

**BEZPIECZEŃSTWO KOMERCYJNYCH PRZEWOZÓW
LOTNICZYCH W JEDNOOSOBOWYM SKŁADZIE ZAŁOGI
LOTNICZEJ
SAFETY OF COMMERCIAL AIR TRANSPORT IN SINGLE PILOT
FLIGHT CREW**

Tomasz BALCERZAK

SUMMARY

Commercial aviation is the safest mode of transport in the world. Safety statistics improve year by year in a situation where there is a continuous increase in passenger traffic. The increase in air transport relates to the situation before the COVID-19 coronavirus pandemic in the world, i.e. until the end of 2019.

Air crews play an unquestionable role in the safety system of flight operations. Their appropriate qualifications and experience show that despite the increasingly crowded skies, the increase in the level of complexity of cruises, activity practically 24 hours a day, in all weather conditions, air operations are carried out safely.

At the same time, along with the increase in aviation technology, there is a tendency to reduce the number of flight crew members necessary to ensure a minimum crew composition for a single flight. Recently, the possibilities of single-pilot and unmanned flights have been increasingly analyzed.

KEYWORDS: air transport, single crew, unmanned aerial vehicles.

STRESZCZENIE

Lotnictwo komercyjne jest najbezpieczniejszym środkiem transportu na świecie. Statystyki bezpieczeństwa z roku na rok się poprawiają w sytuacji, kiedy następuje ciągły wzrost ruchu pasażerskiego. Wzrost przewozów lotniczych dotyczy sytuacji sprzed pandemii koronawirusa COVID-19 na świecie, a więc do końca 2019 roku.

Niewątpliwą rolę w systemie bezpieczeństwa wykonywania operacji lotniczych odgrywają załogi lotnicze. Ich odpowiednie kwalifikacje oraz doświadczenie wskazują, że mimo coraz bardziej zatłoczonego nieba, wzrostu poziomu skomplikowania realizacji rejsów, aktywności praktycznie 24 godziny na dobę, w każdych warunkach atmosferycznych, operacje lotnicze wykonywane są bezpiecznie.

Jednocześnie, wraz ze wzrostem również technologii lotniczej, obserwuje się tendencje do redukcji liczby członków załogi lotniczej niezbędnej do zapewnienia minimalnego składu załogi realizującej pojedynczy rejs. W ostatnim czasie coraz dogłębniej analizuje się możliwości wykonywania lotów w załogach z jednym pilotem oraz w załogach bezpilotowych.

SŁOWA KLUCZOWE: transport lotniczy, załoga jednoosobowa, bezpilotowe statki powietrzne.

Stanowisko promujące operacje lotnicze z jednym pilotem argumentowane jest tym, że zmniejszenie liczebności załogi doprowadzi m.in. do oszczędności kosztów.

Historycznie samolot typu Airbus A320 był pierwszym samolotem z dwoma pilotami w kokpicie zamiast trzech. Dziś firmy produkujące samoloty takie jak Boeing i Airbus mówią o możliwości zmniejszenia liczebności załogi do jednej osoby. Natomiast szwajcarski bank UBS oszacował, że linie lotnicze mogłyby zaoszczędzić ok. 35 mld dolarów rocznie dzięki autonomicznym-bezpilotowym samolotom.

Istnieją, jednakże również opinie oraz badania prowadzone m.in. przez National Aeronautics and Space Administration (NASA) oraz Federal Aviation Administration (FAA), pokazujące, że zagrożenia bezpieczeństwa i wyzwania związane z operacjami z jednym pilotem, nie mówiąc już o bezpilotowych rejsach, przewyższają potencjalne korzyści.

Nie mniej jednak, jak już zostało wspomniane, większość producentów samolotów oraz systemów awionicznych pracuje i rozwija technologie wspierające implementację operacji lotniczych bazujących na jednoosobowym, bądź też bezpilotowym składzie załogi lotniczej. Embraer przekazał informację, że producent przewiduje osiągnąć technologiczne możliwości operacji lotniczych w składzie z jednym pilotem już w przeciągu 2020-2025 roku. Boeing oraz Airbus oraz inni producenci samolotów przeprowadzają również analizy w zakresie wykonywania długodystansowych operacji lotniczych na odcinkach przelotowych z wykorzystaniem tylko jednego pilota. NASA jednocześnie wyraża również przekonanie, że operacje lotnicze realizowane przez jednego pilota są tylko początkiem zmian, ponieważ docelowo wszystkie operacje lotnicze będą wykonywane przez samoloty bezpilotowe.

Rozwój technologii bezpilotowych ma wpływ na ekonomiczne oraz operacyjne aspekty implementacji kolejnych generacji komercyjnych samolotów. W samolotach jednopilotowych należy zwrócić większą uwagę na automatyzację oraz autonomiczność¹ procesów realizowanych w czasie lotu samolotu, mających na celu redukcję zaangażowania pilota, szczególnie w czasie najbardziej wymagających faz lotu samolotu oraz umożliwić przejęcie kontroli nad statkiem powietrznym w sytuacji, gdyby pilot nie był w stanie prowadzić bezpiecznie samolot. Do realizacji takiej funkcjonalności wymagana jest odpowiednia alokacja pracy pomiędzy maszyną a człowiekiem, zapewniająca zachowanie bezpieczeństwa lotu. Samoloty jednopilotowe będą katalizatorem w rozwoju nowej technologii, gdzie centralną jednostką będzie człowiek oraz współdziałająca z nim maszyna. Czynniki ludzki, tak samo jak obecnie,² będzie kluczowym elementem wspomnianego systemu i będzie on odgrywał zwierzchnią rolę nad „hardwerem” (urządzeniem, maszyną) oraz „softwarem” (oprogramowaniem).

Trend w projektowaniu kabiny załogi w ciągu ostatniego półwiecza polegał na postępującej redukcji członków załogi. Obecnie w kabinie załogi w komercyjnych przewozach pasażerskich jest dwóch pilotów, ale zaledwie 50 lat temu na pokładzie samolotu pasażerskiego było pięć osób. Obecnie tylko dwóch pilotów, ze znacznie zwiększonym poziomem wsparcia ze strony technologii samolotu, wykonuje to samo zadanie. Obecnie, zgodnie z przepisami, w komercyjnym przewozie, wymaganych jest przynajmniej dwóch pilotów. Niemniej jednak, w niektórych krajach, trwają prace oraz analizy również formalne, w celu umożliwienia redukcji załogi lotniczej w przewozach komercyjnych. W 2018 r. amerykańskie władze lotnicze FAA przed Kongresem Stanów Zjednoczonych zaprezentowały, przegląd swoich badań oraz działań rozwojowych

¹ Automatyczne oraz autonomiczne systemy:

Systemy automatyczne są deterministyczne. Automatyzacja odnosi się do szeregu powiązanych funkcji wykonywanych automatycznie. Zakłada się, że pilot inicjuje zautomatyzowaną sekwencję działań i musi ponownie przejąć kontrolę na końcu automatycznej sekwencji zadań. Te same dane wejściowe zawsze dają te same wyniki.

Systemy autonomiczne są niedeterministyczne. Sprzęt jest zdolny do wykonywania określonych operacji w ramach określonych parametrów bez udziału człowieka lub wskazówek. W przeciwieństwie do systemów zautomatyzowanych systemy autonomiczne mają zestaw adaptacyjnych, opartych na sztucznej inteligencji możliwości, które umożliwiają odpowiedzi w określonych granicach, które nie zostały wstępnie zaprogramowane lub przewidywane w projekcie. W rezultacie te same dane wejściowe nie zawsze dają takie same wyniki.

² Obecnie szacuje się, że 80% wypadków lotniczych bierze swój początek w tzw. „czynniki ludzki”, a więc bezpośrednią przyczyną jest błąd lub niedopatrzenie człowieka.

wspierających wykonywanie lotów towarowych-„cargo” z załogą jednoosobową wspomaganą zdalnym pilotowaniem i pilotowaniem komputerowym. Taka zmiana w przepisach otworzyłaby drogę do wprowadzenia pasażerskich samolotów z jednym pilotem, z tym, że początkowo w operacjach cargo.

Największą przeszkodą w rozwoju samolotu komunikacyjnego z jednym pilotem nie jest sama technologia, ale właściwe jej zastosowanie oraz rozwój niezbędnej automatyzacji i interfejsów użytkownika. Głównym problemem są wymagania związane z czynnikiem ludzkim, ponieważ wszystko musi być zaprojektowane dla jednego operatora-pilota. Można by zatem pokusić się o nieco prowokującą analizę i zamiast po prostu zadać pytanie „czy możemy zaprojektować i obsługiwać statek powietrzny, korzystając tylko z jednego pilota”, zadać również powiązane, ale nieco inne pytanie: „po co nam właściwie dwóch pilotów”? Usunięcie drugiego pilota niekoniecznie oznacza zastąpienie jego funkcji (przydział funkcji przez zastąpienie). Mogą istnieć inne sposoby wykonywania tej pracy. Istotne jest, aby nie wpaść w pułapkę tzw. „mechanicznego konia-roboty”. Jeśli chcemy podróżować szybciej i / lub przewozić większy ładunek, wykonanie „mechanicznego konia-roboty” nie jest najlepszym sposobem na osiągnięcie tych celów. Wymagane jest inne podejście do rozwiązania problemu, na przykład zaprojektowanie i zbudowanie zupełnie nowego pojazdu np. latającego samochodu. Aby uniknąć tej pułapki, konieczna jest fundamentalna ponowna analiza tego, jakie są potrzeby rynku-pasażerów i możliwości technologii, ponieważ zbudowanie samolotu z jedną załogą kokpitową to tylko połowa wyzwania, druga połowa dotyczy obsługi tego samolotu i przemieszczania się go w przestrzeni powietrznej i realizacji przewozów towarowych-cargo oraz pasażerskich. Wiąże się to z kolejnymi problemami niezwiązanymi z technologią samego samolotu, które również będą musiały zostać uwzględnione w projekcie takiego samolotu.

Czynniki napędzające rozwój samolotów komercyjnych z jednym pilotem

Pierwotnie głównym motorem napędowym operacji z jednym pilotem były kwestie finansowe, ale do czasu wybuchu pandemii koronawirusa-COVID19, główną rolę odgrywały również kwestie związane z potencjalnym niedoborem pilotów komercyjnych w najbliższej przyszłości.

Branża transportu lotniczego cały czas zmaga się z utrzymaniem rentowności, z ciągłymi spadkami cen i nieprzewidywalnymi, zmiennymi kosztami paliwa. Raport IATA (International Air Transport Association-Międzynarodowego Zrzeszenia Przewoźników Powietrznych) za drugą połowę 2016 r. pokazuje, że średnia opłata za bilet powrotny w 2017 r. (przed dopłatami i podatkami) wyniosła 351 USD, w porównaniu z 407 USD w 2015 r., i była w rzeczywistości o 68% niższa niż w 1995 r. Biorąc pod uwagę średnie globalne dane, zyski linii lotniczych po opodatkowaniu spadły z 9,89 USD (na pasażera) w 2015 r. do 7,546 USD. Koszty personelu linii lotniczych wahają się od około 11% kosztów operacyjnych do prawie 25%, w zależności od modelu biznesowego linii lotniczej, typu statku powietrznego, długości sektora i zakresu działań zleczanych na zewnątrz. Sama załoga może stanowić zatem średnio do 13% kosztów operacyjnych (z wyłączeniem paliwa i kosztów obsługi technicznej). Zmniejszenie o połowę liczby pilotów może potencjalnie przynieść znaczne oszczędności kosztów, zwłaszcza w przypadku mniejszych samolotów regionalnych obsługujących krótsze trasy, które mogą nie być opłacalne ekonomicznie w przypadku samolotów o większej liczbie miejsc. Bezpośrednie

koszty operacyjne przypisywane załodze w kabinie rosną wraz ze zmniejszaniem się rozmiaru samolotu. Szacuje się, że w przypadku samolotu pasażerskiego z dwoma pilotami i trzema członkami personelu pokładowego, załoga kokpitowa-piloci stanowią 67% kosztów załogi. Odsetek ten wzrasta do około 76% w samolocie z mniej niż 100 miejscami, który wymaga tylko dwóch członków personelu pokładowego.

W raporcie Global Market Forecast (GMF) 2018-2037 Airbus przewidywał, według prognoz sprzed koronawirusa, że światowa flota pasażerska wzrośnie ponad dwukrotnie do 48 000 w ciągu 20 lat, przy wzroście ruchu o 4,4% rocznie, wymagając 37 390 nowych samolotów pasażerskich i towarowych. Z tych nowych samolotów 76% będzie tym, co Airbus określa jako „mały” segment rynku, z pojemnością do 230 miejsc i zasięgiem do 3000 mil morskich.

Szacunki Boeinga, według podobnego raportu przygotowywanego przez tego producenta, były wyższe - jego prognoza rynku komercyjnego na lata 2019–2038 przewidywała, że do 2038 r. całkowita globalna flota będzie liczyła 50 660 samolotów, napędzana wzrostem ruchu pasażerskiego o 4,6%. Z nowych dostaw samolotów wspierających ten wzrost, ponad 78% to odrzutowce wąskokadłubowe oraz samoloty regionalne.

Wyzwania dla jednopilotowych samolotów

Wyzwania dla tego typu samolotów są zasadniczo takie same, jak dla każdego samolotu przewożącego pasażerów. Musi być on co najmniej tak samo bezpieczny, jak równoważny istniejący samolot z załogą wieloosobową, ale z perspektywy pilota musi być również bardziej odporny na błędy. Nie może nakładać na swojego jednego pilota większego obciążenia pracą niż ta w równoważnym samolocie z załogą wieloosobową. Musi zachować ten sam poziom komunikacji i wspierania świadomości pilota w kwestiach takich jak: zobrazowanie przestrzeni powietrznej, taktyczne i strategiczne planowanie lotu, systemy i monitorowanie pracy statku powietrznego, świadomości otoczenia lotu oraz samolotu. Pilot musi być zdolny do działania we wszystkich kategoriach przestrzeni powietrznej i na wszystkich lotniskach bez konieczności specjalnej pomocy ze strony kontroli ruchu lotniczego (ATC-Air Traffic Control). Wiele aspektów aktualnej relacji operacyjnej ATC-pilot-statek powietrzny, opiera się na dwuosobowym kokpicie załogi lotniczej. Samoloty certyfikowane i uprawnione do lotu z jednym pilotem często wymagają specjalnej dodatkowej funkcjonalności, aby uniknąć przeciążenia członka załogi np. komunikacją samolot-ATC. Projekty

takie jak SESAR³, NEXTGEN⁴ i podobne inicjatywy, które będą wspierać zwiększoną łączność, mogą w przyszłości w tym zakresie pomóc w operacjach z

³ SESAR (Single European Sky ATM Research) jest technologicznym filarem inicjatywy Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej (Single European Sky, SES). To publiczno-prywatny program łączący obszar badań i rozwoju z procesem wdrożeniowym. Celem Programu SESAR jest opracowanie systemu zarządzania ruchem lotniczym nowej generacji, zdolnego do zapewnienia bezpieczeństwa transportu lotniczego i jego efektywności w całej Europie w długim horyzoncie czasowym.

Kluczowym narzędziem realizacji Programu SESAR jest Centralny Plan ATM (ATM Master Plan), dokument wyznaczający etapy wdrażania i określający ramy współpracy między uczestnikami sektora lotniczego i żeglugi powietrznej dla terminowej, skoordynowanej i zsynchronizowanej realizacji nowych funkcji ATM.

Realizację Centralnego Planu ATM wspiera Program Wdrożenia (Deployment Programme), który stanowi projektowe zobrazowanie Rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 716/2014 z dnia 27 czerwca 2014 roku w sprawie ustanowienia wspólnego projektu pilotażowego wspierającego realizację centralnego planu zarządzania ruchem lotniczym w Europie. Dokument ten systematyzuje działania w ramach projektów wdrożeniowych, ze wskazaniem powiązanych zagrożeń i działań łagodzących, zakresu geograficznego, ram czasowych i zainteresowanych stron zaangażowanych w działalność operacyjną, które są odpowiedzialne za prowadzenie projektów wdrożeniowych. Program wskazuje projekty, które muszą zostać zrealizowane przez podmioty zaangażowane w działalność operacyjną (ANSPs, linie lotnicze, porty lotnicze, wojsko, dostawcy usług meteorologicznych), by w pełni zrealizować technologiczne założenia SES

⁴ Ruch lotniczy – zarówno "duże lotnictwo" (przewozy pasażerskie, towarowe, itp.), jak i "general aviation" nieustannie rośnie. Przestrzeń powietrzna jest "nasycona", co może prowadzić do wielu niebezpiecznych sytuacji grożących wręcz zderzeniem w powietrzu. Ponadto zarządzanie "tradycyjną" przestrzenią powietrzną wymaga sieci radiolokacyjnej z radarami pierwotnymi (ang. PSR) i wtórnymi (ang. SSR). Radary te są stosowane do wykrywania, śledzenia i identyfikacji samolotów lecących w korytarzach lotniczych, czyli specjalnie zdefiniowanych trasach.

Powyższe czynniki spowodowały, że amerykański nadzór lotniczy (FAA) opracował koncepcję ruchu lotniczego pod nazwą "Next Generation Air Transportation System" (zwany skrótnie NextGen). Plan zakłada stopniowe wprowadzenie nowej organizacji ruchu lotniczego etapami w latach 2012 – 2025 i zastąpienie istniejących korytarzy lotniczych indywidualnymi optymalnymi trasami lotu każdego samolotu. Obrazowo mówiąc, zamiast systemu autostrad, powstanie coś w rodzaju siatki, której węzłami będą statki powietrzne, lecące optymalną (co często znaczy najkrótszą) trasą. Spowoduje to oprócz podanej powyżej poprawy bezpieczeństwa znaczne oszczędności (szacowane na 22 mld dolarów rocznie) na skutek mniejszego zużycia paliwa oraz mniejsze natężenie hałasu, zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza spalinami, itp.

System NextGen składa się z czterech składników:

1. Systemu automatycznego nadzoru i powiadamiania o położeniu statku powietrznego (ADS-B). System ten wykorzystuje system nawigacji satelitarnej GPS dla zapewniania bardzo dokładnych informacji o położeniu statku powietrznego załogom i kontrolerom ruchu lotniczego.
2. Automatycznego systemu przesyłania danych nowej generacji. Zastąpi on w znacznej mierze komunikację głosową pomiędzy załogami, a kontrolą ruchu lotniczego, co odciąży tę ostatnią pozwalając na nadzór nad większą liczbą statków powietrznych.
3. Sieci automatycznych informacji pogodowych, co przyczyni się do znacznego zmniejszenia opóźnień spowodowanych zjawiskami atmosferycznymi (np. burzami na trasie lotu)
4. Systemu komunikacji głosowej nowej generacji.

ADS-B to system podający położenie „własnego” statku powietrznego innym statkom powietrznym oraz kontroli ruchu lotniczego (ADS-B out), a także odbierający sygnały od innych uczestników ruchu lotniczego (ADS-B in). Urządzeniem przekazującym dane jest transponder pracujący w trybie Mode-S. Transmitowana co 1 – 2 s w zakresie częstotliwości 1030 – 1090 MHz informacja zawiera położenie statku powietrznego (współrzędne geograficzne), wysokość lotu, jego prędkość i kierunek, a także dane identyfikacyjne statku powietrznego. Dodatkową korzyścią tak przesyłanych informacji jest ich niezależnienie od zakłóceń sygnału i związanej z tym dokładności określenia położenia samolotu spowodowanych ukształtowaniem terenu, czy też odległością pomiędzy radarem, a statkiem powietrznym. System uzupełnia wskaźnik sytuacji w powietrzu (ruchu lotniczego), na którym zobrazowane są inne statki powietrzne w pobliżu własnego samolotu czy śmigłowca.

jednym pilotem poprzez wykorzystanie nie głosowej komunikacji ATC. Z perspektywy linii lotniczych jej całkowite koszty operacyjne muszą ostatecznie być niższe niż w przypadku samolotu z załogą wieloosobową. Obejmuje to zakup, szkolenie, obsługę techniczną oraz wsparcie operacyjne. Koszty początkowe podczas wprowadzania technologii mogą wzrosnąć, ale aby propozycja była opłacalna, należy je ostatecznie zmniejszyć. Nie chodzi tylko o technologię potrzebną do budowy samolotu, ale również o jego obsługę.

Jednak największe wyzwanie może nie mieć nic wspólnego z pilotowaniem samolotu lub bezpieczeństwem jego technologii. Odnosząc się do bezpilotowych komercyjnych lotów samolotów John Hansman, profesor aeronautyki i astronautyki z Massachusetts Institute of Technology, powiedział: „Problemem nigdy nie było: „czy można zautomatyzować samolot i latać nim autonomicznie? ”problem brzmi: „czy mógłbyś umieścić płacących za bilety klientów z tyłu tego samolotu?”, innymi słowy, czy uda nam się sprzedać bilety pasażerom, którzy będą mieli świadomość, że będą lecieć samolotem bezpilotowym? To samo podstawowe pytanie dotyczy samolotów z jedną załogą: czy ludzie będą płacić za latanie takim samolotem? Ostatnie badania opinii pasażerów przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych przyniosły większość odpowiedzi brzmiących: „może...”. Młodszy pasażerowie zwykle bardziej akceptują tę technologię.

Podejście do rozwoju technologii

Badane są różne podejścia technologiczne do opracowania samolotu z jednym pilotem. Niektóre koncentrują się na rozwoju znacznie zwiększonych poziomów automatyzacji (na przykład inteligentne systemy oparte na wiedzy, systemy autonomiczne i automatyzacja adaptacyjna). Inne podejścia przyjmują bardziej ostrożne technologicznie podejście do korzystania z dużej ilości komputerów pokładowych. Wykorzystują one filozofię projektowania opartą na systemach rozproszonych, wykorzystującą wiele istniejących technologii wywodzących się z jednomiejscowych samolotów wojskowych i technologii UAS (Uninhabited Aviation Systems-Zautomatyzowane Systemy Lotnicze).

Niewłaściwe byłoby opisywanie tych podejść jako opcji „albo / albo”: istnieje wiele wspólnych cech technologii, które mają być opracowane oraz wyzwania operacyjnych, przed którymi staną operatorzy linii lotniczych. Jednak warto w ten sposób scharakteryzować podejścia do opracowania samolotu z jedną załogą, aby zilustrować wyjątkowe zalety i wyzwania, przed którymi stoi każda strategia technologiczna.

Wprowadzenie systemu ADS-B odbywa się od roku 2011 w ramach programu CASCADE nadzorowanego przez europejską agencję kontroli ruchu lotniczego EUROCONTROL. Ma to doprowadzić do jednolitej europejskiej przestrzeni powietrznej (SES – Single European Skies). Obecnie coraz więcej państw wprowadza systemy ADSB w bezradarowym środowisku służb ruchu lotniczego ADS-B-NRA, czy też kombinację systemu ADS-B z radarami wtórnymi, czy systemem transmisji danych WAM (Wide Area Multilateration). Są to np. Niemcy, Portugalia, Holandia, Bułgaria, Islandia, Włochy, Szwecja i Wielka Brytania. Praktycznie wszystkie samoloty linii lotniczych mają zabudowane wyposażenie ADS-B.

Do czerwca 2016 r. wszystkie nowe samoloty sprzedawane i rejestrowane w Europie powinny być wyposażone w systemy ADS-B, a do 2020 r. wyposażenie to powinno być zabudowane na starszych maszynach.

W lotnictwie -i to nie tylko „dużym”, czyli komunikacyjnym, ale także „general aviation”(lotnictwo ogólne-małe), bezwzględny wymogiem jest bezpieczeństwo operacji lotniczych, tak więc nie do przecenienia jest znaczna poprawa świadomości sytuacyjnej, a co za tym idzie zwiększenia bezpieczeństwa lotu.

Podejście do systemów autonomicznych

Wczesne podejścia do rozwoju samolotu z jedną załogą opierały się głównie na technologii pokładowej. Nacisk położono na adaptacyjną automatyzację i pomoce decyzyjne w postaci „inteligentnych współpilotów” lub „asystentów w kokpicie”.

Większość z tych systemów została opracowana na podstawie programów wojskowych, w których piloci doświadczali szeregu zagrożeń i byli w okresach wyjątkowo dużego obciążenia pracą. Systemy te zazwyczaj monitorowały działania pilota, porównując je z danymi dotyczącymi położenia samolotu, stanu systemów pokładowych i zewnętrznych czynników środowiskowych. Zastosowano algorytmy, aby określić, czy istnieje jakakolwiek różnica między stanem oczekiwanym a stanem faktycznym.

Te wczesne systemy zapewniające wsparcie pilota były prawdopodobnie najlepiej scharakteryzowane jako „wysoce zautomatyzowane”, a nie posiadające jakiegokolwiek rzeczywisty stopień inteligencji / autonomii maszyny. Niedawne postępy w technologii autonomicznej sprawiają, że podejście to jest bardziej opłacalne przy opracowywaniu samolotu z jednym pilotem.

Automatyzacja obejmuje zestawy zadań, które mogą być rozległe, złożone i rozgałęzione, a po uruchomieniu wymagają niewielkiego wkładu. Są to jednak dobrze zdefiniowane zadania oparte na regułach z wcześniej określonymi odpowiedziami. Systemy automatyczne są deterministyczne. Z drugiej strony systemy autonomiczne wykorzystują sztuczną inteligencję (AI-Artificial Intelligence) i mają zdolności adaptacyjne, które pozwalają im reagować (w określonych granicach) na sytuacje, których nie przewidziano, a zatem nie zostały wstępnie zaprogramowane. Mają pewien stopień samorządności i samokierowania, który dostosowuje się do kontekstu i się uczy. W przeciwieństwie do automatyzacji, system autonomiczny może przewidywać i przejawiać pojawiające się zachowania; wykorzystuje sprzężenie zwrotne do uczenia się i adaptacji, w wyniku czego może później inaczej reagować na identyczne dane wejściowe. Ponieważ takie systemy mogą reagować na nieprzewidziane sytuacje (w przeciwieństwie do deterministycznych systemów zautomatyzowanych), mogą zmniejszać obciążenie poznawcze, a nawet zastępować ludzkich decydentów. Jednak w konsekwencji systemy autonomiczne mogą również popełniać błędy w percepcji i ocenie.

Zmienny (lub pół-) autonomiczny system będzie zmieniał poziomy uprawnień, które posiada, zgodnie z określeniem albo przez operatorów (którymi mogą być piloci), albo kontekst operacji. Na przykład, system unikania kolizji statku powietrznego, w wykrywaniu nieuchronnej kolizji, może mieć delegowane uprawnienia do wykonywania manewrów awaryjnych w sytuacjach, gdy człowiek jest niezdolny do pracy lub nie jest w stanie zareagować na czas. Takie podejście odzwierciedla naturę „skalowalnej autonomii”. Samolot pasażerski z jednym pilotem prawdopodobnie będzie takim półautonomicznym systemem.

Podejście do załogowych systemów rozproszonych

Podejście do projektowania rozproszonego załogi wykorzystuje wiele istniejących technologii. Ta filozofia projektowa została przyjęta przez brytyjskie

programy „Future Flight Deck”⁵ i Open Flight Deck⁶ oraz przez NASA w USA w koncepcji komercyjnego samolotu z jednoosobową załogą. Koncepcja ta traktuje statek powietrzny z jedną załogą jako część szerszego systemu składającego się z kilku elementów, obejmujących sam statek powietrzny (w tym pilota) oraz część naziemną, w tym stację wsparcia „drugiego pilota” / „pilota naziemnego” (lub „Super Dispatcher” w koncepcji NASA); wsparcie inżynieryjne w czasie rzeczywistym oraz wsparcie i ułatwienie nawigacyjne / planowania lotu. W tego typu systemach drugiego pilota nie zastępuje automatyka pokładowa ani autonomia, są oni przemieszczani.

Podejście to jest również wspólnie do koncepcji wsparcia operacyjnego w liniach lotniczych, w których samoloty są obsługiwane przez 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu przez dedykowany personel w centrum operacyjnym. Funkcje w tych centrach obejmują: planowanie lotów; monitorowanie w czasie rzeczywistym danych i parametrów technicznych samolotów oraz operacyjnych lotu; wsparcie dla zmiany planu lotu podczas rejsu oraz koordynacja obsługi naziemnej. Duże linie lotnicze często posiadają również ciągłe wsparcie inżynierów od producentów samolotów lub producentów silników. Na przykład firma Rolls-Royce oraz GE posiadają takie własne dedykowane centrum

⁵ Opracowanie nowych technologii interfejsów skoncentrowanych na pilotach w celu poprawy świadomości sytuacyjnej, podejmowania decyzji i poprawy wykorzystania statków powietrznych w niekorzystnych warunkach pogodowych. Głównym celem jest opracowanie nowatorskich architektur systemów, które umożliwią bezpieczną i celową eksploatację samolotów komercyjnych przy zmniejszonej liczbie załogi. Projekt nowej generacji budowy kokpitów, wyposażenia awionicznego opiera się na wymaganiach dotyczących obsługi statków powietrznych w jednolitej europejskiej przestrzeni powietrznej / przestrzeni powietrznej NextGen. Konstrukcja kabiny załogi musi wspierać takie koncepcje, jak planowanie lotu 4-D (czterowymiarowe) i lądowanie przy zerowej widzialności, co rozszerzy zakres operacyjny i zapewni znaczne oszczędności paliwa. Te zaawansowane możliwości poprawią dostępność-użyteczność statków powietrznych, zapewniając pilotowi pełniejszy obraz sytuacji i wspierając jego procesy decyzyjne.

Przyszły projekt technologii kabiny załogi opracuje nową architekturę kabiny załogi i powiązane technologie, w tym wyświetlacze-monitory, sieci danych, grafikę i ogólne przetwarzanie danych w celu wdrożenia tych funkcji. W całym projekcie uwzględnienie aspektów czynnika ludzkiego w nowych rozwiązaniach technologicznych będzie stanowić podstawę decyzji projektowych, umożliwiając ocenę bardziej radykalnych podejść do operacji lotniczych. Wymagania dotyczące czynnika ludzkiego będą decydować o konstrukcji nowej kabiny załogi, a nie technologia. Jednym z głównych celów projektu będzie również opracowanie nowatorskich architektur systemów opartych na zasadach rozproszonego poznania, które pozwolą na bezpieczną i celową eksploatację samolotów komercyjnych przy zmniejszonej liczbie załogi w kabinie.

⁶ Open Flight Deck to projekt prowadzony przez konsorcjum z udziałem partnerów przemysłowych i akademickich, mający na celu stworzenie najbardziej zaawansowanej na świecie kabiny załogi.

Samoloty są używane od dziesięcioleci, ale istnieje ogromna bariera dla przyjęcia nowej technologii pokładowej ze względu na wysokie koszty zmian i certyfikacji. Projekt ten ma na celu zabezpieczenie kabiny załogi w przyszłości poprzez stworzenie platformy o otwartej architekturze w celu ciągłego dostarczania najnowszych osiągnięć w dziedzinie obliczeń, sieci, usług w chmurze, sztucznej inteligencji i automatyzacji - umożliwiając producentom samolotów budowanie i dostosowywanie własnej kabiny. Projekt ten wykorzysta mocne strony pięciu partnerów, aby zapewnić technologie, które będą możliwe do wykorzystania na wszystkich typach platform lotniczych.

Partnerzy przemysłowi w zespole to GE Aviation, BAE Systems i Rolls-Royce. Partnerzy akademicy - Coventry University i University of Southampton. Projekt jest współfinansowany przez brytyjski program badań i technologii kosmicznych; partnerstwo między Departamentem Biznesu, Energii i Strategii Przemysłowej (BEIS), brytyjskim Instytutem Technologii Lotniczych (ATI) i Innovate UK.

operacyjne, z którego mogą zdalnie, w sposób ciągły monitorować samoloty oraz ich najnowszej generacji silniki i zapewniać pilotom wsparcie w czasie rzeczywistym oraz koordynować obsługę techniczną i naprawy. Pracownicy takiego centrum operacyjnego mają znacznie szerszy dostęp do zakresu informacji na temat stanu technicznego i osiągnięć silników niż piloci będący w kokpicie i lecący danym samolotem.

Celem pracy takich centrów operacyjnych jest zapewnienie w pełni zintegrowanego, multidyscyplinarnego wsparcia pilotów, odciążenie ich od rutynowej pracy administracyjnej i zapewnienie im pomocy podczas operacji o dużym obciążeniu, szczególnie w sytuacjach nienormalnych-nadzwyczajnych oraz awaryjnych. Zapewnienie szeregu specjalistycznej wiedzy umożliwi podejmowanie lepszych decyzji oraz pomaga przewidywać i zarządzać wpływem nieplanowanych zdarzeń. W podejściu rozproszonej załogi koncepcja ta została rozszerzona, aby objąć rzeczywiste wsparcie pilota, zwłaszcza podczas krytycznych faz lotu.

Porównanie podejść alternatywnych

Filozofia projektowania systemów autonomicznych i podejście do rozproszonej załogi oferują różne korzyści i wyzwania dla rozwoju i eksploatacji samolotu z jedną załogą.

Przyjęcie autonomicznego podejścia systemowego, w którym samolot ma wiele technologii pokładowych, oznacza, że statek powietrzny jest znacznie bardziej samowystarczalny - mniej zależny od wsparcia naziemnego, a tym samym istnieją większe możliwości ogólnego zmniejszenia liczby personelu w linii lotniczej niezbędnej do obsługi statku powietrznego.

Koncepcja ta reprezentuje jednak znacznie bardziej złożony problem rozwojowy. Samolot musi być łatwy w obsłudze, z dużo uproszczonymi i intuicyjnymi interfejsami w kabinie załogi (co przyniesie również korzyści w postaci skrócenia czasu szkolenia, obciążenia pracą i możliwością popełnienia błędu). Konieczny będzie system monitorowania pilota w celu sprawdzenia stanu pilota (nie tylko zdrowia, ale także innych czynników, takich jak stres, obciążenie pracą i zmęczenie). Taki samolot będzie wymagał wysokiego poziomu autonomii, co prawdopodobnie będzie głównym celem każdego programu rozwojowego. Jednak te wyższe poziomy autonomii będą stanowić trudniejsze problemy certyfikacyjne.

Podejście z załogami rozproszonymi stwarza znacznie łatwiejszą perspektywę rozwoju, ponieważ wykorzystuje wiele istniejących technologii i koncepcji operacyjnych, dzięki czemu będzie szybciej wprowadzane na rynek i potencjalnie będzie mniej wyzwań certyfikacyjnych (jednak nie należy ich lekceważyć). Kwestie związane z tzw. „czynnikiem ludzkim” są w dużej mierze już zaimplementowane, ponieważ wiele koncepcji operacyjnych (takich jak bieżące, ciągłe wsparcie operacyjne przez inżynierów producentów płatowców i silników samolotów; planowanie lotów w czasie rzeczywistym i wsparcie nawigacyjne) jest już obecnie realizowane w centrach operacyjnych linii lotniczych. W samolocie jest również większe prawdopodobieństwo korzystania z deterministycznych, zautomatyzowanych systemów, więc łatwiej będzie wykazać równoważny poziom bezpieczeństwa samolotom z załogą wieloosobową, a tym samym przedstawić argument bezpieczeństwa. Procesy projektowania, produkcji i obsługi technicznej w tym modelu są już również znane i zaimplementowane.

Jednak taki samolot byłby znacznie bardziej zależny od wsparcia naziemnego i bezpiecznych łączy danych o wysokiej integralności. W tej koncepcji załoga jest podzielona na tą w powietrzu w samolocie i tą na ziemi, a tym samym istnieją mniejsze możliwości redukcji kosztów operacyjnych.

Może występować mniejsza elastyczność w działaniu, a taka konfiguracja może powodować złożone problemy organizacyjne, szkoleniowe i licencyjne (mogą być wymagane nowe kwalifikacje dla personelu obsługującego elementy stacji naziemnej systemu). Ostatecznie technologia może zostać szybko zastąpiona przez samoloty z jedną załogą, wykorzystujące podejście systemów autonomicznych. Niemniej jednak taki rozproszony system może stanowić zasadniczy krok naprzód we wprowadzeniu samolotów wykorzystujących autonomiczne systemy do wspierania pilota. Wyniki badań wśród pasażerów wykazały, że samolot z jednoosobową załogą kokpitową w tej konfiguracji okazał się bardziej akceptowalny niż bezpilotowy samolot pasażerski.

Rola czynnika ludzkiego

Wspólnym wyzwaniem między systemami zautomatyzowanymi i autonomicznymi jest potrzeba wyznaczania przez człowieka celów nadrzędnych i monitorowania systemu. Błędem jest twierdzenie, że przy systemach „bezzałogowych” nie jest wymagane zaangażowanie człowieka. Nowoczesna kabina załogi, choć odznacza się wysokim stopniem automatyzacji, nadal wymaga dużego stopnia nadzoru i monitoringu ze strony załogi lotniczej, a piloci muszą mieć możliwość interwencji, gdy czynniki zewnętrzne wymagają np. zmian w pierwotnym planie lotu. To samo dotyczy samolotu z jednym pilotem, niezależnie od tego, w jaki sposób technologia zostanie wdrożona.

Nawet w systemach o mniejszym lub większym stopniu autonomii ważne jest, aby zdać sobie sprawę z tego, że rola człowieka jest krytyczna nie tylko pod względem nadzorowania systemu, ale także zapewniania kluczowych danych wejściowych, które poprawiają wynik działania systemu. Zastrzeżenie polega na tym, że automatyzacja i / lub autonomia powinna być budowana wokół tego, w czym człowiek może ustępować maszynie (na przykład zadania, które wymagają długich okresów czujności, wiążą się ze zmęczeniem i przeciążeniem psychicznym), a także w tym, w czym człowiek jest zbędny, ze względu na prostotę i powtarzalność operacji (na przykład, taktyczne podejmowanie decyzji).

Istnieją trzy główne problemy ludzkie-czynnika ludzkiego, którymi należy się zająć w przypadku operacji z jednym pilotem, są to: obciążenie pracą, zarządzanie systemem i lotem; taktyczne i strategiczne planowanie lotu oraz unikanie błędów.

Konstrukcja kabiny załogi samolotu nie powinna nakładać na pilota nadmiernego obciążenia pracą. Z pewnością źle zaprojektowana kabina pilota zwiększa obciążenie pilota, jednak dobry projekt ograniczają również wymagania dotyczące obciążenia pracą narzucone przez środowisko zewnętrzne (np. ATC i pogoda) oraz procedury ruchu lotniczego. W przypadku samolotu z jednoosobową załogą wymagana będzie prostota obsługi. Nie tylko zmniejszy to obciążenie pracą, ale także zmniejszy możliwość popełnienia błędu (i potencjalnie zmniejszy koszty szkolenia). Posiadanie dwóch pilotów umożliwia wykonywanie zadań równolegle lub dzielenie bardziej złożonych zadań między dwie osoby. Drugi pilot pomaga rozłożyć obciążenie pracą i jest jednym ze środków zmniejszania błędów, działając jako mechanizm sprawdzania błędów (np. przy wykonywaniu list kontrolnych). Istnieje jednak koszt pracy związany z

wykorzystaniem dwóch pilotów, ponadto praca zespołowa wymaga dodatkowego obciążenia pracą. Wymóg koordynacji pilotów, współpracy i komunikacji wiąże się z obciążeniem pracą. Podwojenie liczby załogi nie zmniejsza o połowę obciążenia pracą każdego pilota. Ponadto słaby CRM-Crew Resource Management (zarządzanie zasobami załogi) został uznany za czynnik powodujący wiele wypadków. W latach 2002-2011 piątym najczęściej podawanym czynnikiem powodującym wypadki śmiertelne był „wykorzystanie przez załogę automatyki lub narzędzi - wadliwa CRM (kontrola krzyżowa / koordynacja)”. Miało to wpływ na 21% wszystkich wypadków śmiertelnych. Oznaczałoby to, że zarówno projekt automatyki, jak i jej wykorzystanie można ulepszyć. Jednak należy również zauważyć, że prawie niemożliwe jest określenie, ile razy jeden z pilotów wychwycił błąd popełniony przez drugiego pilota i zapobiegł wypadkowi.

Świadomość sytuacyjna, czy to związana z systemowym zarządzaniem sytuacją lotu, jest produktem dobrego projektu interfejsu. Rozwój komercyjnego statku powietrznego z jednym pilotem będzie napędzany przede wszystkim wymaganiami dotyczącymi czynnika ludzkiego. W wyniku ponownej analizy zadań pilota, która będzie wymagana do określenia wyposażenia kabiny załogi, możliwe będzie przyjęcie całkowicie nowego podejścia. Obecnie dostępne są nowe technologie (takie jak HUD- Head-Up Display; wyświetlacze 3D; dźwięk 3D; technologia poleceń głosowych; dotykowe interfejsy sterujące), które mogą wspierać pilota na nowe sposoby, sprawiając, że interakcja z systemami samolotu jest znacznie bardziej naturalna. Automatyzacja / autonomia musi być rozwijana i rozbudowywana, aby była bardziej przejrzysta w swoim działaniu (często charakteryzowana jako lepszy „gracz zespołowy” - a nie „typ silnego i cichego”) i aby była bardziej odporna na błędy, sprawdzając pilota w razie potrzeby. Kluczem jest tutaj właściwe wykorzystanie potencjalnych korzyści płynących z technologii, nie tylko działających indywidualnie, ale w połączeniu z działaniem człowieka, przy podejściu, gdzie pilot stanowi centrum decyzyjne.

Organizacyjne oraz operacyjne uwarunkowania

Oprócz technologicznej, ekonomicznej, regulacyjnej i społecznej akceptacji koncepcji jednego pilota w kokpicie jest jeszcze jedna ważna kwestia do rozwiązania: aspekty organizacyjne eksploatacji takiego statku powietrznego w liniach lotniczych.

Usunięcie jednego z pilotów ma konsekwencje w wielu obszarach organizacyjnych. Przyjmując podejście polegające na integracji człowiek-system, taka redystrybucja zadań wiąże się z poważnymi problemami w obszarach takich jak siła robocza, dobór personelu i szkolenie. Na przykład kluczowym pytaniem dotyczącym siły roboczej jest to, ile osób będzie potrzebnych na ziemi do obsługi pilotów w powietrzu (w dowolnej konfiguracji samolotu)?

Pojawia się szereg problemów związanych z doбором personelu. W obecnym systemie piloci początkowo szkolą się i kwalifikują jako współ-piloci. Kwalifikują się do selekcji i szkolenia jako kapitan dopiero po uznaniu, że zdobyli wystarczające doświadczenie w roli drugiego pilota. Ponieważ rola drugiego pilota przestaje istnieć w koncepcji jednego pilota w kokpicie, pojawia się pytanie, w jaki sposób samotni piloci zdobędą niezbędne doświadczenie, aby bezpiecznie działać jako kapitan i jak byliby szkoleni? Wszyscy piloci musieliby być faktycznie kapitanami. Dowódca statku powietrznego jest odpowiedzialny nie tylko za latanie statkiem powietrznym, ale także za podejmowanie właściwych decyzji

dotyczących bezpieczeństwa operacji, zarządzania załogą i sytuacją pasażerów. Powstaje również pytanie, jakie doświadczenie i kwalifikacje byłyby wymagane od personelu naziemnego i czy trzeba go rekrutować spoza istniejącej puli zasobów linii lotniczych?

Wpływ nowych systemów pokładowych i koncepcji operacyjnych będzie wymagał innego podejścia do szkolenia, zarówno indywidualnego, jak i zespołowego. Rozwiązanie rozproszone wymagałoby zaplecza szkoleniowego (symulatorów, szkolenia komputerowe, symulacji sal operacyjnych, w tym stanowisk wsparcia, itp.) dla personelu naziemnego oraz pilotów, co zwiększyłoby złożoność szkolenia. Z perspektywy społecznej i organizacyjnej pojawia się pytanie, jaki wpływ będzie miał ten nowy rodzaj operacji na istniejącą kulturę organizacyjną linii lotniczych (np. awans i staż pracy)? Może nawet zaistnieć potrzeba zmiany wymaganej wiedzy, umiejętności i zdolności z tradycyjnego zestawu umiejętności (np. latanie manualne) na taki, który kładzie nacisk na przekazanie uprawnień (np. systemy nadzoru i monitorowania). Stanowi to znaczące przesunięcie roli z wysoce wyćwiczonych umiejętności do rozumowania opartego na wiedzy.

Operowanie samolotem komercyjnym z jedną załogą kokpitową będzie wymagało ponownego podziału zadań między przestrzeń powietrzną i naziemną oraz pilota i maszynę. Na przykład będzie wymagane uproszczenie odprawy załogi. Piloci nadal będą musieli przejrzeć plan lotu biorąc pod uwagę pogodę i dodatkowe komunikaty-powiadomienia dla pilotów (NOTAM⁷) na trasie oraz na lotniskach docelowych / zapasowych, zrobić przedlotowy przegląd techniczny („walkaround”) itp. Jednak zadania, takie jak obliczenia zużycia paliwa, masy i wyważenia, krytycznych prędkości itp., mogą zostać przekazane na ziemię lub maszynę. Powstaje zatem pytanie, czy pilot chciałby to zrobić? W bieżących operacjach zadania te mogą zająć nawet godzinę dla dwuosobowej załogi: zmniejszenie o połowę liczby pilotów na pokładzie miałyby niedopuszczalny wpływ na postój samolotu (TAT-Turnaround Time-czas pomiędzy lądowaniem z poprzedniego i startem do następnego rejsu) i dostępny czas służby pilota. Na samolocie piloci przed każdym rejsem muszą wykonywać wspomniany już przedlotowy przegląd techniczny („walkaround”), mimo że inżynier obsługi technicznej jest zobowiązany do wykonania obsługi technicznej i podpisania dziennika technicznego. Jedną z opcji może być przekazanie tego zadania właśnie inżynierowi, ale pojawia się pytanie, kto ostatecznie akceptuje stan techniczny samolotu do lotu i odpowiedzialność za rejs? Czy pilot z jednoosobowego składu załogi kokpitowej bez zrobienia przedlotowego przeglądu technicznego („walkaround”), będzie akceptował taki stan i ponosił odpowiedzialność za rejs?

Dlatego należy szukać rozwiązań w każdym aspekcie problemu. Chociaż nie są one bezpośrednio związane z projektowaniem samolotu z jednoosobową załogą kokpitową, kwestie takie jak te decydują o wykonalności tej koncepcji, ponieważ ogólne koszty operacyjne muszą zostać zmniejszone poprzez korzystanie z jednego pilota, a nie po prostu redystrybuowane w całej linii lotniczej. Takie kwestie operacyjne i organizacyjne należy rozwiązywać w sposób

⁷ NOTAM (z ang. Notice To AirMen) – wydawana na żądanie zwięzła depesza rozpowszechniana za pomocą środków telekomunikacyjnych, zawierająca informacje ustanowienia, stanie lub zmianach urządzeń lotniczych, służb, procedur, a także o utrudnieniach i niebezpieczeństwie, których znajomość we właściwym czasie jest istotna dla personelu związanego z operacjami lotniczymi.

bezpieczny, efektywny kosztowo i organizacyjnie akceptowalny. Może być konieczne przygotowanie dyspozytorów i członków personelu pokładowego do przejęcia kontroli nad statkiem powietrznym. Będzie to wymagało intensywnego szkolenia i personel ten z pewnością będzie oczekiwał dodatkowego wynagrodzenia za dodatkową pracę i odpowiedzialność.

Podsumowanie

Realizacja rejsów komercyjnych z jednoosobową załogą kokpitową jest możliwa w perspektywie najbliższych 20 lat. W odniesieniu do rozpoczętych już prac legislacyjnych np. w Stanach Zjednoczonych wydaje się, że w pierwszej kolejności nastąpi to w lotniczym przewozie towarów-cargo. To niezmiennie utoruje drogę dla operacji lotniczych z jedną załogą w przewozach pasażerskich i zapewni możliwość opracowania wymaganej technologii.

Niezależnie od tego, czy operacje z jednym pilotem kiedykolwiek trafią do służby komercyjnej jako ćwiczenie projektowe samolot z jednym pilotem zapewni możliwość ponownej oceny zadań pilota w kabinie załogi, przyjmując podejście prawdziwie skoncentrowane na człowieku. Prawie nieuchronnie przyniesie to nowe wymagania dotyczące wsparcia pilotów i rozwoju awioniki oraz oprzyrządowania w kokpitach samolotów, które będą miały zastosowanie w jedno i dwupilotowych samolotach. Zapewni stanowisko testowe dla nowych podejść do bezpieczeństwa, certyfikacji i procesów projektowania, a także pomoże w rozwiązaniu kwestii bezpiecznej naprawy i kontroli statku powietrznego w przypadku niedyspozycji pilota.

Kluczowe czynnikami będące motorem napędowym dalszych redukcji personelu lotniczego w lotniczych operacjach komercyjnych będą prawdopodobnie pochodzić ze źródeł innych niż technologia (koszty operacji linii lotniczych, dane demograficzne, popyt i dostępność załogi).

Przejęcie w kierunku bardziej zautomatyzowanych lub autonomicznych kokpitów będzie okazją do dalszego zwiększenia bezpieczeństwa lotniczego i wspierania nowych osiągnięć w kluczowych obszarach technologii samolotów oraz ich kokpitów. Nie należy lekceważyć wysiłku potrzebnego do umożliwienia tego rozwoju i należy unikać pokusy rozważenia w jakikolwiek sposób możliwości zastąpienia załogi-personelu lotniczego bez całkowitego przeprojektowania systemów sterowania lotem w kokpicie.

Bibliografia

Keinrath, C., Vašek, J. & Dorneich, M. (2010). A cognitive adaptive man-machine Interface for future Flight Decks, in, A. Droog & M. Heese (Eds) Performance, Safety and Well-being in Aviation Proceedings of the 29th Conference of the European Association for Aviation Psychology (20-24 September 2010, Budapest, Hungary). European Association of Aviation Psychology.

<https://www.flightglobal.com/news/articles/embraer-reveals-vision-for-single-pilot-airliners-343348/>, dostęp 24.07.2020.

<https://www.independent.co.uk/news/business/news/airbus-pilotless-plan-es-self-flying-aircraft-passenger-flights-cto-paul-eremenko-a8068956.html>, dostęp 24.07.2020.

Comerford, D., Brandt, S.L., Lachter, J., Wu, S-C., Mogford, R., Battiste, V. & Johnson, W.W. (2013). NASA's Single-Pilot Operations Technical Interchange

Meeting: Proceedings and Findings (NASA/CP—2013–216513). Moffett Field, CA: National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center.

FAA Reauthorization Act of 2018. <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/4/text#toc-H9FCD49FAC889471BBCC9541CA1CBD2A3>, dostęp 24.07.2020.

International Air Transport Association (2016). Briefing Note: Economic Performance of the Airline Industry (2017 mid-year report). Dostępne na: <http://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/IATA-Economic-Performance-of-the-Industry-mid-year-2017-report.pdf>, dostęp 24.07.2020.

<https://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2017-10-24-01.aspx>, dostęp 24.07.2020.

<https://www.airbus.com/aircraft/market/global-market-forecast.html>, dostęp 24.07.2020.

<https://www.boeing.com/commercial/market/commercial-market-outlook>, dostęp 24.07.2020.

EasyJet PLC (2013). Annual report and accounts 2013. Dostępne na: http://corporate.easyjet.com/~/_media/Files/E/Easyjet-Plc-V2/pdf/investors/result-center-investor/annual-report-2013.pdf, dostęp 24.07.2020.

Ryanair (2009). Full Year Results, 2009. Dostępne na: http://www.ryanair.com/doc/investor/2009/q4_2009_doc.pdf, dostęp 24.07.2020.

Higgins, J., Lovelace, K., Bjerke, E., Lounsberry, N., Lutte, R., Friedenzohn, D., & Craig, P. (2014). An investigation of the United States airline pilot labor supply. *Journal of Air Transport Studies*, 5 (2), pp. 53–83.

Duggar, J.W., Smith, B.J. & Harrison, J. (2011). International supply and demand for U. S. trained commercial airline pilots. *Journal of Aviation Management and Education*, 1, pp. 1-16.

https://www.airspacemag.com/flight-today/02_aug2017-airplanes-without-pilots-180963931/, dostęp 24.07.2020.

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/432646/20150427-DCDC_JDN_3_10_Archived.pdf, dostęp 24.07.2020.

Bilimoria, K.D., Johnson, W.W & Schutte, P.C. (2014). Conceptual Framework for Single Pilot Operations. In, *Proceedings of International Conference on Human- Computer Interaction in Aerospace (HCI-Aero 2014)*, July 30 – August 1, 2014. Santa Clara, California, USA.

Winter, S.R., Rice, S., Mehta, R., Cremer, I., Reid, K.M., Rosser, T.G., & Moore, J.C. (2015). Indian and American consumer perceptions of cockpit configuration policy. *Journal of Air Transport Management*, 42, (2015) 226- 231.

Harris, D. (2007). A Human-Centred Design Agenda for the Development of a Single Crew Operated Commercial Aircraft. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 79, 518-526.

eCivil Aviation Authority (2013). *Global Fatal Accident Review 2002-2011 (CAP 1036)*. London: Civil Aviation Authority. Dostępna na: <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP%201036%20Global%20Fatal%20Accident%20Review%202002%20to%202011.pdf>, dostęp 24.07.2020.

<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20140008907.pdf>, dostęp 24.07.2020.

INSIGHT_12 - Single Pilot Commercial Aircraft - July 2019: https://www.atiorg.uk/media/uwzcemps/ati-insight_12-single-pilot-commercial-aircraft.pdf, dostęp 24.07.2020.