

Jerzy MERKISZ, Agata NYKAZA

## WYKORZYSTANIE SYMULATORÓW LOTNICZYCH FFS W PROCESIE SZKOLENIA PILOTÓW AKROBACYJNYCH

*W artykule omówiony został temat związany z możliwością wykorzystania symulatora lotniczego FFS (Full Flight Simulator) w procesie szkolenia pilotów akrobacyjnych. W pracy podjęto próbę przedstawienia możliwości wykorzystania symulatorów do szkoleń pilotów akrobacyjnych. Badania początkowo opierać się będą na testach związanych z możliwościami symulatora. Sprawdzeniu podlegać będą elementy akrobacji możliwej do wykonania na tego typu urządzeniach. W późniejszym okresie sprawdzone będą badania na danej grupie osób, a w konsekwencji określona zostanie przydatność wykorzystania symulatorów lotniczych do lotów w pozycjach anormalnych.*

### WSTĘP

Symulator lotu to urządzenie lub program komputerowy, który odwzorowuje zachowanie statku powietrznego w locie. Pierwsze treningowe symulatory lotnicze powstały podczas I wojny światowej. Nie weszły jednak do powszechnego użycia. Dopiero w 1934 roku Siły Powietrzne Stanów Zjednoczonych nabyły cztery urządzenia Link Trainer służące do treningu lotów przyrządowych. W trakcie II wojny światowej urządzenia tego typu były już masowo wykorzystywane do szkolenia alianckich pilotów. Pierwszym symulatorem samolotów wykorzystywanym przez linię lotniczą było urządzenie treningowe Boeinga 377 produkcji Curtiss- Wright zakupione w 1948 przez linię Pan Am (Pan American World Airways).

Wczesne symulatory lotnictwa wykorzystywały systemy zobrażenia bazujące na ruchomej kamerze poruszającej się nad makietą terenu i transmitującej obraz do monitora znajdującego się przed pilotem. Współczesne technologie pozwalają w pełni korzystać z „wrażeń lotu” i mają pełnowymiarowe obrazowanie.

W sferach lotniczych preferowane są ćwiczenia na symulatorach, dzięki temu możliwe jest zredukowanie kosztów szkoleń. W liniach lotniczych osoby posiadające nalot na symulatorach mogą szybciej przystąpić do szkolenia na danym typie samolotu. Dodatkowo przepisy JAR określają skróty w szkoleniach osób, które korzystają z tego typu urządzeń.

### 1. SYMULATORY LOTNICZE

Wymagania stawiane lotniczym urządzeniom treningowym w Europie ustalane są przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa Lotniczego (ang. European Aviation Safety Agency - EASA). Agencja ta za pośrednictwem certyfikowanych narodowych urzędów do spraw lotnictwa cywilnego (w Polsce jest to Urząd Lotnictwa Cywilnego - ULC), prowadzi certyfikację takich urządzeń. Wymagania stawiane symulatorom określają przepisy, które zawarte są w JAR-FSTD i JAR-STD. W Stanach Zjednoczonych certyfikacją zajmuje się Federalna Agencja Lotnicza (ang. Federal Aviation Administration - FAA) zgodnie z przepisami zawartymi w FAR Part 60.

Wyróżniamy następujące typy symulatorów lotniczych:

- a) Full Flight Simulator (FFS) - najbardziej zaawansowany technicznie rodzaj symulatora. Kompletna, pełnowymiarowa i funkcjonalna replika kokpitu danego typu, modelu lub serii statku

powietrznego połączona z odpowiednim systemem komputerowym niezbędnym do odwzorowania statku powietrznego podczas operacji na ziemi i w powietrzu (rys. 1). System wizualizacji zapewnia widok poza kokpitem, a system siłowników odwzorowuje wrażenia ruchowe (rys. 2). Urządzenia tego typu wykorzystuje się m.in. do treningu personelu latającego w niebezpiecznych stanach lotu, wyrobienia odpowiednich nawyków akrobacji lotniczej,



Rys. 1. Symulator lotniczy FFS, widok kabiny [16]



Rys. 2. Symulator lotniczy FFS, widok zewnętrzny na siłownikach [17]

- b) Flight Training Device (FTD) - kompletna, pełnowymiarowa i funkcjonalna replika instrumentów, wyposażenia i paneli kontrolnych danego typu statku powietrznego połączona z odpowiednim systemem komputerowym niezbędnym do odwzorowania statku powietrznego w warunkach na ziemi i w powietrzu (rys. 3). Urządzenia tego typu nie muszą być wyposażone w systemy wizualizacji i odwzorowania wrażeń ruchowych,



Rys. 3. Symulator lotniczy FTD [18]

- c) Flight and Navigation Procedures Trainer (FNPT) - model kokpitu połączony z odpowiednim systemem komputerowym niezbędnym do reprezentacji danego typu lub danej grupy typów statków powietrznych podczas wykonywania operacji w locie (rys. 4). Urządzenia tego typu wykorzystywane są m.in. do treningu lotu proceduralnego i nawigacji,



Rys. 4. Symulator lotniczy FNPT [19]

- d) Basic Instrument Training Device (BITD) - urządzenie odwzorujące przyrządy statku powietrznego (możliwe ich wyświetlanie na ekranie monitora) umożliwiające trening co najmniej proceduralnych aspektów lotu przyrządowego (rys. 5).



Rys. 5. Symulator lotniczy BITD [20]

Na rynku gier komputerowych obecnych jest wiele symulatorów lotu. Oto niektóre z nich:

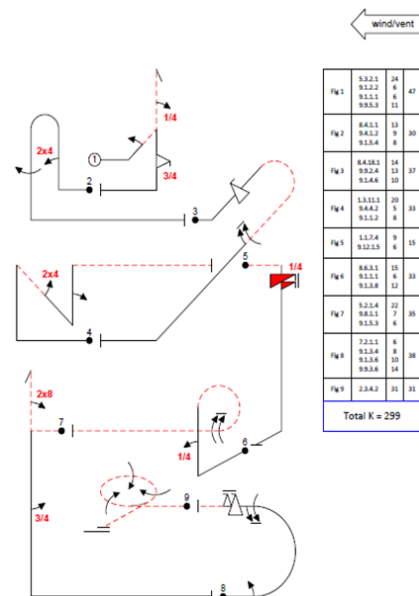
- FlightGear to symulator lotu realizowany na zasadach GNU GPL. przeznaczony dla wielu platform systemowych,
- Flight Unlimited to symulatory lotnicze firmy Looking Glass Technologies,
- Microsoft Flight Simulator to seria jednych z najpopularniejszych cywilnych symulatorów lotu samolotem,
- Combat Flight Simulator to symulator samolotu z okresu II wojny światowej – tworzony na silniku Microsoft Flight Simulator,
- Orbiter to kosmiczny symulator typu freeware,
- X-Plane to symulator samolotu z ciekawymi rozwiązaniami, (grafika wektorowa),
- IL-2 Sturmovik to jeden z lepszych wojennych symulatorów lotu z okresu II wojny światowej.

## 2. AKROBACJA LOTNICZA

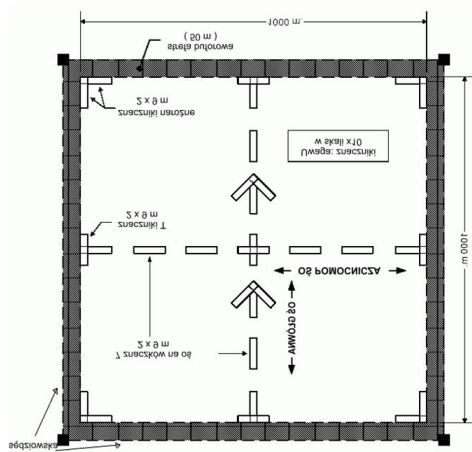
Loty akrobacyjne są dość charakterystyczne. Ze względów bezpieczeństwa wykonywane są głównie nad lotniskiem. Pilot wykonuje wiązkę (rys. 6) w określonym boksie o wymiarach 1000x1000x1000 m (rys. 7), umieszczonym od wysokości 100 lub 200 metrów od ziemi (w zależności od poziomu zaawansowania pilotów). Obszar ten zaznaczony jest na ziemi białymi płótnami, co stanowi pomoc dla zawodnika w lokalizacji w strefie.

Wiązanka jest to zbiór kolejno ułożonych figur, które pilot wykonuje podczas jednego lotu.

W tym czasie obserwowany jest przez sędziów i oceniany za: każdą figurę osobno, całość wykonania wiąznki, wyjścia z boksie oraz za utrzymanie się w boksie. Za każde wyjście pilota z boksie dodawane są punkty karne. Rażące przekroczenie dolnej granicy strefy powoduje dyskwalifikację pilota.



Rys. 6. Wiązanka figur akrobacji samolotowej w klasie Advanced [4]



**Rys. 7.** Wiązanka figur akrobacji samolotowej w klasie Advanced [źródło własne]

### 3. ZASTOSOWANIE SYMULATORÓW LOTNICZYCH PODCZAS SZKOLEŃ

Symulatory lotnicze wykorzystywane są głównie do utrzymania przez pilotów umiejętności szybkiego reagowania w sytuacjach niebezpiecznych. Urządzenia te stosuje się głównie w lotnictwie cywilnym, gdzie piloci ćwiczą szereg sytuacji i standardowych procedur podczas lotów. Jest to zdecydowanie tańsza metoda utrzymania, jak i przedłużenia przez pilota uprawnień oraz idealna metoda do ćwiczeń sytuacji niebezpiecznych, których powstanie w realnych warunkach lotu byłoby niemożliwe.

W lotnictwie sportowym wielu pilotów nie ma możliwości korzystania z tego typu urządzeń. Jest to jednak warte uwagi. Dotychczas młodzi adepci lotnictwa uczestnicząc w szkoleniach lotniczych, mogli zapoznać się z wykonaniem figur akrobacji podstawowej. Instruktorzy zaznajamiali pilotów głównie z dość niebezpiecznym w początkowych fazach szkolenia- korkociągiem. Figura ta dla niedoświadczonej osoby jest dość dynamiczna, jednak zapoznanie się z nią i uzyskanie umiejętności reakcji na zaistniałą sytuację, znacząco wpływa na bezpieczeństwo wykonywanych lotów.

Dlaczego korkociąg w początkowych fazach szkolenia jest niebezpieczny? Korkociąg jest figurą, która może się wydarzyć w momencie, gdy zostaną przekroczone krytyczne kąty natarcia na skrzydle i dojdzie do zerwania strug powietrza z powierzchni nośnej danego statku powietrznego. Wiąże się to z utratą przez pilota prędkości. Dane statki powietrzne mają określoną prędkość przeciągnięcia, zależy ona również od wagi pilota znajdującego się w kabinie. Po utracie prędkości statek powietrzny zaczyna wykonywać ruch „korkociagowy” w stronę ziemi, jednak jest on bardzo prosty do wyprowadzenia.

Uczniowie- piloci są uczeni w praktyce tych umiejętności. Podczas szkolenia loty po kręgu odbywają się na wysokości około 250-300 metrów, w związku z tym wpadnięcie w korkociąg na tak małych wysokościach może zakończyć się wypadkiem. Stworzone przez Aeroklub Polski i modyfikowane w aeroklubach regionalnych Programy Szkoleń zazwyczaj zawierały elementy akrobacji podstawowej, po zapoznaniu się z którymi uczeń- pilot mógł złożyć dokumenty o przeprowadzenie egzaminu teoretycznego i praktycznego w Urzędzie Lotnictwa Cywilnego (ULC).

W dzisiejszych czasach programy te zostały drastycznie skrócone, liczba chętnych na odbycie kursu szybowcowego czy samolotowego wciąż rośnie. Obecnie, aby dostać zgodę na złożenie dokumentów do ULCu, uczeń- pilot nie potrzebuje umiejętności wykonywania podstawowych figur akrobacji. W rzeczywistości stwarza to wzrost czynnika ryzyka. Część pilotów szkolonych według „starych”

programów posiada umiejętność wykonywania figur akrobacji, obecni piloci w sytuacjach, gdy statek powietrzny wykonuje bliżej nieokreślony manewr, nie potrafią właściwie zareagować, co prowadzi do zaistnienia sytuacji niebezpiecznych.

Piloci wykonujący loty akrobacyjne stanowią w Polsce dość wąskie grono osób. Bezpieczeństwo wykonywania lotów jest tym bardziej wskazane im loty zawierają więcej figur o przeciwnych kierunkach działania przeciążeń (zwłaszcza przejścia z przeciążeń ujemnych na przeciążenia dodatnie powodujące odpływ krwi z mózgu do kończyn, a w konsekwencji utratę przytomności). Ważna jest też częstość ich występowania.

Zawodnicy będący w ciągłym treningu nie mają zazwyczaj problemów z pokonywaniem obciążeń, jednak w fazie lotów szkolnych i lotów wykonywanych po przerwie, np. zimowej, organizm nie jest przyzwyczajony i mogą wystąpić niekontrolowane omdlenia prowadzące do sytuacji niebezpiecznych. W myśl przygotowania i utrzymania pilota w lotach akrobacyjnych wizualizacja lotu na symulatorze mogłaby wspomóc szkolenie.

### 4. WYKORZYSTANIE SYMULATORÓW FFS W LOTACH AKROBACYJNYCH

Symulator FFS z racji możliwości odwzorowania wrażeń ruchowych może być wykorzystany do ćwiczeń niektórych figur akrobacji. W laboratorium Politechniki Poznańskiej przeprowadzono loty próbne na symulatorze lotniczym Motion SIM CKAS (rys. 8). Urządzenie to może odwzorowywać samoloty z silnikami tłokowymi, jak i odrzutowymi.



**Rys. 8.** Symulator lotu w laboratorium Politechniki Poznańskiej [21]

Pilot może wykonać lot z elementami figur akrobacji. Podczas badań przetestowano urządzenie pod kątem wykonania następujących figur: wznoszenie i opadanie od kątem 45° i 90°, zakręt z przechyleniem 45°, 60° i 90°, beczka sterowana oraz beczka akcentowana na 4 i 8 w lewo i prawo, ranwers, korkociąg stromy lewy i prawy oraz pętla. Badania wykonano na samolocie z silnikiem tłokowym i odrzutowym.

Podczas wykonywania poszczególnych figur zauważono, że pomimo tego, że symulator nie posiada pełnego obrotu wokół osi podłużnej, wrażenia z wnętrza kabiny mogą być przydatne przy ćwiczeniach. Przykładowo podczas wykonywania beczki (obrotu samolotu wokół osi podłużnej) widok na ekranie jest odwzorowany, jak w prawdziwym samolocie. Uczestnik badań musi utrzymywać odpowiednio maskę samolotu nad horyzontem, aby nie dopuścić do nadmiernego rozpędzenia samolotu. Równocześnie trzeba odpowiednio pracować poszczególnymi sterami, aby figura była wykonana poprawnie. Po przekroczeniu przez symulator maksymalnego

dopuszczalnego zakresu przechylenia, pilot odczuwa skoki w ruchach symulatora. Jest to spowodowane pewnymi ograniczeniami ze strony urządzenia. W rzeczywistym locie takich odczuć nie ma lub są zdecydowanie mniejsze ( np. podczas lotu w burzliwej atmosferze). Problem pojawia się również przy figurze bezcki akcentowanej. Symulator nie jest w stanie poprawnie zatrzymać ruchu podczas akcentów, a pilot musi użyć dużych wychyleń sterów. Podobnie dzieje się podczas wykonywania głębokich zakrętów, tj. o 60° i 90°. Podczas wykonywania wznoszenia i opadania, pętli symulator reaguje prawidłowo.

Na symulatorze istnieje możliwość wykonania poprawnego manewru wejścia i wyjścia z korkociągu. Sama figura akrobacji jest dobrze odwzorowana, kąć pochylenia samolotu mógłby być większy (korkociąg mógłby być bardziej stromy).

Zdecydowanie lepsze odwzorowanie jest dla samolotu z silnikiem tłokowym niż odrzutowym. Wynikać to może z samej aplikacji zastosowanej na symulatorze i indywidualnych ustawień.

## 5. PRZYDATNOŚĆ PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Możliwość przećwiczenia niektórych elementów akrobacji na symulatorze lotniczym wspomaga szkolenia lotnicze. Jest to również dobra alternatywa na poznanie niektórych figur akrobacji dla pilotów, którzy nie mają możliwości odbycia lotu na typowo akrobacyjnym statku powietrznym.

Wizualizacja lotu akrobacyjnego pozwoli również na zapoznanie się pilota z wrażeniami jakie powstają przy wykonywaniu figur akrobacji. Możliwość zastosowania symulatorów do tego typu szkoleń przyczynić się może do znacznej poprawy bezpieczeństwa wykonywanych operacji lotniczych. W tak dynamicznie rozwijającej się dziedzinie lotnictwa, jaką jest akrobacja zastosowanie symulatorów lotniczych będzie miało wpływ na jakość wykonywanych lotów.

W Polsce istnieje szereg instytucji, które dbających o bezpieczeństwo wykonywania operacji lotniczych. Należą do nich: Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC), Polska Agencja Żeglugi Powietrznej (PAŻP), Państwowa Komisja Badań Wypadków Lotniczych (PKBWL), Polish Aerobatic Club (PAC), itp.

Dodatkowo użytkownicy statków powietrznych, organy służb ruchu lotniczego i zarządzający lotniskami są zobowiązani powiadamiać PKBWL o wypadkach i incydentach lotniczych, niezależnie od badania ich we własnym zakresie oraz w czasie nie późniejszym niż 72 godziny od zaistnienia danego zdarzenia. Dzięki pozyskanym statystykom i opisom zdarzeń możliwe jest stworzenie odpowiedniej profilaktyki bezpieczeństwa lotów. Raz w roku przeprowadzana jest Krajowa Konferencja Bezpieczeństwa Lotniczego i wydawane są odpowiednie biuletyny związane z bezpieczeństwem lotniczym, z którymi każdy pilot ma obowiązek się zapoznać.

## PODSUMOWANIE

Dzięki zastosowaniu dodatkowych opcji szkoleń na symulatorach lotniczych, istniałoby dodatkowe narzędzie do kontroli pilota i przestrzegania przed zdarzeniami krytycznymi mogącymi wystąpić zarówno na ziemi, jak i w locie. Wprowadzenie systemu kontroli zdarzeń krytycznych byłoby dużym ułatwieniem zwłaszcza podczas lotów akrobacyjnych, gdzie występują dodatkowe czynniki mogące tworzyć sytuacje niebezpieczne. Na podstawie informacji otrzymanych na kursie, kierownik lotów miałby możliwość wskazania tego, jakie błędy zostały popełnione przez pilota podczas lotu, poddać je analizie co w konsekwencji przyczynić się może do efektywniejszego szkolenia lotniczego.

Wprowadzenie elementów lotów akrobacyjnych na symulatorach lotniczych jest projektem innowacyjnym. Ani przepisach, ani

w literaturze lotniczej nie ma informacji na temat wykorzystania symulatorów do tego typu lotów.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ablamowicz A., *Akrobacja lotnicza*, WKiŁ, Warszawa 1972.
2. Łącki A., *Metodyka szkolenia samolotowego*, WKiŁ, Warszawa 1965.
3. Nykaza A., *Analiza możliwości i celowości wizualizacji widoku z kabiny dla instruktora naziemnego*, Poznań 2015.
4. Pazio A., *Metodyka szkolenia pilotów szybowcowych i samolotowych*, WKiŁ, Warszawa 2000.
5. <http://civa-news.com/new-free-known-sequence-explained>
6. <http://www.samoloty.pl/artykuly-lotnicze/79-encyklopedia-sp-952/14207-symulatory-lotnicze-gadzet-czy-pomoc-w-naucze-latania1>
7. <http://gadzetomania.pl/3742,mechaniczne-symulatory-lotu-jak-uczono-pilotazu-gdy-nie-bylo-komputerow>
8. <http://www.wsosp.pl/index.php/pl/akademicki-osrodek-szkolenia-lotniczego.html>
9. [http://www.rockwellcollins.com/Products\\_and\\_Systems/Simulation.aspx](http://www.rockwellcollins.com/Products_and_Systems/Simulation.aspx)
10. <https://www.thalesgroup.com/en/content/thales-completes-sale-civil-fixed-wing-flight-simulation-business-1-3-communications>
11. <http://www.baltica.com/pl/infrastruktura-i-usugi/urządzenie-do-wicze-realnego-lotu-ffs/boeing-737-cl/>
12. <http://www.ai.com.pl/military/air-forces/full-flight-and-combat-simulators/?lang=pl>
13. <http://www.ai.com.pl/about/etc-pzl-history/?lang=pl>
14. <http://www.globalpilotlife.com/services-view/simulator-assessment/>
15. <http://www.virtual-fly.com/product/ovo-04-full-motion-flight-simulator/>
16. <http://www.airbusgroup.com/int/en/news-media/media-item=3f3b0280-fed9-4340-a154-dbd048677d60~.html>
17. <http://bloga350.blogspot.com/2015/08/a350-xwb-full-flight-simulator-achieved.html>
18. <http://www.aero-news.net/index.cfm?do=main.textpost&id=2156618b-0b36-488e-ae3c-bc3a2522a1d4>
19. <http://www.ai.com.pl/civil/aviation-simulators/>
20. <http://www.stcharlesflying.com/redbird-flight-training-simulator/>
21. [https://www4.put.poznan.pl/sites/default/files/attachments/img\\_3135.jpg](https://www4.put.poznan.pl/sites/default/files/attachments/img_3135.jpg)

### The potential use of the simulator aviation FFS (Full Flight Simulator) in the training of aerobatic pilots

*This article is about the potential use of the simulator aviation FFS (Full Flight Simulator) in the training of aerobatic pilots. The spheres are preferred air exercises on simulators, through which it is possible to reduce training costs. In addition, the provisions of JAR define shortcuts in training people who use this type of equipment. The study initially will be based on tests associated with the possibilities of the simulator. Check will be subject to elements of acrobatics possible to perform this type of devices. Later research will be tested on a group of people, and consequently will be determined the suitability of the use of simulators to operate in abnormal positions.*

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Jerzy Merkisz** – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 61-965 Poznań; ul. Piotrowo 3. Tel. +4861 665-22-07, [jerzy.merkisz@put.poznan.pl](mailto:jerzy.merkisz@put.poznan.pl).

mgr inż. **Agata Nykaza** – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 61-965 Poznań; ul. Piotrowo 3, [agata.m.nykaza@doktorate.put.poznan.pl](mailto:agata.m.nykaza@doktorate.put.poznan.pl)