

Jarosław KOZUBA¹

CZYNNIK LUDZKI - ROLA SYMULATORA LOTNICZEGO W SZKOLENIU LOTNICZYM

W niniejszym artykule odniesiono się do roli symulatorów lotniczych w procesie szkolenia i doskonalenia zawodowego personelu lotniczego, ze szczególnym uwzględnieniem pilota – operatora statku powietrznego. Określono miejsce symulatora w teoriach odnoszących się do systemu bezpieczeństwa lotów, zdefiniowano pojęcie symulatora, przedstawiono jego kwalifikację i określono miejsce symulatora w procesie szkolenia lotniczego. Opisano rozwój technik symulacji w miarę rozwoju lotnictwa. Wskazano na znaczenie symulatora w procesie szkolenia lotniczego poprzez pryzmat jego zalet i wad.

HUMAN FACTOR - THE ROLE OF AVIATION SIMULATOR IN AVIATION TRAINING

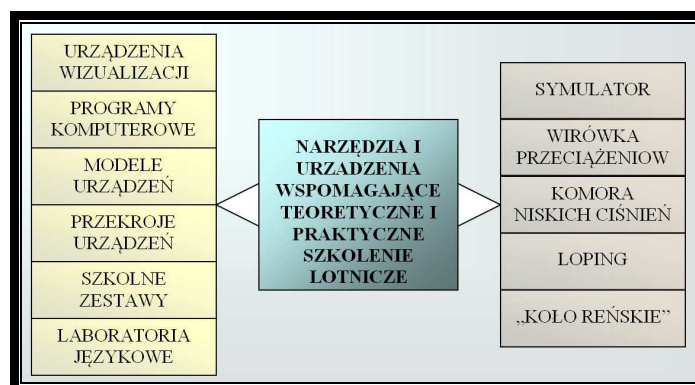
The article treats about to the role of flight simulators in the process of training and development of professional aviation personnel with particular emphasis on the pilot of the aircraft. It was specified place of the simulator in theories relating to the flight safety system and the notion of simulator was defined. Moreover, simulators classification was showed and determined the simulator place in the aviation training process. Described development of the simulation techniques by the perspective of the aviation history. Finally, the role of simulators in the process of aviation training by the perspective its advantage and disadvantage was showed.

1. WSTĘP

W dzisiejszych czasach lotnictwo jest jedną z najbardziej rozwiniętych i zaawansowanych technologicznie gałęzi przemysłu. Technologie lotnicze i kosmiczne znajdujące zastosowanie we współczesnych aparatach latających stawiają coraz wyższe wymagania przed personelem lotniczym obsługującym je, a szczególnie przed pilotem – operatorem statku powietrznego będącym ostatnim, najistotniejszym elementem w procesie przygotowania i realizacji operacji powietrznych. Latanie jest trudnym, złożonym zadaniem wymagającym od pilotów dużego zasobu wiedzy ogólnotechnicznej i specjalistycznej oraz szerokiego wachlarza umiejętności stosownie do rodzaju statku powietrznego i zadań na nim realizowanych. Powoduje to, że szczególną wagę przywiązuje się obecnie do rozwoju technik stosowanych w szkoleniu lotniczym i doskonaleniu zawodowym pilotów oraz narzędzi wspomagających.

¹Dr inż. pil. Jarosław KOZUBA, adiunkt WSOSP – Dęblin, e-mail: aabuzok@wp.pl

Narzędzia wspomagające szkolenie lotnicze, obok szkolno-treningowych aparatów latających, są praktycznym i sprawdzonym narzędziem wspomagającym proces szkolenia teoretycznego oraz praktycznego (rys.1.).



Rys. 1. Narzędzia i urządzenia wspomagające szkolenie lotnicze. Źródło: Opracowanie własne.

2. MIEJSCE URZĄDZEŃ TRENINGOWYCH W TEORII BEZPIECZEŃSTWA

Istnieje szereg teorii związanych z systemem bezpieczeństwa lotów. Odnoszą się one do wszystkich elementów związanych z przygotowaniem i realizacją operacji lotniczych, jednakże rozpatrują one obszary bezpieczeństwa lotów z różnej perspektywy odniesienia. Uwzględniając zakres tematyczny artykułu, uwagi odnoszące się do poszczególnych teorii bezpieczeństwa lotniczego zostały określone poprzez pryzmat pilota i urządzeń treningowych traktowanych jako narzędzia służące do kształtowania określonych jego nawyków i umiejętności. Do najbardziej uznanych teorii bezpieczeństwa możemy zaliczyć między innymi:

Teorię Singeltona. Autor wyszedł z założenia, że bezpieczeństwo jest nierozłącznie związane ze strukturą i architekturą maszyny. Kładzie ona główny nacisk na problemy ergonomiczne. Składa się z trzech zasadniczych strategii optymalizacji bezpieczeństwa, tj. 1. Bezpieczeństwa operatora, 2. Bezpieczeństwa systemu 3. Bezpieczeństwa (stosownego) klimatu. Przy osiągnięciu założonych celów każdego z tych elementów istotną rolę odgrywają urządzenia treningowe jako narzędzie służące do – 1. selekcji, monitorowania poziomu szkolenia, optymalizacji treningu itp.; 2. optymalizacji procedur doboru i treningu załóg, badań zdarzeń lotniczych itp.; 3. wpajania właściwych nawyków współpracy, takich cech jak zaufanie, prawdomówność, lojalność itp.

Teorię C.O. Millera - Model 4M (Człowiek – Maszyna – Misja/ Zarządzanie - Środowisko). Opiera się ona na systemowym rozpatrywaniu zagadnień bezpieczeństwa lotów. W tym wypadku również istotną rolę odgrywają urządzenia treningowe we właściwym kształtowaniu w takich obszarach jak: Człowiek – dobór, szkolenie, trening, solidność, staranność, nawyki, orientacja, podzielność uwagi itd.; Maszyna – przystosowanie człowieka do właściwości – wyposażenia – maszyny, wypadki szczególne

itp.; Misja / Zarządzanie – procedury realizacji zadania, zrozumienie zakresu i stopnia trudności jego wykonania, zapoznanie ze specyfiką użycia urządzeń pokładowych itp., współpraca w załodze, komunikacja, procedury, podejmowanie decyzji, optymalizacja środków itp.; Środowisko – pogoda, warunki fizyczne środowisko naturalne, wysokość lotu i ukształtowanie terenu, warunki lotniskowe itp.

Teoria E. Edwardsa – Model SHELL. Teoria systemowego rozpatrywania bezpieczeństwa lotów w odniesieniu do: S – niematerialne elementy systemu, H- statek powietrzny, E – środowisko, L - czynnik ludzki. Istotną w tej teorii jest fakt, że wszystkie elementy systemu rozpatrywane są poprzez pryzmat udziału człowieka w wypadkach lotniczych. Myśląc o udziale człowieka mamy na myśli błędy i naruszenia popełniane przez niego. Dlatego też urządzenia treningowe będą odgrywać tutaj szczególną rolę w przeciwdziałaniu tym zjawiskom poprzez działania w obszarach szkolenia i doskonalenia pilota w zakresie: S - właściwe stosowanie przepisów, procedur oraz określonych, niejednokrotnie specyficznych dla określonego zadania reguł postępowania; H – walorów technicznych statku powietrznego, specyfiki urządzeń pokładowych i systemów, automatyki i jej rozumienia przez załogę, wypadków szczególnych itp.; E – współpracy ze służbami zabezpieczenia technicznego i ruchu lotniczego, właściwego przeciwdziałania zjawiskom niebezpiecznym występującym w środowisku naturalnym itp.; L – doboru personelu, nawyków, treningu, stanu zdrowia psychofizycznego, walki ze stresem, współpracy w załodze, relacji w organizacji itp.

Teoria Hawkinsa – Model SHELL. Został on określony poprzez poszerzenie modelu Edwardsa o L – Liweare. Służyło to podkreśleniu wpływu personelu lotniczego nie zaliczanego do załogi lotniczej na zaistnienie wypadku lotniczego. Ponadto, różnica pomiędzy modelem SHEL i SHELL polega na tym, że Hawkins umieścił drugi człon L w środku modelu podkreślając w ten sposób interakcje pomiędzy poszczególnymi jego elementami, w tym tego odnoszącego się do personelu zabezpieczającego operacje powietrzne. Dlatego też, mówiąc o urządzeniach treningowych powinniśmy wziąć pod uwagę wszystkie elementy doskonalone przez pilota, opisane w Modelu Edwardsa przy uwzględnieniu interakcji występujących między nimi np. H – wypadki szczególne / L – współpraca w załodze itd.

Teoria K.K. Płatonowa i B.F. Łomonowa. Teoria ta rozpatruje poziom bezpieczeństwa lotów poprzez pryzmat interakcji zachodzących pomiędzy czterema zasadniczymi obszarami tj.: Człowieka - rozpatrywanego na potrzeby tej publikacji jako operatora statku powietrznego, Statku powietrznego (samolot, śmigłowiec, UAV²), Organizacji lotów i kierowania latami oraz Strategią, techniką i polityką techniczną. W myśl tej teorii istnienie wielu różnorodnych elementów w strukturze systemu bezpieczeństwa lotów wymusza poszukiwanie takich czynności, które wywołają określone związki pomiędzy wszystkimi komponentami, usuwając istniejące w nich sprzeczności. W opinii autorów tej teorii problemy bezpieczeństwa lotów wymagają analizy systemowej, a komponenty bezpieczeństwa lotów charakteryzują się cechami systemowymi³ [11]. Przykładowo, w systemie bezpieczeństwa lotów człowiek jednocześnie cechuje się jemu tylko przysługującymi cechami oraz innymi właściwościami wynikającymi z tego, że jest on jednocześnie elementem systemu. Z drugiej strony można wysunąć tezę, że wartość

² UAV – Unmanned Aerial Vehicle – bezpilotowy statek latający

³ Cecha systemowa – to taka właściwość elementu systemu, która nie wynika z niego w sposób naturalny, lecz poprzez integracyjne właściwości całego systemu [9]

cech przy pomocy których możemy scharakteryzować operatora lotniczego – pilota jest ściśle uzależniona od jakości systemu w którym on funkcjonuje. Autorzy tej teorii uważają także, że podejście systemowe do problemów bezpieczeństwa lotów jest konieczne, szczególnie przy rozpatrywaniu współdziałania „człowiek – maszyna”, gdyż w systemie bezpieczeństwa lotów czynnikiem najważniejszym jest układ „pilot - samolot”. Przystosowanie techniki do człowieka (np. aspekty ergonomiczne kabiny pilota) jest tym warunkiem, który gwarantuje, że współdziałanie będzie spełniało wymagania bezpieczeństwa lotów [9]. W modelu tym został jasno wyartykułowany element „Urządzenia treningowe” w podsystemie „Kierowanie i organizacja lotów”. Uwzględniając takie podejście możemy wywnioskować, że urządzenia treningowe w pojęciu autorów mają zasadniczy wpływ na kształtowanie wszystkich elementów poszczególnych podsystemów.

Reasumując powyższe rozważania odnoszące się do miejsca urządzeń treningowych w wybranych teoriach bezpieczeństwa lotów możemy jednoznacznie stwierdzić, że są one uważane za jedno z zasadniczych narzędzi wspomagających system szkolenia i treningu załóg lotniczych, wpływających na wiedzę, umiejętności i nawyki, a tym samym poziom zdolności załóg statków powietrznych do bezpiecznej realizacji stojących przed nimi zadań.

3. SYMULATOR – POJĘCIE, PRZENACZENIE, KLASYFIKACJA, HISTORIA ROZWOJU

Symulator lotu jest to urządzenie techniczne lub program komputerowy imitujące działanie samolotu w rzeczywistych warunkach lotu. Mogą one mieć postać od prostych gier komputerowych do zaawansowanych symulatorów lotniczych będących pełnowymiarowym, funkcjonalnym duplikatem kokpitu wraz z systemami pokładowymi i oprzyrządowaniem zamontowanym na platformie hydraulicznej lub wirówce przeciążeniowej wytwarzającej przeciążenia adekwatne do tych, występujących w poszczególnych fazach lotu statku powietrznego. Współczesny, najprostszy symulator zazwyczaj składa się z: monitora komputerowego lub jego wielokrotności dla wizualizacji środowiska wewnętrznego (kabiny) i zewnętrznego (lotniska z infrastrukturą, ukształtowania terenu, warunków meteorologicznych itd.), środowiska realizacji operacji powietrznych; urządzeń sterowania s.p. (dźwążek sterowny lub wolant, joystick, sterownice nożne,) celem wprowadzania danych z zakresu sterowania samolotem (pochylenie, przechylenie, kierunek); komputerowych systemów komunikacji wewnętrznej i zewnętrznej, symulacji dźwięków występujących w samolocie; systemów komputerowych służących do przetwarzania sygnałów wejściowych zadanych przez pilota w zakresach pilotowania samolotu na wskazania przyrządów pokładowych (kontroli lotu, przyrządów kontroli pracy silnika, systemów r/ nawigacyjnych itd.). Uwzględniając złożoność konstrukcji i zastosowany stopień wierności odwzorowania kabiny, urządzeń i systemów statku powietrznego oraz sposób symulacji obciążeń występujących w czasie wykonywania manewrów przez statek powietrzny symulatory lotnicze (Flight Simulation Training Device - FSTD) możemy podzielić na cztery zasadnicze grupy[12]:

1. 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. System wizualizacji zapewnia widok poza kokpitem, a system siłowników odwzorowuje wrażenia

fizyczne związane z ruchem. Urządzenia tego typu wykorzystuje się m.in. do treningu personelu latającego w niebezpiecznych stanach lotu, wyrobienia i utrwalania nawyków (rys.2.).



Rys. 2. Full Flight Simulator (FFS). Źródło: en.wikipedia.org/wiki/, dn. 01.08.2011 r.

2. 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. Urządzenia tego typu nie muszą być wyposażone w systemy wizualizacji i odwzorowania wrażeń ruchowych (rys.3.).



Rys. 3. Flight Training Device (FTD). Źródło: www.facebook.com/, dn. 01.08.2011r.

3. 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. Urządzenia tego typu wykorzystywane są m.in. do treningu lotu proceduralnego i nawigacji (rys. 4.).



Rys. 4. Nowoczesny symulator FNTF-II. Źródło: www.aerocondor.com/escola, dn.01.08.2011r.

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



Rys. 5. Basic Instrument Training Device (BITD). Źródło: www.flyelite.ch, dn. 01.08.2011r.

Zasadniczym powodem użycia symulatora lotniczego jest szkolenie pilota z zakresu wykonywania czynności w kabinie (czynności przedlotowe, sprawdzanie instalacji i podzespołów, uruchomienia silnika i systemów samolotu), postępowania w sytuacjach awaryjnych, realizacji poszczególnych etapów operacji powietrznych; utrzymania i doskonalenia posiadanych umiejętności i nawyków, sprawdzania poziomu wyszkolenia oraz poziomu opanowania czynności związanych z realizacją operacji powietrznych. Symulatory dopuszczone do szkolenia licencjonowanego personelu lotniczego muszą spełniać wymagania określone w JAR – STD. Spełnienie tych wymagań przez dane urządzenie potwierdzone jest poprzez wydanie stosownego certyfikatu przez uprawnioną instytucję państwową – w Polsce zgodność tą stwierdza i wydaje stosowny certyfikat Prezes Urzędu Lotnictwa Cywilnego.

Wybrane aspekty rozwoju symulatorów lotniczych.⁴ Historia symulatorów lotniczych jest niemal tak długa jak historia lotnictwa. Za skromny początek rozwoju lotniczych urządzeń treningowych należy uznać te stosowane przez braci Wright. W miarę rozwoju swojego samolotu stworzyli oni urządzenie do nauki latania [10]. W 1909 roku zostało skonstruowane urządzenie treningowe pod kątem samolotu Antoinette VII skonstruowanego przez Huberta Lathama. Uznaje się, że w 1929 roku Edwin Link skonstruował pierwszy w świecie symulator lotniczy. Link otrzymał patent na urządzenie "Link Aeronautical Trainer", znane powszechnie pod nazwą "Blue-Box". Urządzenie zbudowane było z organowych pomp i miechów do obracania się wokół własnej osi i wyglądało jak miniaturowy samolot z krótkimi skrzydłami ogonem [1]. Później doposażył to urządzenie w urządzenia sterownicze i przyrządy kontroli lotu samolotu. Było ono zdolne do symulowania lotu samolotu, a w tym przechylenia, pochylenia i kierunku oraz turbulencji. Symulator ten dostarczał także możliwości do wykonywania lotów nawigacyjnych i według przyrządów, mógł także zademonstrować pilotowi jak latać w nocy i w złych warunkach atmosferycznych [16]. Na urządzenie to zwrócili uwagę przedstawiciele US Army, którzy mieli nadzieję, że trening rozwojowy zredukuje liczbę zdarzeń lotniczych. Urządzenie treningowe Linka znalazło zastosowanie w wielu programach treningowych wszystkich rodzajach lotnictwa USA do końca II Wojny Światowej. Wytwórnia lotnicza Linka zbudowała dodatkowe symulatory i kontynuuje tą działalność do dzisiaj pod nazwą L-3 [17].

Badania nad postępowaniem nauki człowieka, włączenie sygnału wizualizacji i obrazu staje się bardziej istotną sprawą. Link Aviation wyprodukował pierwszy symulator z systemem wizualizacji – tzw. Celestial Simulator Rainer. Urządzenie to zostało skonstruowane dla szkolenia załóg statków powietrznych w lotach przez Atlantyk przy zastosowaniu nawigacji według położenia gwiazd. Wizualizacja gwiazd była zobrazowana przy pomocy filmu który wyświetlany stosownie do tego jak samolot powinien przemieszczać się w powietrzu. Największą wadą tego symulatora było to, że samolot mógł przemieszczać się jedynie po z góry zaplanowanej linii drogi [16]. Inny pionier w dziedzinie symulatorów, Rudy Franca, wyznawał pogląd, że symulatory nie muszą posiadać wizualizacji dla właściwego szkolenia pilotów. Symulatory konstruowane przez niego charakteryzowały się tym, że przyrządy pilotażowe przedstawiały wierny obraz w stosunku do sygnałów sterownych wytwarzanych przez pilota. Franca argumentował to stwierdzeniem, że symulatory przychylonym obrazem na przyrządach powodują złudzenie położenia u pilota, pomimo tego że nie ma wizualizacji [6]. Dzisiejsze symulatory produkowane przez Franca International Flight zdobyły reputację firmy produkującej realistyczne, łatwe w użyciu symulatory i stała się znaną z imienia firma w tej gałęzi przemysłu. Jak dotąd milowym krokiem w technologii wytwarzania symulatorów było nastanie ery komputerów i technologii wideo. Wraz z nadejściem tych technologii narzędzia treningowe zmieniły nazwę na „symulatory”. Około 1951 roku Massachusetts Institute of Technology skonstruował pierwszy interaktywny, komputerowy symulator lotniczy. Komputery mogły teraz wykreślić kurs lotu zgodnie z tym określonym w symulowanym locie statku powietrznego [4].

⁴ W poniższym opisie nie uwzględniono danych odnośnie rozwoju symulatorów w b. ZSRR, z uwagi na brak wiarygodnych materiałów.

Dodatkowo, uzyskano możliwość wytworzenia dynamicznego obrazu na monitorze. Pilot mógł wyglądać poza wymyślony kokpit samolotu, widzieć wizualizację środowiska i wierzyć, że lata gdzieś w przestrzeni powietrznej. Wcześniej do tego zobrazowania używano monitora Cathode-Ray Tube (CRT). Później zewnętrzne środowisko lotu było wyświetlane na ogromnych ekranach lub ścianach dla zapewnienia szerszej perspektywy obrazu panoramicznego. Celem zapewnienia wiarygodnej scenarii zaprojektowano ogromną ilość modeli podstawowych elementów infrastruktury lotniskowej i terenu, występujących w rejonie lotniska. Kamera, kierowana przez symulator mogła przemieszczać się dookoła płaszczyzny lotniska podobnie do samolotu w przestrzeni powietrznej.

Do później, drugiej połowy XX wieku symulatory lotnicze były postrzegane przez większość cywilnego środowiska lotniczego jako swego rodzaju atrakcja. Uwzględniając czynnik związany z kosztami i niepraktyczność, wiele linii i mniejszych organizacji lotniczych często odrzucało użytkowanie symulatorów w celach szkoleniowych. Jednakże w miarę jak coraz więcej dowodów ich użyteczności się pojawiało, komercyjny sektor także zainteresował się tymi urządzeniami i w czasie kryzysu paliwowego w latach siedemdziesiątych symulatory stały się szeroko używanym podstawowym narzędziem w lotnictwie. W rzeczywistości symulatory stały się znane jako nisko kosztowe, alternatywne dla lotów treningowych narzędzie. Nie tylko uważano że symulatory nie wymagają paliwa i tak kosztownej obsługi, ale były rzeczywiście dostępne dla uczniów do szkolenia [6].

W latach osiemdziesiątych systemy wizualizacji poczyniły kolejny milowy krok poprzez zastosowanie bardziej zaawansowanych procesorów i programów. Stare modele były masywne, ciężkie w obsłudze i monitory video były ograniczone problemami konstrukcyjnymi i pamięcią tak, że mogły odnosić się jedynie do zaprogramowanej wcześniej linii drogi. Wprowadzenie Obrazu Generowanego Komputerowo (CGI) dostarczyło możliwość stworzenia obrazu zbliżonego w stopniu wysokim do tego, rzeczywistego z perspektywy samolotu. Z czasem doskonalenie technologii komputerowych czyniło wytwarzane obrazy coraz bardziej realistycznymi [16]. Symulatory te były także w stanie odwzorować skomplikowaną awionikę i systemy zarządzania lotem [6]. Technologie symulacji ruchu i sił z nim związanych także zostały rozwinięte. Jednakże technologia ruchu, jest stosowana jedynie w wysoko rozwiniętych systemach symulacji lotu. Rozwinięcie na początku XXI wieku technologie Head-Up Displays and Helmet Mounted Displays oraz pojawienie się możliwości skorzystania z technologii związanych z tzw. wirtualną rzeczywistością – Virtual Reality, spowodowało, że szkoleniowcy zaczęli postrzegać środowiska generowane przez komputer jako środowisko mocno zbliżone do tego realnego, występującego w czasie lotu. Dodatkowo, zastosowanie HMDs, stereofonicznych słuchawek i sensorów ruchowych powoduje, że użytkownik staje się w pełni pogrążony w doświadczeniu i jest w stanie oddziaływać na środowisko realizacji operacji lotniczej w warunkach mocno zbliżonych do rzeczywistości [2]. Pfeiffer, Horey i Butrimas ocenili poziom porównywalności wykonywania lotów na nowoczesnym symulatorze i samolocie na poziomie $r = 0,98$ [15].

4. WADY I ZALETY SYMULATORA Z PUNKTU WIDZENIA SZKOLENIA I DOSKONALENIA ZAWODOWEGO PERSONELU LATAJĄCEGO

Obecnie symulatory lotnicze, obok statków powietrznych traktowane są jako jedno z zasadniczych narzędzi służących do szkolenia, doskonalenia i utrzymania nawyków personelu latającego. Postrzegane są one także jako wiarygodne narzędzie służące do sprawdzania wiedzy i umiejętności pilota w określonych obszarach eksploatacji statku powietrznego i realizacji operacji powietrznych. Analiza dostępnej literatury i doświadczenia wyniesione przez autora pozwalają stwierdzić, że do zasadniczych zalet symulatorów lotniczych możemy zaliczyć:

1. **Wysoką efektywność szkoleniową** - W testach odnoszących się do pomiaru efektywności szkolenia na symulatorach lotniczych dowiedziono, że szkoleni rozwijają wiedzę i umiejętności praktyczne na poziomie zbliżonym do tego realizowanego na statku powietrznym [7]. Instruktor w czasie szkolenia wskutek braku konieczności nadzorowania fizycznego sterowania samolotem może w pełni skupić się na uczniu i czynnościach wykonywanych przez niego. Nowoczesne symulatory posiadają funkcję rejestracji i zbierania danych z symulowanych operacji powietrznych realizowanych w czasie szkolenia. Daje to możliwość wielokrotnego poddania analizie zgodności parametrów lotu określonych w scenariuszu ćwiczenia z tym, zarejestrowanymi w czasie lotu szkoleniowego.

2. **Optymalizację wykorzystania środków finansowych** - Symulator pozwala na znaczne obniżenie kosztów szkolenia w porównaniu z tymi ponoszonymi przy zastosowaniu statku powietrznego. Przykładowo w ramach szkolenia do poziomu lotów według przyrządów IFR (JAR - FCL 1), gdy zastosowano w stosunku do szkolonego wariant, w którym wykonuje on 35 godzin na symulatorze i 15 na samolocie, koszt szkolenia praktycznego wyniósłby ok. 22. 250 PLN. W przypadku realizacji całości szkolenia na samolocie koszty byłyby o ok. 50% wyższe.⁵ Ponadto szkolenie na symulatorach, w zamian za szkolenie na samolotach pozwala na znaczne oszczędności w reursach samolotu. Uwzględniając szczegółowe analizy relacji koszt – efektywność, Orlansky i String jednoznacznie udowodnili, że koszty zastosowania symulatorów lotniczych w szkoleniu wojskowego personelu latającego stanowią 5% - 20% kosztów tych samych operacji szkoleniowych realizowanych na samolotach szkolno – treningowych. Pozwala to na zmniejszenie kosztów szkolenia lotniczego, średnio o około 12%. Stwierdzili oni także, że komercyjne towarzystwa lotnicze mogą oczekiwać całkowitych kosztów zakupu symulatora w okresie ok. 9 miesięcy, a koszty niezbędnego zaplecza treningowego w okresie ok. 2 lat [14].

3. **Zachowanie wysokich standardów bezpieczeństwa szkolenia.** Z uwagi na konieczność zachowania określonego poziomu bezpieczeństwa w czasie szkolenia, symulatory niekiedy są jedynym sposobem na naukę niektórych manewrów – elementów operacji lotniczych w przypadku pojawienia się niebezpiecznych warunków atmosferycznych (uskok wiatru, turbulencja, oblodzenie, prądy strumieniowe itd.). Realizacja powyższych elementów w czasie lotu szkoleniowego wiązałaby się z wystawieniem szkolonej załogi statku powietrznego na duże niebezpieczeństwo.

⁵ Do powyższej analizy przyjęto koszt lotu na samolocie Cessna – 172 – 1godz./900PLN i symulatorze FNTP II – 1 godz./250 PLN

4. **Dostępność.** Fakt, że zastosowanie symulatora lotniczego w szkoleniu lotniczym nie jest uzależnione od panujących na zewnątrz warunków pogodowych, stanu lotniska, czy też sprawności naziemnych urządzeń zabezpieczenia lotów, pozwala ono na bardziej metodyczne podejście do szkolenia z punktu widzenia czynnika ludzkiego. Ponadto możliwe jest „symulowanie” szczególnych przypadków w locie bez potrzeby oczekiwania na ich wystąpienie w realnym środowisku realizacji operacji powietrznych.

5. **Powtarzalność.** Symulator nie wymaga realizacji pełnego cyklu operacji powietrznej (czynności przedlotowe, start, wykonanie zadania, lądowanie, czynności polotowe) dla omówienia i powtórzenia określonej części ćwiczenia przez szkoleniowego. Pozwala on na powtarzanie każdego elementu lotu przy uwzględnieniu przerwy na wymianę uwag pomiędzy uczniem a instruktorem.

6. **Przewidywalność.** Szkolenie na symulatorze wyklucza wystąpienie takich niebezpiecznych zjawisk jak kolizji w ruchu lotniczym, uskoku wiatru, oblodzenia, pogorszenia pogody, turbulencji, zamknięcia lotniska itp. Oczywiście wszystkie te sytuacje są możliwe do symulacji, ale ćwiczenia tego rodzaju są realizowane przez szkolonego w czasie określonym przez instruktora, stosownie do postępów w szkoleniu.

7. **„Uczenie się na błędach”** – Symulator poprzez nieograniczone możliwości zastosowania szeregu możliwości rozwiązania problemu operacyjnego zaistniałego w czasie lotu, przy „zerowym” poziomie ryzyka pozwala uczniowi na wybór najbardziej optymalnego rozwiązania. Możliwość ta pozwala uczniowi na fizyczne „udowodnienie sobie”, że niektóre rozwiązania uważane przez niego za bardziej użyteczne i bezpieczne od tych zalecanych przez instrukcje czy instruktora, w rzeczywistości operacyjnej nie są dobrym rozwiązaniem i są przez szkolonego raz na zawsze eliminowane.

8. **Wysoki komfort działań szkoleniowych instruktora** – Niewątpliwie atutem symulatora w stosunku do samolotu jest to, że instruktor całą swoją uwagę może skupić na szkolonym i realizowanym przez niego zadaniu. Wyposażenie symulatora w moduł rejestracji parametrów operacyjnych, w tym korespondencji prowadzonej między instruktorem, a szkolonym pozwala na głęboką, wielokrotną analizę elementów lotu, wyciągnięcie stosownych wniosków i metodyczne wypracowanie działań korygujących w stosunku do szkolonego.⁶ W odróżnieniu od lotu szkoleniowego realizowanego w realnym środowisku operacyjnym instruktor nie musi korygować na bieżąco błędów szkolonego i nadzorować sytuacji na pokładzie statku powietrznego oraz środowisku realizacji operacji powietrznej.

9. **Utrwalanie nawyków i właściwego rozłożenia uwagi.** Systematyczne realizowanie ćwiczeń szkoleniowych na symulatorze pozwala na utrwalanie pożądaných nawyków przez szkolonego, a co jest równie istotne pozwala na trwałe opanowanie optymalnego rozłożenia uwagi w poszczególnych fazach realizacji operacji powietrznej. Z kolei początkującemu adeptowi pilotażu pozwala na właściwe opanowanie

⁶ Symulator pozwala na gromadzenie danych lotu w odniesieniu do poziomu zgodności – jako element procesu diagnostycznego, instruktor pilot może porównywać założone kryteria realizacji ćwiczenia z tymi określonymi przez zarejestrowane parametry lotu. Ponadto instruktor może dokonać analizy porównawczej jakości realizowania zadań przez studentów będących na tym samym etapie szkolenia, diagnozowania stanu – posiadając wyniki postępów w szkoleniu, instruktor może głębiej zrozumieć przyczyny błędów popełnianych przez szkolonego i zaproponować mu nowe podejście do elementu danego ćwiczenia, które pozwoli mu na osiągnięcie akceptowalnych wyników, oceny wykonalności – mierzalność jakości wykonania poszczególnych elementów ćwiczeń może być użyta do podniesienia poziomu efektywności szkolenia poprzez zmianę podejścia do szkolenia wybranych elementów ćwiczenia [13].

podstawowych czynności w kabinie związanych z uruchomieniem silnika i pozostałych elementów wyposażenia samolotu. Pozwala to zarówno na oszczędność czasu i obniżenie kosztów szkolenia praktycznego.

10. Wiarygodność jako narzędzia stosowanego przy badaniu przyczyn wypadków lotniczych. Symulatory lotnicze pozwalają na wierne odtworzenia warunków lotu samolotu, sytuacji na pokładzie oraz ocenę działań podjętych przez załogę statków powietrznych w przypadku zaistnienia niepożądanego zdarzenia lotniczego. Wnioski z tych analiz i podjęte działania naprawcze w obszarach związanych z zaistniałym zdarzeniem – pilot-operator, organizacja lotnicza, środowisko, statek powietrzny pozwalają na uniknięcie lub też bezpieczne reagowanie na niepożądane zdarzenia lotnicze w przyszłości.

11. Symulatory mogą służyć do szkolenia w odniesieniu do prototypowych, projektowanych statków powietrznych lub statków powietrznych w których zastosowano nowe rozwiązania (systemy) i realizacja lotów indywidualnych wiąże się z dużym poziomem ryzyka [8].

12. Zastosowanie symulatorów znacznie zmniejsza ilość godzin spędzonych w powietrzu przez szkolonego, co korzystnie wpływa na koszty eksploatacyjne samolotu, koszty związane z użytkowaniem przestrzeni powietrznej i lotnisk kontrolowanych.

Pomimo powyższych zalet, obecnie żaden symulator nie może być określony mianem urządzenia, które jest w stanie zastąpić praktyczne szkolenie w powietrzu. W dalszym ciągu jest on traktowany jako bardzo istotna forma przygotowująca lub uzupełniająca szkolenie praktyczne. Podobnie jak każde inne urządzenie szkoleniowe, w tym samolot, zastosowanie symulatora do szkolenia charakteryzuje szereg wad, do których możemy zaliczyć:

1. Koszt zakupu symulatora - Największą barierą wpływającą na ograniczoną ilość symulatorów dostępnych w naszym kraju jest koszt ich zakupu. Obecnie koszt symulatora FNTP II z ograniczoną ilością symulowanych samolotów i lotnisk do liczby pozwalającej na spełnieniu wymagań JAR – FSTD (A) do realizacji określonych szkoleń, przy wyposażeniu kokpitu w standardowe urządzenia kontroli lotu (tj. nie występują glass kokpity) wynosi ok. 400.00 Euro.

2. Niedostateczny poziom efektu środowiskowego towarzyszącego realnej operacji powietrznej - Szkolony działając w przypadku zagrożenia (niebezpieczne zjawisko pogodowe, awaria systemu pokładowego) nie odczuwa tego samego poziomu stresu co w przypadku zaistnienia tej samej sytuacji w powietrzu. Jednakże, prawidłowe opanowanie czynności związanych z wystąpieniem określonej sytuacji niebezpiecznej na symulatorze pozwala na właściwe jej przeciwdziałanie w powietrzu. Z drugiej strony, zbyt sztywne trzymanie się procedur i niedopuszczanie do wykonywania przez szkolonego "eksperymentów – uczenia się na błędach" przy przeciwdziałaniu niebezpiecznym sytuacjom w ćwiczeniach szkoleniowych powoduje, że przy konieczności reagowania na niestandardową sytuacją w powietrzu, nie jest on zdolny do wyjścia poza wyuczony schemat postępowania, a tym samym często nie jest w stanie właściwie zareagować. Z reguły prowadzi to do niepożądanego zdarzenia lotniczego. Dowodzą temu wyniki badań przeprowadzonych przez zespół badawczy NASA, na podstawie danych z pochodzących

z Aviation Safety Reporting System (ASRS). Posługując się określeniami ⁷ „emergency” i „nonemergency” wyselekcjonowali oni 107 raportów bezpieczeństwa z lotów operacyjnych odpowiadających tym kryteriom i poddali je analizom [3] (tabela nr 1).

Tabela 1. Działanie załóg lotniczych w przypadku zaistnienia na pokładzie statku powietrznego w przypadku zaistnienia zdarzeń typu „emergency” i „abnormal”. [3]

Typ sytuacji awaryjnej/ działania załogi	Emergency – texbook emergency	Abnormal – nontextbook emergency	Razem
Właściwe działanie załogi	19	6	25
<u>Niewłaściwe działanie załogi</u>	<u>3</u>	<u>79</u>	<u>82</u>
Razem	22	85	107

Wyniki badań jednoznacznie wykazały, że w przypadku sytuacji „emergency” załogi lotnicze prawidłowo zareagowały w 19 przypadkach na 22 (86%), natomiast w przypadku sytuacji „abnormal” jedynie w 6 przypadkach na 85 załoga zareagowała prawidłowo (7%).

3. **Krótszy, w porównaniu do rzeczywistości czas trwania lotu** – Zbyt często wybiórcze traktowanie pewnych elementów lotu powoduje, że efekt zmęczenia psychicznego i znużenia występuje z mniejszym nasileniem aniżeli ma to miejsce w powietrzu. Powoduje to, że ciężko jest ocenić odporność szkolonego na działanie w warunkach znużenia czy też zmęczenia psychicznego towarzyszącego z reguły lotom długotrwałym.

4. **Brak wiernego odwzorowania „atmosfery panującej w eterze”, w realnym środowisku operacyjnym** – Często instruktorzy realizując ćwiczenia treningowe na symulatorze mniejszą wagę przywiązują tzw. „atmosfery w eterze”. Powoduje to, że szkoleni z mniejszym doświadczeniem operacyjnym mają trudności w zrozumieniu korespondencji radiowej i realizacji operacji powietrznych w „zatłoczonych” obszarach lotnisk kontrolowanych.

5. PODSUMOWANIE

Symulatory lotu tak różne w stopniu złożoności i wierności odwzorowania środowiska zewnętrznego i wewnętrznego realizacji operacji powietrznej, z coraz bardziej złożonymi i zbliżonymi do realnie występujących systemów umożliwiają zdobywanie szkolonemu umiejętności i doświadczeń coraz bardziej zbliżonych do tych występujących w czasie lotu realizacji operacji powietrznych. Stosunkowo niskie koszty eksploatacyjne w połączeniu

⁷ „emergency – sytuacje awaryjne w instrukcjach operacyjnych s.p. i regularnie ćwiczonych w czasie lotów na symulatorach – texbook emergency”; „abnormal – sytuacje awaryjne nieopisane w instrukcjach operacyjnych statków powietrznych, a tym samym nieuwzględnianych w lotach na symulatorach – non – textbook emergency”

z wysokim poziomem efektywności szkolenia personelu lotniczego, niezależnie od tego jaki rodzaj lotnictwa weźmiemy pod uwagę powoduje, że symulator uważany jest obecnie, obok statku powietrznego, za podstawowe narzędzie treningowe członków załóg lotniczych. Przydatność symulatora jako nowoczesnego narzędzia szkoleniowego potwierdza fakt, że są one obecnie także podstawowych narzędziem szkoleniowym w odniesieniu do kontrolerów ruchu lotniczego i mechaników lotniczych.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bezdek W., Powell R., Mays D., *The history and future of military flight simulators*. AIAA modeling and simulation technologies conference and exhibit -2004, Providence, RI, AIAA Paper 2004-5148
- [2] Blickensenderfer B., Lui D., Hernandez A., *Simulated – based training: Applying lessons learned in aviation to surface transportation modes*, Embry Riddle Aeronautical University 2005, str. 10-13,
- [3] Burian B. K., Barski I., Dismukes K., *The challenge of Aviation Emergency and Abnormal Situations*, Raport przygotowany dla NASA, Ames Research Center (Moffat Field, California: NASA - 2005)
- [4] Caro P. W., *Human Factors in Aviation (pp. 229-261)*, red. E. L. Wiener, D. C. Nagel, *Flight Training and Simulation*, Inc. Academic Press, New York 1988, str. 229-261
- [5] Down S., Petford J., McHale J., *Learning techniques for driver training*. International Review of Applied Psychology, N^o31 / 1982, str. 511-522
- [6] Garrison P., *Flying Without Wings: A Flight Simulation Manual*. Blue Ridge Summit, Inc TAB Books - 1985
- [7] Hays R. T., Jacobs J. W., Prince, C., Salas, E., *Flight simulator training Effectiveness: A meta-analysis*. Military Psychology, N^o 4 / 1992 , str.. 63-74
- [8] Jones E.R., *Simulation applied to education*. Mc Donnell-Douglas Corporation paper. St. Louis, MO: Mc Donnell-Douglas Corporation 1967
- [9] Klich E., Szczygieł J., *Bezpieczeństwo lotów w transporcie lotniczym*, PIB, Radom 2010
- [10] Lansdaal M., Lewis L., Bezdek W., *The history of commercial simulators and the Boeing 777 systems integration lab*. AIAA modeling and simulation technologies conference and exhibit - 2004, Providence, RI, AIAA Paper 2004-5150
- [11] Łomonow B.F., Płatonow K.K., tłum. J. Trelak, *Eksperymentalna psychologia lotnicza*, Warszawa 1984
- [12] JAR-FSTD - A: *Aeroplane flight simulation training devices*, str. 1-B-1
- [13] Moroney W.F., Moroney B.W., *Flight simulation – red. Wice J.A., Hopkin V.D., Garland D.J., Handbook of Aviation Human Factors*, CRC Press Taylor and Francis Group, 2010, str. 19-5.
- [14] Orlansky J., String J., *Cost – effectiveness of flight simulator for military training* (Rep. No. IDA NO. HQ 77-19470), Arlington, VA: Institute for defense Analysis
- [15] Pfeiffer M.G., Horey J.D., Butrimas S.K., *Transfer of simulated instrument training to instrument and contact flight*. International Journal of Aviation Psychology N^o 1, str. 219-229
- [16] Thomas T. G., *From virtual to visual and back?* AIAA modeling and simulation technologies conference and exhibit - 2004, Providence, RI: AIAA Paper 2004-5146
- [17] http://inventors.about.com/cs/inventorsalphabet/a/ed_limk.htm, dn. 11.10.2010r.