omawianych podstawowych technologii jest układ z napędem śmigłowym „lift and thrust”. Do wytworzenia siły nośnej w pionie oraz napędu podczas lotu poziomego, wykorzystywane są w tej koncepcji oddzielne wirniki lub śmigła. Siła nośna podczas startu i lądowania generowana jest przez wirniki, natomiast ciąg w locie poziomym powstaje przez stałe śmigła skrzydłowe podczas lotu.⁶

³ Vectored Thrust, NASA Glenn Research Center: <https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/vectored-thrust/>

⁴ „Top Gun: Maverick”, reż. Joseph Kosinski, 2022.

⁵ Walter James Boyne, Autogiros, Encyclopaedia Britannica: <https://www.britannica.com/technology/helicopter/Autogiros>

⁶ Grant Maloy Smith, *Understanding eVTOL: A Complete Guide to Electric Vertical Takeoff and Landing Aircraft*, DEWESoft Blog: <https://dewesoft.com/blog/evtol-guide>

A teraz wyobraźmy sobie nowoczesną kabinę, przypominającą współczesne samochody elektryczne, jednak z wirnikami na dachu napędzanymi elektrycznie. To właśnie eVTOL, w których przeważnie wykorzystuje się trzecią z wyżej przedstawionych technik generowania ciągu.

Advanced Air Mobility

Dzięki swojemu elektrycznemu napędowi, eVTOL nie emitują spalin oraz nadmiernego poziomu hałasu. Będą istotne dla dostarczania towarów, w tym medycznych i umożliwią szybki transport pacjentów lub ekip ratunkowych w trudno dostępnych miejscach. Są one jednak elementem szerszej koncepcji zwanej Advanced Air Mobility, której celem jest nowy sposób transportu ludzi i towarów, szczególnie w obszarach o gęstym zaludnieniu lub słabiej dostępnych ze względu na swoje położenie. Zakłada ona budowę odpowiedniej infrastruktury budowlanej (np. Vertiports — miejsca startu i lądowania eVTOL), ale również tej związanej z oprogramowaniem umożliwiającym bezpieczne wykonywanie i kontrolę lotów tych statków powietrznych.

W rozwój Advanced Air Mobility zaangażowana jest również NASA. Aby stworzyć strategiczne partnerstwa techniczne, infrastrukturalne i społeczne, agencja zaprosiła firmy lotnicze, obronne, architektów, inżynierów oraz inne agencje publiczne w celu współpracy nad budową sprecyzowanych ram rozwoju tej koncepcji.⁷ Dr Misty Davies⁸ z NASA podkreśliła, że AAM zakłada całkowitą reinterpretację transportu powietrznego, który będzie bezpieczniejszy, dużo bardziej dostępny i wydajniejszy finansowo. Statki powietrzne eVTOL i drony nie tylko przyspieszą transport osób i towarów, ale także mogą wspierać misje ratunkowe oraz transport medyczny i NASA największy nacisk kładzie właśnie na wykorzystanie technologii Advanced Air Mobility w akcjach ratunkowych.⁹

⁷ BAE Systems, *What is Advanced Air Mobility?*, <https://www.baesystems.com/en-us/definition/what-is-advanced-air-mobility>

⁸ Zastępca Dyrektora ds. Systemów Aeronautycznych w Dziale Systemów Inteligentnych w Centrum Badawczym NASA imienia Josepha Amesha oraz Doradca Techniczny Programu Operacji i Bezpieczeństwa Lotniczego ds. Kontroli i Bezpieczeństwa.

⁹ <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/armstrong/nasa-is-creating-an-advanced-air-mobility-playbook-2/#hds-sidebar-nav-1>; <https://www.youtube.com/watch?v=iVKN8p2EIU4&t=95s>

Nowe regulacje UE w zakresie VTOL

Na poziomie ICAO¹⁰ jeszcze w połowie 2024 roku, przyjęto podejście, zgodnie z którym nie należy przedwcześnie regulować funkcjonowania eVTOL. Podczas 14. Konferencji Żeglugi Powietrznej ICAO w Montrealu (26 sierpnia do 4 września 2024 r.), Brazylia zaadresowała ryzyka związane z certyfikacją eVTOL.¹¹

Konkluzja tej kwestii opiera się o stwierdzenie, że pomimo wczesnego etapu rozwoju eVTOL, należy zachęcać Państwa Członkowskie do wzajemnej wymiany informacji i promowania przejrzystości co do opracowywanych podejść, procedur i ram certyfikacyjnych dla eVTOL. Powinno się to przyczynić do globalnego, bezpiecznego wprowadzenia tego rodzaju statków powietrznych. ICAO powinna zaś monitorować postępy i rozwój krajowych regulacji dotyczących certyfikacji eVTOL oraz skoncentrować się na priorytetowym rozpowszechnianiu wiedzy wśród wszystkich Państw Członkowskich, unikając jednocześnie przedwczesnego definiowania tzw. standardów i rekomendowanych praktyk lub wytycznych.¹²

I o ile ICAO sądzi, że jest zbyt wcześnie na regulowanie tej materii, to Unia Europejska i EASA¹³ już takich wątpliwości nie ma. Od pierwszego maja tego roku w Unii Europejskiej w życie wchodzi przepisy Rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2024/1111 z dnia 10 kwietnia 2024 r. (UE 2024/1111).¹⁴

Dokonuje ono zmian w odniesieniu do ustanowienia wymogów dotyczących eksploatacji załogowych statków powietrznych zdolnych do wykonywania lotów VTOL w następujących aktach prawnych:

¹⁰ Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ang. *International Civil Aviation Organization, ICAO*).

¹¹ ICAO Working Paper AN-Conf/14-WP/137 (30/6/24), Fourteenth Air Navigation Conference, Montréal, Canada, 26 August to 6 September 2024; Agenda Item 2: 2.2: Timely and safe use of new technologies; Addressing safety risks related to evolving aviation technologies; Electric Vertical Take-Off And Landing (eVTOL) Aircraft Product Certification And Operational Aspects (Presented by Brazil).

¹² Tamże.

¹³ Agencja Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego (ang. *European Union Aviation Safety Agency, EASA*).

¹⁴ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2024/1111 z dnia 10 kwietnia 2024 r. zmieniające rozporządzenie (UE) nr 1178/2011, rozporządzenie wykonawcze (UE) nr 923/2012, rozporządzenie (UE) nr 965/2012 i rozporządzenie wykonawcze (UE) 2017/373 w odniesieniu do ustanowienia wymogów dotyczących eksploatacji załogowych statków powietrznych zdolnych do wykonywania lotów VTOL (Dz. U. UE. L. z 2024 r. poz. 1111).

- 1) w Rozporządzeniu Komisji (UE) nr 1178/2011 z dnia 3 listopada 2011 r. ustanawiającym wymagania techniczne i procedury administracyjne odnoszące się do załóg w lotnictwie cywilnym zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008 (UE 1178/2011)¹⁵;
- 2) w Rozporządzeniu wykonawczym Komisji (UE) nr 923/2012 z dnia 26 września 2012 r. ustanawiającym wspólne zasady w odniesieniu do przepisów lotniczych i operacyjnych dotyczących służb i procedur żeglugi powietrznej oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze (WE) nr 1035/2011 oraz rozporządzenia (WE) nr 1265/2007, (WE) nr 1794/2006, (WE) nr 730/2006, (WE) nr 1033/2006 i (UE) nr 255/2010 (UE 923/2012)¹⁶;
- 3) w Rozporządzeniu Komisji (UE) nr 965/2012 z dnia 5 października 2012 r. ustanawiającym wymagania techniczne i procedury administracyjne odnoszące się do operacji lotniczych zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008¹⁷ (UE 965/2012), oraz
- 4) w Rozporządzeniu wykonawczym Komisji (UE) 2017/373 z dnia 1 marca 2017 r. ustanawiającym wspólne wymogi dotyczące instytucji zapewniających zarządzanie ruchem lotniczym/służby żeglugi powietrznej i inne funkcje sieciowe zarządzania ruchem lotniczym oraz nadzoru nad nimi, uchylające rozporządzenie (WE) nr 482/2008, rozporządzenia wykonawcze (UE) nr 1034/2011, (UE) nr 1035/2011 i (UE) 2016/1377 oraz zmieniające rozporządzenie (UE) nr 677/2011 (UE 2017/373).¹⁸

Do trzech pierwszych wymienionych aktów prawnych, rozporządzenie UE 2024/1111 wprowadza definicję statku powietrznego zdolnego do wykonywania lotów VTOL. Zgodnie z tą definicją, jest to statek powietrzny o napędzie silnikowym, cięższy od powietrza, inny niż samolot lub wiropląt, zdolny do wykonywania pionowego startu i lądowania za pomocą jednostek podnoszenia i ciągu, wykorzystywanych do wytworzenia siły nośnej podczas startu i lądowania.¹⁹

¹⁵ Dz. U. UE. L. z 2011 r. Nr 311, str. 1 ze zm.

¹⁶ Dz. U. UE. L. z 2012 r. Nr 281, str. 1 ze zm.

¹⁷ Dz. U. UE. L. z 2012 r. Nr 296, str. 1 ze zm.

¹⁸ Dz. U. UE. L. z 2017 r. Nr 62, str. 1 ze zm.

¹⁹ UE 1178/2011: definicja dodana w art. 2 pkt 8b); UE 923/2012: definicja dodana w art. 2 pkt 85b); UE 965/2012: definicja dodana w art. 2 pkt 13.

Co istotne, w rozporządzeniu UE 1178/2011 został dodany art. 4f dotyczący uzyskiwania uprawnień wymaganych do wykonywania lotów VTOL (określanych w wymienionych rozporządzeniach skrótem VCA) i zakłada m. in.:

- ułatwienie dla osób posiadających licencję pilota zawodowego na samoloty, tj. CPL(A), lub śmigłowce, tj. CPL(H). Mogą oni uzyskać uprawnienie na typ VCA, pod warunkiem spełnienia wymogów określonych w załączniku I (część FCL) do rozporządzenia UE 1178/2011 oraz przepisach dotyczących zgodności operacyjnej, zgodnie z rozporządzeniem (UE) nr 748/2012;
- że uprawnienie na typ VCA jest możliwe po zdaniu egzaminu teoretycznego w formie pisemnej, a liczba pytań wielokrotnego wyboru zależy od stopnia złożoności statku powietrznego. Kandydaci muszą również ukończyć odpowiednie szkolenie w zakresie uprawnienia na typ, egzaminy praktyczne i kontrole umiejętności dotyczące statków powietrznych, spełniające wymagania określone w dodatku 9 do załącznika I (część FCL) i obejmujące, na warunkach i w zakresie określonym w danych dotyczących zgodności operacyjnej ustalonych zgodnie z załącznikiem I (część 21) do rozporządzenia (UE) nr 748/2012, dodatkowe szkolenie i egzaminowanie w celu umożliwienia kandydatom uzyskania kompetencji do pilotowania odpowiednich VCA;
- uprawnienia na typ VCA, uzyskane na podstawie udziału w próbach w locie, mogą zostać przyznane kandydatom posiadającym licencję CPL(A) lub CPL(H), pod warunkiem spełnienia określonych warunków dotyczących czasu lotu i funkcji pilota doświadczalnego;
- okres ważności uprawnień na typ VCA wynosi 1 rok, a ich przedłużenie wymaga wykonania co najmniej 2 godzin lotu w charakterze pilota oraz zdania kontroli umiejętności przed upływem ważności uprawnienia (wznowienie uprawnienia wiąże się z spełnieniem wymagań określonych w pkt FCL.740 lit. b) załącznika I.);
- posiadacze uprawnień IR(A) lub IR(H) są uprawnieni do wykonywania lotów według wskazań przyrządów, jeżeli ukończą egzamin praktyczny lub kontrolę umiejętności, zgodnie z wymogami dla odpowiedniego typu VCA;
- osoby posiadające uprawnienia instruktorskie mogą prowadzić szkolenie na typ VCA, pod warunkiem spełnienia odpowiednich wymagań dotyczących liczby odcinków trasy i odbycia odpowiedniego szkolenia w ATO (posiadacze uprawnień instruktorskich mogą również przedłużyć lub wznowić te przywileje, jeżeli spełnią wymogi dotyczące przedłużenia określone w załączniku I (część FCL);

- kandydaci posiadający upoważnienie egzaminatora mogą przeprowadzać egzaminy praktyczne i kontrole umiejętności na typ VCA, jeżeli spełniają wymagania dotyczące posiadania przywilejów instruktora i ukończenia kursu standaryzacyjnego (przedłużenie lub wznowienie przywilejów egzaminatora wymaga spełnienia określonych wymagań, w tym ukończenia szkolenia odświeżającego lub zaliczenia odpowiedniej oceny kompetencji).

Inwestycje w eVTOL

Technologia eVTOL przyciąga coraz większe inwestycje, które kształtują przyszłość transportu powietrznego. Już teraz firmy, rządy i inwestorzy inwestują znaczne środki na rozwój tych statków powietrznych. Poniżej kilka znaczących inwestycji z ostatnich miesięcy:

- Minister lotnictwa cywilnego Indii, Kinjarapu Ram Mohan Naidu, ogłosił, że w 2026 roku w Delhi, Mumbaju i Pune rozpoczną się próby uruchomienia usług transportowych z wykorzystaniem eVTOL. Zaznaczył on, że wprowadzenie takich usług jest kluczowe, by zmniejszyć korki w miastach metropolitalnych i podkreślił, że ponad 35% komponentów statków powietrznych, w tym sprzętu do śmigłowców, jest już produkowanych w Indiach. Minister podkreślił także, w ciągu najbliższych pięciu lat w Indiach powstanie 50 nowych lotnisk, a do 2047 roku ich liczba może przekroczyć 200.²⁰
- Archer (jeden z kilku wiodących producentów eVTOL; jego głównym produktem jest statek powietrzny eVTOL „Midnight”) podpisał umowę z Ethiopian Airlines, największym przewoźnikiem lotniczym w Afryce, który stanie się drugim klientem planującym wdrożenie jego produktów w ramach programu „Launch Edition”. Archer zamierza również dostarczyć oprogramowanie w zakresie operacji mobilności powietrznej w miastach, w tym aplikacje do rezerwacji lotów.²¹ Co więcej, Archer zapowiedziało plany uruchomienia sieci taksówek powietrznych w Los Angeles przed Igrzyskami Olimpijskimi i Paraolimpijskimi w 2028 roku, co zastąpi jedno-/dwugodzinne podróże samochodem 10-20 minutowymi lotami przy użyciu

²⁰ <https://indianexpress.com/>; Chris Stonor, *India: Government “to Introduce Air Taxi Services for Delhi, Mumbai, Pune”*, 3.02.2025, <https://evtolinsights.com/2025/02/india-government-to-introduce-air-taxi-services-for-delhi-mumbai-pune/>

²¹ Chris Stonor, *Ethiopian Airlines signs agreement to deploy Archer’s Midnight eVTOL aircraft under “Launch Edition” program*, 28.03.2025, https://evtolinsights.com/2025/03/ethiopian-airlines-signs-agreement-to-deploy-archers-midnight-evtol-aircraft-under-launch-edition-program/?trk=_publishing-image-block

eVTOL.²² Dodatkowo, 6 grudnia 2024 r., Archer ogłosił nową umowę o współpracy z kluczowymi podmiotami ze Zjednoczonych Emiratów Arabskich, szczególnie z Abu Dhabi, której celem jest uruchomienie operacji eVTOL w tym regionie Bliskiego Wschodu. Archer stanie się pierwszą siecią eVTOL, która rozpocznie komercyjne loty taksówek powietrznych w Abu Dhabi.²³

- Joby Aviation, Inc. (jeden z kilku wiodących producentów eVTOL), ogłosiła 19 marca 2024 r., że dostarczy w 2025 roku dwa statki powietrzne do bazy lotniczej MacDill w ramach kontraktu AFWERX Agility Prime z U. S. Air Force.²⁴

* * * * *

Zamiast godzinnych dojazdów, eVTOL obiecuje skrócić dystans do kilku minut. Staje się narzędziem w przejściu od tradycyjnego transportu do nowej rzeczywistości, w której tradycyjny sposób podróżowania zostaje zastąpiony przez inteligentne, ciche i zrównoważone rozwiązanie, z potencjałem na całkowitą redefinicję naszych miast i — siłą rzeczy — codziennego życia.

* * * * *

²² FutureTransport-News, Archer to Launch Los Angeles eVTOL Network Prior to 2028 Olympics, <https://futuretransport-news.com/archer-to-launch-los-angeles-evtol-network-prior-to-2028-olympics/>

²³ Scooter Doll, Archer formalizes agreements in UAE as it looks to become the first to fly commercial eVTOLs in the region, 6.12.2024, <https://electrek.co/2024/12/06/archer-formalizes-agreements-uae-become-first-to-fly-commercial-evtols/>

²⁴ Joby Aviation, Joby Widens USAF Partnership, Will Deliver Two eVTOL Aircraft to MacDill AFB, <https://www.jobyaviation.com/news/joby-widens-usaf-partnership-will-deliver-two-evtol-aircraft-macdill-afb/>