

Perspektywiczne metody obniżenia uciążliwości ruchu lotniczego w rejonie lotniska komunikacyjnego

Andrzej Majka

Wśród najważniejszych problemów stojących współcześnie przed transportem lotniczym wyróżnić można niekorzystne oddziaływanie samolotów i lotnisk na środowisko naturalne. Jedną z możliwości poprawy tej sytuacji jest opracowywanie nowatorskich rozwiązań zmierzających do obniżenia emisyjności samolotów w fazie startu i lądowania. Nowe technologie startu i lądowania samolotu ukierunkowane są głównie na: zmniejszenie zużycia paliwa, zmniejszenie emisji hałasu oraz ograniczenie powierzchni zajmowanych przez lotniska. Jedną z najbardziej obiecujących koncepcji jest wykorzystanie systemu naziemnego do wspomagania rozpędzania i hamowania samolotu w trakcie startu i lądowania.



dr inż.
Andrzej Majka
Katedra Samolotów i Silników Lotniczych
Politechnika Rzeszowska

Geneza problemu

Transport lotniczy jest najnowocześniejszą i najbardziej dynamicznie rozwijającą się gałęzią transportu. Spowodowane jest to największą obecnie prędkością komunikacyjną, stosunkowo niewielką presją na środowisko naturalne w skali globalnej oraz wysokimi wskaźnikami bezpieczeństwa. Transport lotniczy jest jednym z ważniejszych elementów wpływających na rozwój gospodarczy świata i jednocześnie przyczyną problemów istotnych zwłaszcza w skali lokalnej, na obszarach dużych lotnisk i w ich otoczeniu. Niekorzystne oddziaływanie transportu lotniczego przejawia się we wpływie na środowisko przyrodnicze jak i społeczność zamieszkującą obszary wokół lotniskowe. Cały transport, w tym i lotniczy przyczynia się do degradacji środowiska naturalnego i negatywnie oddziałuje na ludzi. Negatywne oddziaływanie transportu lotniczego na środowisko naturalne związane jest przede wszystkim z zajmowaniem dużych powierzchni przez lotniska komunikacyjne i co z tym jest związane zmianą sposobu użytkowania terenów portów lotniczych i stref zlokalizowanych wokół lotnisk. Do najważniejszych zagrożeń w fazie funkcjonowania lotniska należą: emisja hałasu oraz zanieczyszczeń powietrza, w tym substancji wpływających niekorzystnie na zmiany klimatyczne. Oddziaływanie to jest tym silniejsze im intensywniejszy ruch lotniczy odbywa się na danym obszarze. Związane jest to również z gęstością zaludnienia,

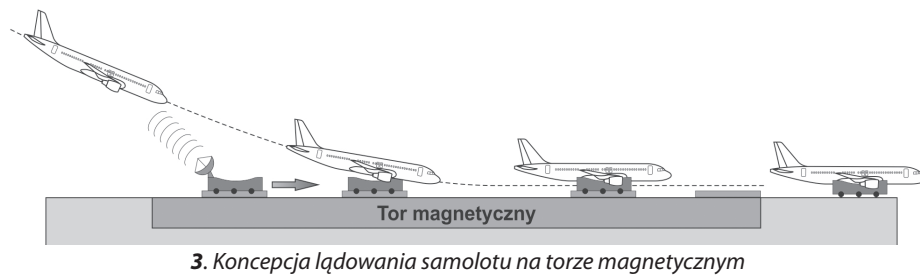
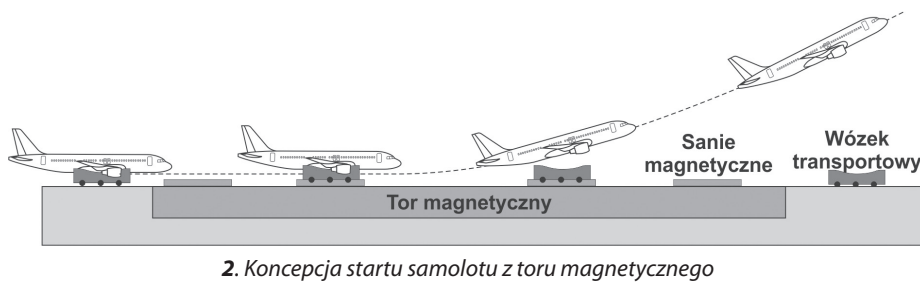
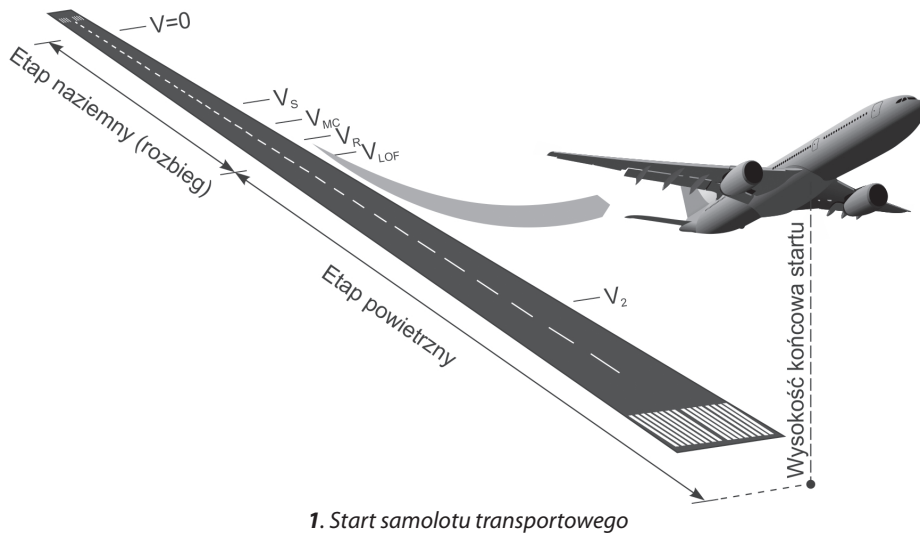
która przy dużej mobilności ludzi wpływa na wzrost przewozów, w tym wykonywanych samolotami. Europa a w szczególności Unia Europejska jest jednym z najgęściej zaludnionych obszarów Ziemi. Na jej terenie znajduje się ok. 1270 lotnisk spośród których 737 posiada niezbędne wyposażenie do wykonywania operacji typu IFR [4]. Aktualnie 440 lotnisk europejskich obsługuje około 800 mln pasażerów. Codziennie odbywa się około 27 tys. lotów kontrolowanych. W 2012 r. w Europie zrealizowano ponad 9.5 miliona operacji IFR a prognozy przewidują ich wzrost o 21 procent do 2017 r. 80 procent tych lotów to loty w obrębie UE. Spośród wszystkich operacji, 44 % realizowane jest na 25 największych lotniskach, natomiast 70% całego ruchu pasażerskiego przepływa przez 15 największych portów lotniczych [7], [8]. Efektem tego jest duże zagęszczenie ruchu lotniczego na największych lotniskach i w ich otoczeniu. Również w tych obszarach obserwuje się największy, negatywny wpływ transportu lotniczego na środowisko naturalne.

Obecnie podejmowane są różnorodne działania, których celem jest rozwiązanie bieżących, najbardziej nabrzmiałych problemów transportu lotniczego. Są one przedmiotem dwóch największych programów dotyczących lotnictwa, a realizowanych przez Unię Europejską. Pierwszym z nich jest SESAR JU [25] w którym zakłada się między innymi opracowanie rozwiązań, które doprowadzą do 10-krotnego podwyższenia poziomu bezpieczeństwa, 3-krotnego zwiększenia przepustowości przestrzeni powietrznej, zmniejszenia kosztów zarządzania ruchem lotniczym o 50% oraz zmniejszenia wpływu transportu lotniczego na środowisko naturalne o 10 proc. Drugim programem jest Clean Sky 2 [26], będący kontynuacją programu Clean Sky, w ramach którego będą opracowywane nowe rozwiązania technologiczne, bardziej przyjazne dla środowiska (nowe samoloty, zespoły napędowe oraz systemy pokładowe itp.). Oprócz

działań zakładających rozwiązywanie bieżących problemów transportu lotniczego z wykorzystaniem współcześnie dostępnych technologii, analizowane są możliwości zastosowania rozwiązań nowatorskich, wykraczających poza współcześnie obowiązujące standardy, należące do grupy tzw. pomysłów „out of the box”. Wśród bardzo wielu przyszłościowych pomysłów, możliwych do zastosowania w transporcie lotniczym, zastosowanie systemów wspomagania startu i lądowania samolotu wydaje się najbardziej realne, na obecnym poziomie rozwoju technicznego. W Europie były realizowane dwa projekty naukowe analizujące możliwość wspomagania samolotu w fazie startu i lądowania. Pierwszy z nich to, projekt GroLaS (Ground-Based Landing-Gear System) finansowany ze środków niemieckich. Drugi zaś, to projekt GABRIEL (Integrated Ground and On-board System for Support of the Aircraft Safe Take-off and Landing) finansowany przez Komisję Europejską. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość zaoszczędzenia do 70% paliwa zużywanego w fazie startu i lądowania, do 20% w warunkach przelotowych oraz redukcji kosztów operacyjnych do 12% [22]. Emisja hałasu w obszarach lotniskowych może być obniżona o ok. 24% [1]. Obiecujące rezultaty analiz sprawiły, że planowana jest kontynuacja prac dotyczących wspomagania startu i lądowania w ramach kolejnych projektów naukowych.

Nowe koncepcje startu i lądowania

Start i lądowanie samolotu są jednymi z najistotniejszych faz lotu. Niska efektywność fazy startu i lądowania spowodowana jest względnie niską prędkością lotu w stosunku do prędkości przelotowej, która to na ogół zbliżona jest do prędkości maksymalnej danego samolotu. Duży kąt natarcia na którym samolot porusza się w fazie startu i lądowania oraz wychylone urządzenia obniżające prędkość przeciągnięcia (klapy, sloty itp.) sprawiają, że współczynnik oporu ae-



rodynamicznego jest wysoki a doskonałość aerodynamiczna względnie niska. Dodatkowo wysunięte podwozie powiększa opór aerodynamiczny samolotu oraz opór związany z siłą tarcia w trakcie toczenia się samolotu po pasie [9]. W przypadku startu i lądowania klasycznego nie ma możliwości znaczącego podniesienia prędkości oderwania lub przyziemienia, ze względu na ograniczenia eksploatacyjne podwozia, w szczególności wytrzymałość opon, zdolność do rozproszenia energii przez hamulce, oraz wytrzymałość podwozia i jego mechanizmu chowania na obciążenia aerodynamiczne. Małe prędkości oderwania oraz przyziemienia wynikają z ograniczonych możliwości rozpędzenia i hamowania samolotu na współcześnie istniejących pasach startowych. Konwencjonalny start lub lądowanie trwają stosunkowo długo, a w ich trakcie samolot porusza się blisko powierzchni ziemi. Schemat typowego startu samolotu transportowego pokazano na Rysunku 1 (na podstawie [9]).

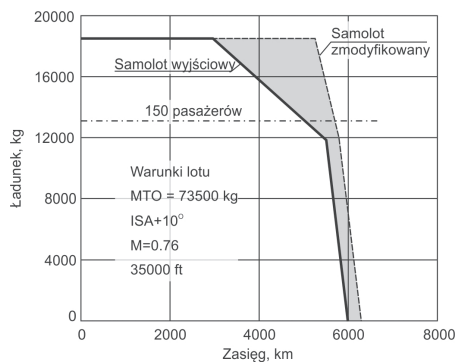
Chęć zmniejszenia negatywnego oddziaływania samolotów na środowisko, w szczególności na obszary okołolotniskowe doprowadziła do opracowania różnych

koncepcji zmiany tradycyjnego sposobu startu i lądowania samolotu. Nowe technologie startu i lądowania samolotu ukierunkowane są głównie na: zmniejszenie zużycia paliwa i zmniejszenie powierzchni obszarów zajmowanych przez lotniska. Pierwszy z wymienionych celów może zostać osiągnięty różnymi metodami: start samolotu z wykorzystaniem katapulty lub toru szynowego, bezprzewodowe mikrofalowe przesyłanie energii wykorzystywanej przez samolot do startu i lądowania, wykorzystanie różnych zjawisk fizycznych do wspomaganie etapu naziemnego startu i lądowania samolotu, np. zjawiska lewitacji magnetycznej (MAGLEV) itp. [17]. Bezprzewodowe mikrofalowe przesyłanie energii wydaje się być efektywną metodą wspomaganie startu i lądowania samolotu, lecz w chwili obecnej jest to technologia na etapie rozwoju koncepcyjnego i będzie mogła być zastosowana w dalekiej przyszłości. Inną możliwością jest wspomaganie startu i lądowania samolotu przez system naziemny wykorzystujący technologię MAGLEV. Technologia MAGLEV jest jedną z najbardziej efektywnych metod rozpędzenia i hamowania samolotu w fazie

rozbiegu i dobiegu. Technologia ta jest dobrze znana i wykorzystywana od lat w konstrukcji pociągów poruszających się z bardzo dużymi prędkościami. Uważana jest za bezpieczną i przyjazną dla środowiska. Jednak, zastosowanie jej do przyspieszania i hamowania samolotu wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań teoretycznych oraz doświadczalnych, które powinny dać odpowiedź, czy taki system jest możliwy do realizacji, bezpieczny i ekonomicznie uzasadniony. Opis koncepcji wspomaganie startu i lądowania samolotu przez system wykorzystujący technologię MAGLEV był przedmiotem kilku prac, które były efektem analiz prowadzonych w ramach projektu GABRIEL [1], [3], [14], [15], [17], [18], [21], [22].

Wykorzystanie technologii MAGLEV do wspomaganie startu i lądowania samolotu

Wykorzystanie samego zjawiska lewitacji magnetycznej nie jest wystarczające do startu i lądowania, ponieważ podobnie jak i inne metody bezkontaktowe, charakteryzuje się ona niemal zerowym współczynnikiem tarcia. Oprócz unoszenia się samolotu ponad powierzchnią pasa, istnieje również potrzeba utrzymania go na zadanym torze, jak i rozpędzenia do startu lub wyhamowania po lądowaniu lub przerwaniu startu. W celu kontrolowania energii kinetycznej samolotu podczas operacji naziemnych potrzebne jest zastosowanie silnika. Jedną z propozycji może być zastosowanie elektrycznych silników liniowych. Silniki takie mogą rozpędzić samolot bez użycia jego własnego napędu, w sposób podobny do katapulty, a ilość uzyskanej w ten sposób energii może posłużyć do opuszczenia przez samolot niskich wysokości w możliwie krótkim czasie, pozwalając na uniknięcie fazy rozpędzania nisko nad ziemią. Jednakże takie rozwiązanie wiąże się ze znacznym zwiększeniem masy samolotu o części samego silnika liniowego. Innym rozwiązaniem może być wykorzystanie silników samolotu. Rozwiązanie to nie jest korzystne, ze względu na takie same efekty niekorzystne wywierane przez samolot na otoczenie jak w przypadku startu klasycznego. Jeszcze innym rozwiązaniem może być zastosowanie specjalnej platformy, która wystrzeliwałaby i odbierała samolot. Potrzeba zminimalizowania masy samolotu oraz założenie maksymalnego ograniczenia wpływu samolotu na otoczenie lotniska, skłaniają do wyboru ostatniego rozwiązania, w którym samolot spoczywał będzie w fazie rozbiegu i dobiegu na specjalnej platformie (Rysunek 2 oraz 3). Ponieważ przewiduje się, że samolot nie będzie posiadał klasycznego podwozia, do celów transportowych



4. Wpływ naziemnego systemu wspomagania na zmianę możliwości transportowych samolotu

umieszczony będzie dodatkowo na specjalnym wózku zaopatrzonego w koła.

Przy wyborze projektu koncepcyjnego dla systemu wspomagania startu i lądowania kierowano się następującymi założeniami:

- możliwość rozprędkowania samolotu do prędkości oderwania lub pozwalającej na osiągnięcie zadanej wysokości przy minimalnym ciągu silników własnych samolotu,
- ograniczenie masy samolotu, lub zachowanie jej na dotychczasowym poziomie,
- możliwość wyhamowania samolotu w przypadku przerwanej startu,
- możliwość zastosowania systemu dla jak najszerszej gamy samolotów,
- możliwość wykorzystania systemu w różnych warunkach atmosferycznych,
- możliwość wykorzystania jednego systemu zarówno do startu, jak i lądowania,
- możliwość odzyskiwania energii w przypadku lądowania, lub przerwanej startu,
- realizowalność projektu od strony materiałowej i finansowej,
- bezpieczeństwo dla ludzi, i urządzeń elektronicznych na pokładzie.

Po przeanalizowaniu różnych wariantów systemu, wybrano koncepcję ruchomej platformy wykorzystującej system Inductrack. Koncepcja ta zakłada zastosowanie lewitującego pojazdu w kształcie platformy, tzw. sanie magnetyczne, na której umieszczony jest wózek na którym spoczywa samolot (Rysunek 2 oraz 3). Platforma ta będzie poruszać się po torze systemu Inductrack. Taki system lewitacji jest obecnie najtańszy w realizacji, ale nie został do tej pory wykorzystany komercyjnie. Należy podkreślić, że opiera się on na zjawisku lewitacji elektrodynamicznej, tym samym platforma oprócz magnesów stałych, które lewitują nad szynami, musi być wyposażona również w zestaw normalnych kół. Jest to spowodowane naturą zjawiska, które pojawia się dopiero po osiągnięciu określonej prędkości. W zależności od lewitującej masy jest to od 5 do 30 km/h. Przy użyciu systemu można ograniczyć masę samolotu, o masę kłap, slotów i innych urzą-

dzeń wspomagających start i lądowanie. Zakłada się również, że samolot nie będzie posiadał klasycznego podwozia, musi jednak posiadać wzmocnione punkty kotwiczne w postaci trzpieni z zaczepami, na których będzie się opierał o wózek transportowy. Koncepcja ta pozwala na zmniejszenie masy samolotu o 4-6% [15].

Zakłada się, że lądowanie przebiegałoby podobnie do typowego lądowania na betonowym pasie startowym, z tą różnicą, że odbywałoby się przy zwiększonej prędkości. Podczas podejścia do pasa położenie samolotu byłoby monitorowane (Rysunek 3). Platforma rozpędzałaby się do prędkości równej prędkości samolotu i utrzymywałaby położenie bezpośrednio pod nim do czasu zakotwiczenia, po którym rozpoczynałoby się hamowanie.

Ponieważ oprócz startu i lądowania platforma może być wykorzystywana do przenoszenia samolotu do i z miejsca postoju, uruchomienie silników może następować dopiero przed samym pasem startowym, co pozwoli na zmniejszenie kosztów paliwa związanych z kołowaniem. System ten jest bezpieczny z punktu widzenia natężenia pola magnetycznego dzięki pozycji samolotu po stronie ekranowanej układu magnesów Hallbacha. Jest on również odporny na warunki atmosferyczne takie jak deszcz, wiatr czy oblodzenie.

Zmiana charakterystyk samolotu

Zastosowanie systemu wspomagania startu i lądowania wykorzystującego technologię MAGLEV pozwoli na redukcję ciężaru samolotu z powodu rezygnacji z klasycznego podwozia oraz mniejszą masę silników, których ciąg będzie dobierany na warunki przelotowe. Wyniki obliczeń przeprowadzonych dla samolotu klasy Airbus A320 pozwalają oczekiwać zmniejszenia masy startowej samolotu przystosowanego pod potrzeby systemu wspomagającego o ok. 4.6% [15], w stosunku do wersji podstawowej, niezmodyfikowanej (Tabela 1). Zmniejszeniu ulegnie również opór aerodynamiczny w warunkach przelotowych o ok. 1% [15], co przełoży się na porównywalne zmniejszenie zużycia paliwa. Zmiana charakterystyk masowych, aerodynamicznych i osiągowych została wyznaczona przy użyciu specjalnie opracowanego modelu obliczeniowego, wykorzystujące klasyczne podejście do projektowania samolotów, opisane w [9], [10], [16], [19], [20], [24] z uwzględnieniem wymagań zawartych w [6].

Ciężar samolotu wpływa znacząco na jego osiągi, zwłaszcza na zasięg. Co prawda mniejsza masa samolotu powoduje zmniej-

szenie ciągu niezbędnego do lotu a więc i mniejsze zużycie paliwa, lecz efekt ten nie jest najistotniejszy. Dzięki mniejszej masie konstrukcji samolotu z systemem wspomaganie startu i lądowania wzrośnie udział masy paliwa, które samolot może zabrać na przelot. Spowoduje to znaczący wzrost zasięgu z maksymalną masą ładunku (rysunek 4). Z drugiej strony, przy tej samej masie paliwa, można zabrać większy ładunek płatny, zwiększając efektywność transportową samolotu. Zmodyfikowana procedura startu (brak kołowania, wspomaganie startu systemem naziemnym, odmienny profil startu) sprawi, że samolot w fazie startu zużyje zdecydowanie mniej paliwa i będzie rozpoczynał przelot z większą, początkową masą paliwa.

Zmiana oddziaływania na środowisko

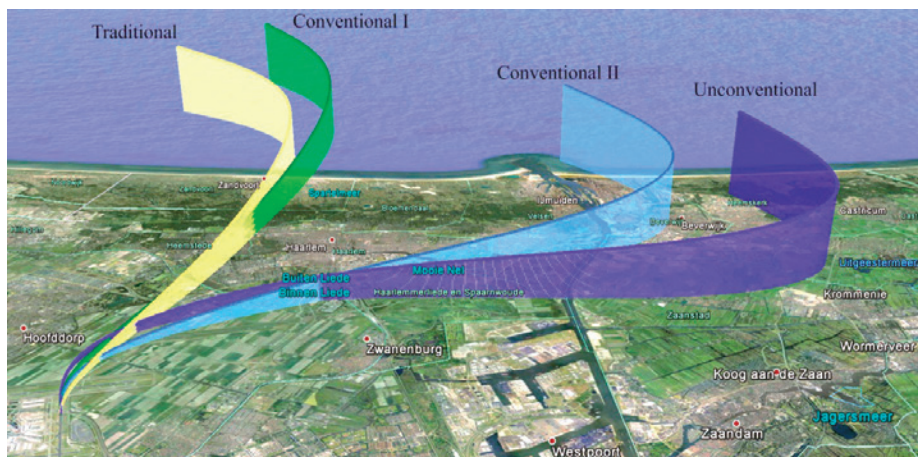
Zastosowanie systemu wspomagającego start i lądowanie samolotu wpłynie na zmniejszenie negatywnego oddziaływania samolotów na środowisko, w szczególności w obszarach okołoletniskowych. Odmienne warunki startu dają również możliwość innego kształtowania trajektorii wstępnego etapu wznoszenia samolotu po starcie oraz końcowego etapu podejścia w celu zmniejszenia negatywnego oddziaływania na środowisko. W trakcie opracowywania koncepcji systemu wspomaganie analizowane były różne scenariusze startu samolotu (tabela 2). Najbardziej obiecujący jest scenariusz zakładający rozpędzenie samolotu do dużej prędkości i wstępne wznoszenie z wykorzystaniem jego energii mechanicznej. Samolot po osiągnięciu wysokości ok. 1000 [ft] w locie praktycznie beznapędowym, kontynuowałby wznoszenie wykorzystując wszystkie silniki.

Emisja samolotu wywołana jest głównie spalaniem paliwem przez jego silniki. Najczęściej i najbardziej zanieczyszczają atmosferę: dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu oraz pyły a także metan i podtlenek azotu. Wielkość emisji zależy od rodzaju paliwa, typu samolotu, typu silnika oraz warunków pracy (wysokość, prędkość, poziom mocy lub ciągu itp.). Operacje naziemne samolotu są bardzo mało efektywne. W porównaniu do ogólnego wzrostu przewozów lotniczych, czas operacji naziemnych (kołowanie, oczekiwanie itp.) wykazuje nieproporcjonalny przyrost. Przekłada się to na duży wzrost zużycia paliwa w trakcie operacji naziemnych i emisję substancji szkodliwych. Ma to duże znaczenie, ze względu na to, że emisja w trakcie operacji naziemnych wpływa bardzo mocno na lokalne środowi-

sko naturalne (wokół lotniskowe), odwrotnie do operacji powietrznych, które bardziej oddziałują na globalne zmiany klimatu. Ludzie wykazują się większą wrażliwością na zanieczyszczenia lokalne niż globalne zmiany klimatyczne. Dlatego wzrost lokalnego zanieczyszczenia środowiska, głównie powietrza, powinien być bardzo poważnie analizowany przez lokalne społeczności, sąsiadujące z dużymi lotniskami. Z tego powodu wzrost emisji samolotów w trakcie operacji naziemnych może stanowić poważną barierę w rozwoju lotnisk.

Silniki współcześnie eksploatowanych samolotów są projektowane na warunki przelotowe. W czasie operacji naziemnych działają mało efektywnie, emitując do atmosfery zwiększone ilości substancji szkodliwych. Eliminuje się to częściowo, stosując tzw. holowniki lub wypychacze samolotów, wykorzystywane głównie do wypychania samolotów ze stanowisk postojowych. Pojazdy te rzadko są jednak używane do holowania samolotów do lub z pasa startowego. One jednak również napędzane są silnikami spalinyowymi emitującymi zanieczyszczenia do środowiska. Dlatego zastosowanie systemu wspomagającego start i lądowanie może skutkować dużym obniżeniem lokalnej emisji substancji szkodliwych w obszarach wokół lotniskowych.

Operacje realizowane przez samolot są z reguły dzielone na dwie główne grupy:
operacje startu i lądowanie, oznaczane



5. Optymalne trajektorie wznoszenia dla samolotu w wersji podstawowej (kolor żółty) oraz wersji zmodyfikowanej

skrótom LTO (Landing/Take-off) obejmujące wszystkie zadania jakie wykonuje samolot w obszarze lotniska i w jego pobliżu, poniżej wysokości 3000 ft (ok. 1000 m). Zawierają one kołowanie, start, wznoszenie po starcie, podejście do lądowania oraz lądowanie.

Przelot, który jest definiowany jako zestaw wszystkich zadań wykonywanych przez samolot powyżej wysokości 3000 ft (ok. 1000 m). Przelot według tego podziału składa się ze wznoszenia do wysokości przelotowej, przelotu na wysokości przelotowej oraz schodzenia do wysokości 3000 ft.

Emisja samolotu w fazie LTO zawiera produkty spalania powstałe w trakcie: postoju (z pracującymi silnikami), kołowania po płycie lotniska (do i od pasa startowego), startu i wznoszenia, podejścia i lądowania.

W lotnictwie emisja lotna gazów cieplarnianych wyznaczana jest najczęściej z wykorzystaniem metody Tier 1 lub Tier 2, zgodnie z wytycznymi [5], [11], [12], [13], [23]. Mimo, że metoda Tier 1 prezentuje uproszczone podejście do szacowania emisji lotnej gazów cieplarnianych, to przyjmuje się, że jest właściwa do określenia wielkości emisji CO₂, CH₄ i N₂O w fazie LTO [11]. Emisja CO, HC oraz SO₂ wpływa mniej znacząco na efekt cieplarniany ze względu na niewielkie ilości tych substancji wydzielające się przy spalaniu jednostki masy paliwa [5], [23]. Wykorzystując metodę Tier 1 wyznaczono dzienną emisję lotną gazów cieplarnianych samolotu w fazie LTO. Obliczenia wykonano dla średniej wielkości lotniska, przy założeniu, że wykonywanych jest na nim 200 operacji startów i lądowania dziennie. Wyniki dla samolotu Airbus A320-200 oraz samolotu w wersji zmodyfikowanej, wykonującego start według 3 analizowanych scenariuszy (Tabela 2) przedstawiono w Tabeli 3.

Optymalne trajektorie startu, minimalizujące emisję lotną gazów cieplarnianych oraz omijające duże skupiska ludzkie w celu zmniejszenia oddziaływania hałasu na osoby zamieszkujące obszary wokół lotniskowe przedstawia rysunek 5. Optymalne trajektorie wyznaczono dla lotniska Schiphol k. Amsterdamu dla samolotu startującego z pasa RWY 27. Obliczenia przeprowadzono dla samolotu w wersji podstawowej oraz dla samolotu zmodyfikowanego pod potrzeby systemu wspomagającego, wykonującego start według 3 analizowanych scenariuszy (Tabela 2).

Podsumowanie

Współcześnie prowadzonych jest wiele prac, których celem jest znalezienie sposobu poprawy efektywności transportu lotniczego oraz zmniejszenie jego niekorzystnego oddziaływania na środowisko. Wśród różnych pomysłów można wyróżnić grupę

Tabela 1. Charakterystyki masowe samolotu A320-200 [2] oraz jego wersji zmodyfikowanej pod potrzeby systemu wspomagającego start i lądowanie [15]

Opis	Masy [kg]	
	Wersja podstawowa WV000	Wersja po modyfikacji WV000
Maksymalna masa startowa	73 500,00	71 168,44
Masa samolotu pustego	41 244,00	39 135,44
Maksymalna masa ładunku	19 256,00	19 256,00
Maksymalna masa bez paliwa	60 500,00	57 768,44
Masa paliwa dla maksymalnej masy ładunku	13 000,00	16 178,46
Maksymalna masa paliwa	19 159,00	19 159,00
Maksymalna masa do lądowania	64 500,00	63 944,82

Tabela 2. Definicja analizowanych scenariuszy startu [17]

Masa samolotu [kg]	Scenariusz	Prędkość oderwania [m/s]	Poziom mocy silników w momencie oderwania, %	Konfiguracja [2]
71 168,44 (samolot zmodyfikowany)	Conventional I	75	≅0	CONF 2
	Conventional II	75	vary	CONF 2
	Unconventional	110	100	CONF 0

Tabela 3. Dzienna emisja lotna gazów cieplarnianych w kg samolotu A320-200 oraz jego wersji zmodyfikowanej pod potrzeby systemu wspomagającego start i lądowanie

	CO ₂	NO _x	CO	NHC	SO ₂	NMVOcs
Wersja podstawowa, start tradycyjny	463 400	1 452	720	0.5	110	80
Conventional I	287 600	1 299	600	0.4	80	50
Conventional II	252 800	1 000	529	0.4	80	40
Unconventional	194 600	800	400	0.4	60	40

rozwiązań, które wykraczają poza przyjęte obecnie schematy i mogą w przyszłości stanowić alternatywny kierunek rozwoju. Do grupy tych pomysłów można zaliczyć naziemny system wspomaganie startu i lądowania samolotu z wykorzystaniem zjawiska lewitacji magnetycznej. Idea ta jest niezwykle nowatorska i niezablonowa. Realizacja tego pomysłu wymaga rozwiązania wielu bardzo istotnych i niezwykle skomplikowanych problemów technicznych. Jednak korzyści jakie można by dzięki wdrożeniu takiego systemu osiągnąć warte są nakładów, które trzeba ponieść na dopracowanie systemu.

Odmienne warunki początkowe fazy powietrznej startu (prędkość i konfiguracja) dają szansę innego kształtowania trajektorii lotu niż w przypadku startu odbywającego się tradycyjnie. Odmienne trajektorie umożliwiają ograniczenie niekorzystnego oddziaływania startującego samolotu na otoczenie wokół lotniskowe. Jedną z możliwości jest wykonanie startu w którym początkowy etap wznoszenia odbywa się bez udziału silników samolotu, lecz z wykorzystaniem zapasu energii kinetycznej uzyskiwanej w fazie rozpędzania. Optymalizacja trajektorii fazy beznapędowego wznoszenia pozwala jak najlepiej wykorzystać zgromadzoną energię i tą drogą zminimalizować również energię wymaganą do rozpędzania samolotu.

Zastosowanie systemu wspomagającego start i lądowanie samolotu może przynieść wiele wymiernych korzyści, jednak, biorąc pod uwagę innowacyjny charakter pomysłu i związane z tym problemy, przedstawiona koncepcja może doczekać się realizacji nie wcześniej niż za kilkanaście a nawet kilkadziesiąt lat. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Adamo F., Majka A. Airport and fly-over noise of the GABRIEL Concept. Deliverable D5.1, Integrated Ground and on-Board system for Support of the Aircraft Safe Take-off and Landing – GABRIEL, EU project number 284884, Budapest, 2013.
- [2] AIRBUS. A320 Airplane Characteristics for Airport Planning. AIRBUS S.A.S., Customer Services, Technical Data Support and Services, 31707 Blagnac Cedex, FRANCE, 1985.
- [3] Albanese A., Schmollgruber P., Rohacs D., Kocsis A., Sibilski K. Effects of GABRIEL Concept on the air Transportation Sustainability. Deliverable D5.3, Integrated Ground and on-Board system for Support of the Aircraft Safe Take-off and Landing – GABRIEL, EU project number 284884, Budapest, 2014.
- [4] Brusow W., Klepacki Z., Majka A. Airports and Facilities Data Base, EPATS technical report, Project no: ASA-6-CT-2006-044549, 2007.
- [5] Federal Aviation Administration (FAA). SAGE System for assessing Aviation's Global Emissions. Technical Manual, 1st ed., Washington, DC, September 2005.
- [6] European Aviation Safety Agency. Certification Specifications for Large Aeroplanes CS-25, Decision No 2012/008/R of the Executive Director of the European Aviation Safety Agency, 6 July 2012.
- [7] EUROCONTROL. A Place to Stand: Airports in the European Air Network. EUROCONTROL Trends in Air Traffic, Volume 3, 2006.
- [8] EUROCONTROL. Flight Movements 2011 – 2017. Medium-Term Forecast. European Organisation for the Safety of Air Navigation, Brussels, Belgium, 2011.
- [9] Filippone A. Flight Performance of Fixed and Rotary Wing Aircraft. ELSEVIER. Great Britain, 2006.
- [10] Gudmundsson S. General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures. Elsevier, Oxford, October 2013.
- [11] International Civil Aviation Organization (ICAO). International Standards and Recommended Practices. Environmental Protection. Annex 16, 1993.
- [12] International Civil Aviation Organization (ICAO). Engine exhaust emissions databank. First edition. Doc 9646-AN/943, 1995.
- [13] IPCC: IPCC Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, IPCC WGI Technical Support Unit, Hadley Centre, Meteorological Office, Bracknell, UK, 1997.
- [14] Majka, A., Klepacki, Z., Orkisz, M., Pawluczycy -Majka, J., Schmollgruber, P., Sibilski, K., Felisiak, P., Wrobel, M.. Aircraft weight breakdown and energy balance calculation. Deliverable D 2.2., GABRIEL, EU project number 284884, Rzeszow, 2011.
- [15] Majka, A., Klepacki, Z., Orkisz, M., Pawluczycy -Majka, J., Wygonik, P., Sibilski, K., Felisiak, P., Wrobel, M., Rohacs, D., Rohacs, J. Effect of maglev on aircraft characteristics (geometrics, weight, aerodynamics, flight performance). Deliverable D 2.11., GABRIEL, EU project number 284884, Rzeszow, 2013.
- [16] Raymer D. P. Aircraft Design: A Conceptual Approach. AIAA Education Series. Washington, D.C., 1992.
- [17] Rohacs J., Rohacs D., Jankovics I. Possible Solutions to Take-Off and Land an Aircraft. Deliverable D2.4. Integrated Ground and on-Board system for Support of the Aircraft Safe Take-off and Landing – GABRIEL. EU project number 284884. Budapest, 2012.
- [18] Rohacs J., Rohacs D., Schmollgruber P., Voskuijl M. GABRIEL operational concept. Deliverable D2.9, Integrated Ground and on-Board system for Support of the Aircraft Safe Take-off and Landing – GABRIEL, EU project number 284884, Budapest, 2012.
- [19] Roskam J. Airplane Design, Part I: Preliminary Sizing of Airplane. Kansas, 1990.
- [20] Roskam J. Airplane Design. Part V: Component Weight Estimation. Roskam Aviation and Engineering Corporation. Kansas, 1985.
- [21] Sibilski K., Szczepanski C., Żyluk A., Voskuijl M., Vos R., Schoustra R.J., Rohacs J., Majka A. Take-off and Landing Performance of the Aircraft Using the GABRIEL Concept. Deliverable D3.8, Integrated Ground and on-Board system for Support of the Aircraft Safe Take-off and Landing – GABRIEL, EU project number 284884, Budapest, 2013.
- [22] Sibilski K., Majka A. Emission and greenhouse effects related to the GABRIEL concept, Deliverable D5.2, Integrated Ground and on-Board system for Support of the Aircraft Safe Take-off and Landing – GABRIEL, EU project number 284884, Budapest, 2014.
- [23] Svensson F., Hasselort A., Moldanova J. Reduced Environmental Impact by Lowered Cruise Altitude for Liquid Hydrogen-Fueled Aircraft. Aerospace Science and Technology, No. 8, pp. 307-320, 2004.
- [24] Torenbeek E. Synthesis of Subsonic Airplane Design. Delft University Press. Rotterdam, 1976.
- [25] www.sesarju.eu, 2014.
- [26] www.cleansky.eu/content/homepage/about-clean-sky-2, 2014.