

WYKORZYSTANIE SYMULATORÓW W PROCESIE KSZTAŁCENIA LOTNICZEGO SŁUŻB RUCHU LOTNICZEGO

TADEUSZ COMPA*, ANDRZEJ ILKÓW**

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Przedsiębiorstwo Państwowe „Porty Lotnicze”***

Streszczenie

Współcześnie trudno sobie wyobrazić kształcenie lotnicze bez nowoczesnych symulatorów i innych mediów wspomagających nauczyciela – mistrza w procesie przekazywania wiedzy studentom. Kształcenie lotnicze nie może być statyczne i musi być realizowane w dynamicznym środowisku, a tą właściwą dynamikę kształcenia mogą zapewnić odpowiedniej klasy symulatory.

Symulatory wykorzystywane w szkoleniu lotniczym, a do takiego zalicza się szkolenie personelu ATS (Air Traffic Services) muszą spełniać określone wymogi w zakresie możliwości odtwarzania odpowiedniej dynamiki ruchu oraz środowiska lotniczego. Z tego też względu są urządzeniami bardzo drogimi i jest ich na świecie bardzo niewiele. W Polsce specjalizowanymi symulatorami do szkolenia służb ruchu lotniczego dysponuje Polska Agencja Żeglugi Powietrznej oraz Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych w Dęblinie.

Celem artykułu jest przedstawienie organizacji szkolenia personelu ATS w oparciu o rekomendacje Europejskiej Organizacji ds. Bezpieczeństwa Żeglugi Powietrznej (EUROCONTROL), wymagań stawianym symulatorom i innym mediom wykorzystywanym w szkoleniu, a także prezentacja kompleksu symulacyjnego, którym dysponuje WSOSP.

1. WSTĘP

W rankingu najbardziej stresujących zawodów, zawód kontrolera ruchu lotniczego znalazł się na pierwszym miejscu. Można zapytać dlaczego? Przede wszystkim wiąże się to z odpowiedzialnością kontrolera za bezpieczeństwo ludzi znajdujących się w powietrzu, bezpieczeństwo ludzi znajdujących na ziemi i odpowiedzialność za mienie znacznej wartości. Kontroler pracuje w ciągłym napięciu, musi być przez cały czas skoncentrowany a to może rodzić stresy. Warunki pracy kontrolera odbiegają od normalnych: hałas, sztuczne oświetlenie, promieniowanie mikrofalowe, bardzo duża ilość informacji do przetworzenia.

Specyficzne umiejętności i uzdolnienia, które musi posiadać stawiają wysokie wymagania przed procesem szkolenia, które musi przebiegać w warunkach gwarantujących skuteczność.

Szkolenie kontrolerów ruchu lotniczego może być realizowane tylko w certyfikowanych ośrodkach szkolenia lotniczego i przebiega pod nadzorem „władzy lotniczej”. Personel dydaktyczny (wykładowcy, instruktorzy) realizując program szkolenia, szkoląc i oceniając innych, także sami się przy tym uczą. Istnieje zatem swoista interakcja – „szkolony – szkłący”.

Od kandydatów na kontrolerów ruchu lotniczego wymaga się znajomości zagadnień teoretycznych (przepisów, procedur), a przede wszystkim interpretacji tych przepisów. Z kolei odpowiedni trening umożliwi zastosowanie poznanej teorii w praktycznym działaniu. Zatem, zakres szkolenia praktycznego musi być tak zorganizowany by nabyta wiedza i umiejętności przekształciły się w pożądane nawyki.

Aby zostać kontrolerem ruchu lotniczego kandydat musi posiadać pewne wrodzone cechy osobowości (później rozwijane przez odpowiedni trening), opanować niezbędny zakres wiedzy lotniczej i umiejętności zawodowych. Ważne jest także zdobycie umiejętności radzenia sobie ze stresem, który jest przypisany do tego zawodu. Wiedzę lotniczą czerpie się z wykładów, podręczników, instrukcji i innych źródeł. Umiejętności zdobywa się przez wykorzystanie wiedzy w praktyce i ciągły trening. Trenować można na stanowisku operacyjnym, w rzeczywistych operacjach powietrznych i/lub na specjalistycznych symulatorach lotniczych.

Szkolenie w rzeczywistych operacjach lotniczych jest czasochłonne, drogie i nie zawsze przynosi pożądane efekty. Będzie ono bardziej efektywne jeśli kandydat na kontrolera ruchu lotniczego opanuje już podstawowe umiejętności w czasie szkolenia, właśnie, na specjalizowanych symulatorach.

Na stanowisku operacyjnym nie da się realizować szkolenia w pełnym zakresie, np. nie można prowadzić szkolenia związanego z sytuacjami skomplikowanymi i niebezpiecznymi, jakie mogą zaistnieć w ruchu lotniczym. Samolot jest tym środkiem transportu, na który oddziałuje szereg czynników, z siłami natury włącznie. Nikt nie jest w stanie przewidzieć co może się wydarzyć w trakcie lotu, dlatego też zarówno piloci, jak i kontrolerzy ruchu lotniczego muszą być przygotowani na każdą sytuację szczególną. Z tego też względu specjaliści zajmujący się szkoleniem kontrolerów ruchu lotniczego zadawali sobie pytanie: w jaki sposób, przy użyciu jakich metod i narzędzi należy szkolić kandydatów na kontrolerów ruchu lotniczego by byli skuteczni w każdych okolicznościach?

Przed wprowadzeniem symulatorów, w wielu miejscach na świecie, prowadzono szkolenie kontrolerów ATC (*Air Traffic Control*) bezpośrednio na wieży portu lotniczego (kontrolerzy lotnisk) oraz na stanowiskach kontroli radarowej (kontrolerzy obszaru, zbliżania i precyzyjnego podejścia), z wykorzystaniem samolotów. Koszty takiego szkolenia były bardzo wysokie, a efekty nie zawsze proporcjonalne do nakładów.

W odróżnieniu od większości zawodów, wymagających różnych kwalifikacji, kontrola ruchu lotniczego jest zawodem, w którym posiadane umiejętności muszą być przekształcone w nawyki, pozwalające działać szybko i skutecznie, rozwiązywać nawet najbardziej skomplikowane sytuacje w krótkim czasie. Kontroler nie ma czasu na zastanawianie się, sprawdzanie procedur w podręcznikach, czy instrukcjach. Działając w deficycie czasowym, musi podejmować szybkie i prawidłowe decyzje. Pilot będąc w zagrożeniu musi wiedzieć, że nie jest osamotniony, że na ziemi czuwa kontroler, który mu pomoże lub zorganizuje niezbędną pomoc.

Wdrożenie do wykonywania czynności kontrolera ruchu lotniczego jest procesem dość długim, trwa ono ok. 4 lat. Po tym czasie można uznać, że kontroler jest zdolny do samodzielnej pracy. Czas ten można skrócić co najmniej o jeden rok, jeśli część szkolenia zostanie zrealizowana na symulatorach. Symulatory lotnicze pozwalają na kreowanie różnych zdarzeń, nawet takich, z którymi większość kontrolerów ruchu lotniczego nie spotka się w całej karierze zawodowej.

2. PIERWSZE SYMULATORY W SZKOLENIU SŁUŻB ATC

Symulatory to nic innego jak zestawy urządzeń i procesów elektronicznych, które są zdolne realizować narzucony program. W chwili obecnej ponosi się olbrzymie koszty na zbudowanie

takich urządzeń, które byłyby jak najbardziej zbliżone do operacyjnych stanowisk pracy ATC oraz, przy pomocy których można by było rozwiązywać określone sytuacje ruchowe, w sposób zbliżony warunków realnych.

Początkowo kontrola ruchu lotniczego oparta była o meldunki załóg statków powietrznych – kontrola proceduralna. Kontroler ruchu lotniczego na podstawie otrzymywanych od pilotów, drogą radiową, meldunków określał przybliżoną pozycję statków powietrznych i ich wzajemną konfigurację, i na tej podstawie kontrolował separacje oraz monitorował postęp lotu. Stąd też pierwsze symulatory (proceduralne) były bardzo prostymi, mechanicznymi urządzeniami (zobacz fotografia 1).

Symulator proceduralny służył do nauki kontroli proceduralnej, w której wykorzystana była łączność radiowa między pseudopilotem, podgrywającym sytuację, a szkolnym kontrolerem. Wszelkie informacje (meldunki) otrzymane od pilota, jak również zezwolenia i instrukcje wydawane przez kontrolera były odnotowywane na paskach postępu lotu. Usytuowanie pasków w odpowiednim miejscu na tablicy sytuacji ruchowej dawało świadomemu rzeczy kontrolerowi obraz sytuacji powietrznej. Symulator proceduralny był doskonałym narzędziem sprawdzającym wyobraźnię przestrzenną kandydatów na kontrolerów ruchu lotniczego. Osoby, które miały problemy z wyobraźnią przestrzenną były eliminowane z dalszego szkolenia.

Całe urządzenie jest bardzo proste – składa się właściwie z konsol odpowiednio podzielonych na kolumny (beje), w których umieszczane były holdery z paskami postępu oraz środków łączności (w postaci interkomu, symulującego łączność radiową) do komunikowania się z pseudopilotem. Modelowanie sytuacji ruchowej pseudopilotów prowadzą w zasadzie ręcznie, posługując się paskami postępu lotu. Pomimo swojej prostoty, symulator proceduralny pełnił i nadal pełni ważną rolę w procesie szkolenia. Oprócz kształtowania wyobraźni przestrzennej, podzielności uwagi i przewidywania rozwoju sytuacji szkoleni doskonałą umiejętność prowadzenia korespondencji radiowej oraz prowadzenia notacji na paskach. Pracując na symulatorze proceduralnym kandydaci na kontrolerów ruchu lotniczego stykają się po raz pierwszy z elementami działania systemu kontroli, zapoznają się z zależnościami pomiędzy działaniem poszczególnych organów kontroli i przepływem informacji między nimi.



Fot. 1. Symulator proceduralny w Ośrodku Szkolenia Lotniczego na Okęciu
(źródło: K. Kosarzycki, Przygotowanie, szkolenie i doskonalenie zawodowe kontrolerów ruchu lotniczego, praca magisterska, kierowana przez dr. Tadeusza Compe, AON, Warszawa 2004)

Wprowadzenie radaru do służb kontroli ruchu lotniczego oznaczało przejście od kontroli proceduralnej do kontroli pozytywnej (radarowej), w której kontroler ATC jest w stanie dokładnie określić pozycje statków powietrznych, ich wzajemną konfigurację i parametry lotu. Zastosowanie radaru pozwoliło na zwiększenie bezpieczeństwa lotów, zwiększenie przepustowości systemu ATC oraz zmniejszenie separacji między samolotami.

Zastosowanie radaru w służbach ATC¹ spowodowało istotne zmiany w organizacji szkolenia kontrolerów ruchu lotniczego. Istniejące techniki i narzędzia symulacyjne musiały zostać udoskonalone. Koniecznym się stało zbudowanie symulatora radarowego, na którym szkoleni mogliby uczyć się procedur radarowych oraz doskonalić umiejętności w zakresie zapewniania służby radarowej. Symulatory radarowe, które powstały w owym czasie zdolne były wytworzyć od czterech do sześciu celów maksymalnie.

Pierwszy z dużych radarowych symulatorów kontroli ruchu lotniczego został zainstalowany w amerykańskim Narodowym Centrum Doświadczalnym Pomocy Lotniczych w Atlanta City. Wprowadzony do eksploatacji, w latach sześćdziesiątych, symulator był zdolny wygenerować 60 obiektów. Projekt symulatora oparty był na konwencjonalnych układach analogowych, obsługa składała się z 60 pseudopilotów² oraz pewnej liczby instruktorów nadzorujących proces szkolenia. Wkrótce potem, podobny lecz nieco mniejszy system symulacyjny wprowadzony został w Wielkiej Brytanii. Na początku lat 70. uruchomiono nowoczesny symulator do szkolenia kontrolerów ruchu lotniczego w ośrodku szkoleniowym Eurocontrol w Luksemburgu.

Pierwsze symulatory były konstrukcjami skomplikowanymi, tak pod względem mechanicznym, jak i elektronicznym. Zajmowały dużą powierzchnię, a ponadto wymagały angażowania dużej ilości ludzi do ich obsługi.

Rozwój elektroniki umożliwił eliminowanie lamp elektronowych oraz zastąpienie wielu procesów realizowanych przez urządzenia mechaniczne procesami realizowanymi przez bardziej zaawansowaną elektronikę. Możliwym się stało częściowe uproszczenie systemu, a przede wszystkim zmniejszenie jego gabarytów. Zwiększenie możliwości obliczeniowych poprzez zastosowanie komputerów (maszyn cyfrowych jak je wówczas nazywano) pozwalało na rozszerzenie zakresu realizowanych funkcji i obniżenie kosztów eksploatacyjnych. Jednakże zmiany wymagań operacyjnych, polegające na wykorzystaniu informacji z oddalonych radarów pierwotnych i wtórnych, oraz konieczności przetwarzania sygnałów wizyjnych pochodzących z wielu różnych źródeł, a także konieczności przeliczania pozycji i parametrów ruchu z bardzo wysoką dokładnością zadecydowały, że generacja symulatorów mechaniczno-elektryczno-elektronicznych osiągnęła granice swoich możliwości technicznych i niemożliwy stał się ich dalszy rozwój. Zaczęto więc poszukiwać nowych rozwiązań w konstrukcji symulatorów – w oparciu o komputery, pracujące w trybie *real time* i dostarczające informacji, które mogły być natychmiast prezentowane na monitorach (wskaźnikach radarowych lub innych systemach wizualizacji).

3. WSPÓŁCZESNE SYMULATORY W SZKOLENIU KONTROLERÓW RUCHU LOTNICZEGO

Już w latach 70. poprzedniego stulecia symulatory analogowe zaczęto zastępować symulatorami cyfrowymi.

Jeden z pierwszych zintegrowanych symulatorów do szkolenia został zainstalowany w porcie lotniczym Schiphol. Był uważany za „szczyt techniki”, gdyż odzwierciedlał bieżące trendy w szkoleniu kontrolerów ATC. Zastosowano w nim wskaźniki identyczne do tych, jakie znaj-

¹ Pierwsze radary w służbach kontroli ruchu lotniczego zaczęto stosować w połowie lat 50 ubiegłego wieku, a pierwsze symulatory pojawiły się w latach 60.

² Z reguły jeden pseudopilot sterował jednym obiektem.

dowały się na stanowiskach operacyjnych. Systemy łączności, koordynacji i wiele innych elementów funkcjonalnych, a nawet meble były podobne do tych, które znajdowały się na stanowiskach operacyjnych. Do wskaźników symulatora doprowadzona została informacja w postaci mapy wizyjnej, odzwierciedlającej wszystkie elementy przestrzeni powietrznej. Samoloty, zobrazowane w postaci symboli pozycji radarowej, prezentowane były na tle mapy elektronicznej. W ten sposób słuchacz po ukończeniu kursu był w pełni przygotowany do pracy na stanowisku operacyjnym, oczywiście w charakterze kontroler praktykanta. Symulator w Schiphol wymagał tylko czterech „pseudopilotów”, którzy byli w stanie w dowolnej konfiguracji obsługiwać ponad 50 obiektów.

Na początku lat 90. ubiegłego stulecia, Agencja Ruchu Lotniczego zakupiła bardzo nowoczesny symulator radarowy (ACC, APP) zintegrowany z symulatorem wieży firmy *Hughes Training Systems* (obecnie część koncernu *Raytheon*). Rolę wskaźników radarowych i terminali pełnią tu graficzne stacje robocze, wyposażone w monitory o dużej rozdzielczości. Ilość stanowisk można dowolnie konfigurować. Stanowiska są w dużym stopniu zunifikowane – każde z nich może pełnić rolę konsoli radarowej lub pseudopilota. W systemie może funkcjonować jednocześnie pięć ćwiczeń radarowych, każde na kilka sektorów.

Warto zaznaczyć, że Polska posiada spore doświadczenie w budowaniu symulatorów radarowych do szkolenia nawigatorów naprowadzania i kontrolerów ruchu lotniczego. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (ITWL), w latach 80. opracował symulator SKL 9304. Symulator ten został zbudowany w roku 1994 dla portu lotniczego Berlin – Schönefeld. Był wzorowany na poprzedniej generacji sprzętu operacyjnego, o dość ograniczonych możliwościach i pojemności systemu. Zapewnia zobrazowanie wizji analogowej (radar pierwotny) i syntetycznej na klasycznych wskaźnikach radarowych z okrągłym ekranem i obrotową podstawą czasu. Mimo nie najnowszych technologii SKL 9304 posiadał zupełnie przyzwoite parametry pracy i zapewniał możliwość realizacji trzech niezależnych ćwiczeń, każde z własną infrastrukturą. W każdym z ćwiczeń mogło jednocześnie występować około dwudziestu symulowanych samolotów. SKL nie posiadał własnych urządzeń łączności – uczestnicy ćwiczenia posługiwali się konsolami proceduralnymi. Dodatkowo SKL był wykorzystywany jako pomoc dla pseudopilotów w trakcie kursów proceduralnych (wskaźniki kontrolerskie są wtedy nieaktywne).

Symulator typu IKS 80 „OBERON”, będący produktem ITWL, pracuje od 1982 r. do chwili obecnej w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych. Zrealizowano na nim już ponad 200 tys. godzin ćwiczeń, głównie z zakresu naprowadzania na cele powietrzne. Mimo wprowadzenia nowoczesnego symulatora do szkolenia nawigatorów naprowadzania w dalszym ciągu „OBERON” wykorzystywany jest w procesie szkolenia. Jego podstawową zaletą jest prostota obsługi i niezawodność.

4. WYMAGANIA W ZAKRESIE SYMULATORÓW I INNYCH MEDIÓW WYKORZYSTYWANYCH W SZKOLENIU KONTROLERÓW RUCHU LOTNICZEGO

EUROCONTROL sformułowała ogólne wymagania dla „mediów” wykorzystywanych w szkoleniu kontrolerów ruchu lotniczego. Są to na razie wymagania nieformalne. Z posiadanych informacji wynika, iż w ciągu kilku najbliższych lat zostaną sformalizowane wymagania dla symulatorów kontroli ruchu lotniczego, podobnie jak dla symulatorów lotniczych³. Urządzenia, które nie będą spełniać podstawowych wymagań nie będą mogły być wykorzystywane w szkoleniu.

³ Wymagania dla symulatorów używanych w szkoleniu pilotów zostały zawarte w dokumentach Wspólnych Władz Lotniczych.

W działalności szkoleniowej stosuje się szereg mediów, ułatwiających i wspomagających szkolenie. Media, w znaczeniu fizycznym, to środki za pomocą których instruktor lub prowadzący szkolenie udziela instruktażu. Są nimi: symulatory, trenażery specjalizowane, wyposażenie rzeczywiste oraz inne urządzenia treningowe.

Dokument EUROCONTROL: *Simulations Facilities for Air Traffic Control Training*⁴ wprowadza klasyfikację urządzeń służących symulacji, a także prowadzonych z ich wykorzystaniem szkoleń. Zdefiniowanie podstawowych pojęć zakresu mediów jest bardzo istotne zarówno dla organizatorów szkolenia, jak i projektantów systemów symulacyjnych. Przy opracowywaniu założeń taktyczno-technicznych na symulator kontroli ruchu lotniczego dla WSOSP uwzględniono zapisy zawarte w powyższym dokumencie.

Ze względu na znaczenie współcześnie używanych w szkoleniu lotniczym mediów uznano za celowe zaprezentowanie podstawowych pojęć z tego zakresu. W szkoleniu służb ATC wykorzystuje się następujące media:

- **wyposażenie rzeczywiste** (*Real Equipment*) – używane w warunkach operacyjnych (OJT) lub w warunkach nieoperacyjnych (demonstracja lub praca w trybie pasywnym – *shadowing*);
- **symulatory** (*SIM: Simulator*) – urządzenia dające studentowi prezentację ważnych cech sytuacji realnej oraz odtwarzanie warunków operacyjnych, które umożliwia realizację zadań w czasie rzeczywistym;
- **symulatory wysokiej wierności** (*HI FI SIM: High-fidelity Simulator*) – pełnowymiarowe repliki stanowisk kontrolerów ruchu lotniczego, włączając całe wyposażenie oraz oprogramowanie, niezbędne do przedstawienia wypełnianych zadań danego sektora lub stanowiska, np. wieży (w przypadku kontroli lotniska przedstawia również otoczenie zewnętrzne);
- **trenażery specjalizowane** (*PTT: Part-Task Trainer*) – urządzenia do treningu, które pozwalają na szkolenie specyficznych funkcji operacyjnych, niezależnie od innych funkcji, które tutaj nie są odwzorowywane lecz posiadają związek w pracy operacyjnej;
- **inne urządzenia treningowe** (*OTD: Other Training Device*) – urządzenia pozwalające na szkolenie niektórych zadań operacyjnych w warunkach nierealnego odwzorowania wyposażenia operacyjnego; zaliczyć do nich można komputery multimedialne lub stacje robocze, które przystosowane są do pracy samodzielnej lub w małym zespole (sprzęt taki jest standardowo dostępny na rynku i nie jest modyfikowany specjalnie do wymagań ATC).
Stosując symulatory w szkoleniu lotniczym można stosować niżej opisane sposoby nauki:
- **nauka we własnym tempie** (*SELF – Self-paced Learning*) – system nauki/szkolenia, gdzie uczący się jest w stanie kontrolować tempo, w którym pracuje;
- **nauka w tempie regulowanym czasem** (*RSTD – Time-restricted Learning*) – nauka/szkolenie, w trakcie którego projektant ćwiczenia lub instruktor kontroluje tempo w jakim musi pracować nauczany;
- **nauka w czasie rzeczywistym** (*REAL – Real Time*) – szkolenie, w trakcie którego uczeń musi pracować w tempie takim, jak w rzeczywistych operacjach.

Symulacja może być realizowana z wykorzystaniem odpowiednich metod i typów symulacji. Wyróżnia się symulację pełną i symulację prowadzoną.

Symulacja pełna (*SIMUL – Simulation*) – polega na tym, że zachowanie obiektów na ziemi i w powietrzu jest zgodne z decyzjami szkolnego kontrolera ruchu lotniczego i odpowiada warunkom istniejącym w środowisku rzeczywistym. Symulacja zawiera w sobie zawsze: przygotowanie do ćwiczenia (*briefing*), nauka pod nadzorem instruktora (*tutoring*), omówienie wyników ćwiczenia (*debriefing*).

⁴ *Simulations Facilities for Air Traffic Control Training*, EATMP – EUROCONTROL, 2000, s. 7.

Symulacja prowadzona (*GSIMUL – Guided Simulation*) – rozszerzone wzajemne oddziaływanie pomiędzy uczniem i komputerem, w postaci pytań, odpowiedzi, komentarzy, instrukcji i oceny. W założeniu istnieje teoretyczny model, względem którego student jest porównywany.

Co do typów symulacji rozróżnia się: symulację indywidualną, symulację zespołową oraz symulację grupową.

Symulacja indywidualna (*Individual Simulation »IND SIMUL«*) – symulacja pełna, w czasie rzeczywistym, angażująca jednego ucznia.

Symulacja zespołowa (*Team Simulation »TEAM SIMUL«*) – symulacja pełna, w czasie rzeczywistym, angażująca komórkę złożoną z wielu studentów (np. symulacja tylko kontroli zbliżania). Zespół składa się z dwóch lub więcej studentów pracujących razem lub w sposób powiązany.

Symulacja grupowa (*Group Simulation »GROUP SIMUL«*) – symulacja pełna, w czasie rzeczywistym, angażująca wielu studentów lub zespołów pracujących jednocześnie (np. kontrola zbliżania wraz z kontrolą lotniska).

Systematyka i wiedza zawarta w prezentowanym dokumencie EUROCONTROL, służyć ma pomocą nie tylko w prowadzeniu i planowaniu zajęć ale także w ewentualnych inwestycjach związanych z zakupem symulatorów.

5. MOŻLIWOŚCI I WYKORZYSTANIE SYMULATORÓW ATC

Zasadnicze różnice w między symulatorami cyfrowymi i analogowymi przejawiały się w tym, że w systemie analogowym ruch każdego obiektu był liczony oddzielnie i w sposób ciągły, w systemie cyfrowym wszystkie wyliczenia były scentralizowane. Są one dokonywane sekwencyjnie w jednostce centralnej systemu, a czas trwania sekwencji liczony jest w mikrosekundach. Z tego też względu czas potrzebny na uaktualnienie informacji na wskaźniku jest bardzo krótki. Z punktu widzenia kontrolera proces uaktualniania informacji odbywa się w sposób podobny do taśmy filmowej przesuwanej się z prędkością 24 kadrów na sekundę, które oko ludzkie traktuje jako obraz stały. Dokładność zobrazowania pozycji na wskaźniku, określanie parametrów lotu jest znacznie wyższa niż było osiągalne w symulatorach analogowych.

Na symulator składają się trzy grupy urządzeń: interfejs użytkownika, urządzenia techniczne służące do modelowania przestrzeni powietrznej oraz stanowiska kierowania. Interfejsem użytkownika symulatora ATC są konsole kontrolerskie, zbliżone wyglądem i funkcjonalnością do tych, które znajdują na sali operacyjnej Centrum Kontroli Ruchu Lotniczego lub wieży portu lotniczego, a więc środowisko, w którym realizowane jest szkolenie przypomina środowisko pracy. Szkolony wykonuje wszystkie czynności właściwe dla symulowanego stanowiska kontroli.

Stanowiska kierowania natomiast są miejscem pracy ludzi bezpośrednio sterujących przebiegiem ćwiczenia, czyli pseudopilotów. Sterowanie to polega na utrzymywaniu „radiowej” łączności ze szkolonym kontrolerem i sterowaniu wirtualnymi statkami powietrznymi. Sterowanie to jest trochę inne, niż w symulatorze lotu. Pseudopilot „prowadzi” na swoim terminalu do dziesięciu (czasem więcej) samolotów na raz, więc symulowane samoloty przemieszczają się zgodnie z programem (planem lotu) aż do czasu ingerencji pseudopilota. Można uznać, że przebieg lotu zależy od scenariusza ćwiczenia. Wprowadzane polecenia pseudopilota dotyczą wykonania typowych manewrów, jak: zmiany kursu, prędkości, wysokości, kąta przechylenia, osiągnięcie pozycji względem określonego punktu meldunkowego, wykonania holdingu lub podejścia do lądowania.

Można powiedzieć że kontroler na symulatorze widzi czynności pseudopilota jako pilotów kilku samolotów. Ponadto, pseudopilot sprawują funkcje zarządzania parametrami symulo-

wanej przestrzeni (zjawiska meteorologiczne, awarie urządzeń, pojawianie się niezidentyfikowanych obiektów, zniżenie separacji, etc.) oraz przebiegiem symulacji (wstrzymanie lub wznowienie upływu czasu ćwiczenia, odtwarzanie zapisu przebiegu ćwiczenia, itp.).

Współczesny symulator, podobnie jak współczesny system kontroli ruchu lotniczego, oprócz funkcji przetwarzania danych radarowych i prezentowania informacji radiolokacyjnej w postaci surowych sygnałów wizyjnych (błipów) lub w postaci symboli pozycji radarowych, posiada funkcję przetwarzania planów lotów i jednoczesnego drukowania pasków postępu lotu. W tej sytuacji asystent kontrolera nie musi wypisywać ręcznie pasków, gdyż są one drukowane przez drukarkę sprzężoną z komputerem podsystemu FDPS (*Flight Data Processing System*), a więc jest zachowana pełna zgodność informacji zawartych na pasku z informacją zawartą w planie lotu. Wprowadzając FDPS kontroler może bez trudu skojarzyć symbol pozycji radarowej, widoczny na wskaźniku z planem lotu, a więc posiada pełną informację o statku powietrznym, która dostępna jest wskaźnikowi operacyjnemu.

Symulator cyfrowy daje szereg korzyści szczególnie w zakresie architektury systemu, lecz rzeczą najistotniejszą jest zwiększenie możliwości szkoleniowych i zmniejszenie ilości osób zatrudnionych w obsłudze urządzenia. Podczas, gdy w symulatorach analogowych „pseudopilot” mógł sterować jednym lub dwoma samolotami, to „pseudopilot” symulatora cyfrowego może sterować kilkunastoma obiektami. Jego czynności sprowadzają się do reagowania na komendy głosowe szkolonego kontrolera i wprowadzania do komputera danych (za pomocą klawiatury, myszy lub innego manipulatora), które powodują zamiany parametrów ruchu obiektów na ziemi i w powietrzu. Każdy samolot wykonuje manewr zgodny z decyzją szkolonego kontrolera. Niektórzy producenci symulatorów, zamiast stanowisk pseudopilotów, wprowadzili funkcję sterowania głosem. W tego typu rozwiązaniach samolot reaguje na komendy wypowiedziane przez kontrolera.

Współczesny symulator umożliwia zatrzymanie ćwiczenia w dowolnym momencie, omówienia popełnionych błędów, ponowne uruchomienie ćwiczenia i ponowne przećwiczenie wybranego elementu aż do wyeliminowania wszystkich niedociągnięć. Szkolenie w rzeczywistych warunkach może mieć miejsce dopiero wtedy, gdy szkolony opanował podstawowe umiejętności i nabył już pewnej wprawy zawodowej. Szkolenie na stanowisku operacyjnym (OJT – *On-the-job training*) stosuje się w późniejszym etapie – przed dopuszczeniem praktykanta do samodzielnej pracy.

Do treningu w zakresie zapewniania służby kontroli ruchu lotniczego wykorzystuje się symulatory pozwalające tworzyć wymyśloną przestrzeń powietrzną, w której szkoleni mogą ćwiczyć nawet najbardziej skomplikowane sytuacje bez obawy, że spowodują zagrożenie lub zakłócenia w ruchu lotniczym. Ruch lotniczy w takiej przestrzeni jest symulowany według scenariusza ćwiczenia o zaplanowanym stopniu trudności. Pierwsze ćwiczenia charakteryzują się niskim poziomem trudności i mają na celu zapoznanie szkolonego ze środowiskiem pracy, opanowanie podstawowych zasad kontroli oraz przygotowanie do dalszego, bardziej zaawansowanego szkolenia. Realizując szkolenie o określonym stopniu trudności, dostosowanym do możliwości i indywidualnych cech kandydata, nadzorujący instruktor może w każdej chwili wstrzymać przebieg ćwiczenia w celu wskazania błędów i potencjalnych niebezpieczeństw z tego wynikających. Zatrzymanie ćwiczenia może nastąpić także w celu zorientowania się, jaką koncepcję dalszych działań przyjął szkolony.

Zaletą szkolenia na symulatorze jest to, że sytuacja, której rozwiązanie ma spełnić określony cel dydaktyczny jest „na zamówienie”. Dzięki temu symulatory są wykorzystywane zarówno w trakcie szkolenia podstawowego, jak i do przeprowadzania zajęć uzupełniających (odświeżających) z zawodowymi kontrolerami ruchu lotniczego. Ćwiczenia takie mają na celu odświeżenie nawyków i wyeliminowanie praktyk nieprawidłowych – potencjalnie niebez-

piecnych. W ramach szkoleń odświeżających prowadzony jest trening z zakresu postępowania w sytuacjach awaryjnych.

Specyficzną kategorią symulatorów kontroli ruchu lotniczego są „symulatory wieżowe”, zbudowane w oparciu o technikę cyfrową. Ich istotną cechą jest wierność zobrazowania informacji, z możliwością prezentowania pełnej architektury lotniska oraz symulowania wielu zjawisk: od warunków atmosferycznych, poprzez symulowanie kolizji na ziemi i w powietrzu do prezentacji awarii i mechanicznych uszkodzeń samolotu.

W chwili obecnej wizualizację elektroniczną typu „god’s eye”, która charakteryzowała się tym, że pewnych zjawisk nie można było odtwarzać w sposób realistyczny, zastępuje się wizualizacją sferyczną (zobacz fotografia 2), która charakteryzuje się: wysokim realizmem, wysoką elastycznością, pełnym odtworzeniem warunków i zjawisk atmosferycznych oraz pełnym odtworzeniem efektów specjalnych (awarie, kolizje, uszkodzenia).

Innym, często pomijanym, zastosowaniem symulatorów kontroli ruchu lotniczego jest wstępna ocena projektowanych zmian w organizacji ruchu lotniczego, np.: nowych procedur kontroli ruchu lotniczego; nowych procedur podejścia, dolotu, odlotu; weryfikowanie przebiegu tras lotniczych; określania przepustowości sektorów kontroli, przepustowości lotnisk; dyslokacji i wykorzystania urządzeń infrastruktury technicznej. W zajmujących się tą problematyką ośrodkach badawczych używa się specyficznej odmiany symulatorów, tzw. *fast time simulators*, w których bada się wpływ najrozmaitszych czynników na sytuację w powietrzu. Polecenia kontroli należą tu do elementów scenariusza, a ingerencja w czasie takiej symulacji jest dość ograniczona. Po prostu obserwuje się, co z tego wyniknie.



Fot. 2. Symulator z wizualizacją sferyczną
(źródło: M. Gwardiak, Symulatory w szkoleniu lotniczym, materiały z sympozjum)

6. ORGANIZACJA SZKOLENIE KONTROLERÓW RUCHU LOTNICZEGO

Do końca września 2009 roku w Polsce był jeden certyfikowany ośrodek szkolenia kontrolerów ruchu lotniczego – Ośrodek Szkolenia Lotniczego Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej. Od 5 października 2009 r. funkcjonuje drugi – Ośrodek Szkolenia Kontrolerów Ruchu Lotniczego Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych w Dęblinie.

Szkolenie kontrolerów ruchu lotniczego w Polsce, i nie tylko, realizowane jest według międzynarodowych standardów. W Europie standardy szkoleniowe ustala EUROCONTROL.

Oczywiście są to tylko rekomendacje, które państwo może odrzucić wprowadzając swoje standardy, zdefiniowane w krajowym prawie lotniczym. W tej sytuacji należy liczyć się z tym, że licencja narodowa nie będzie uznawana w innych krajach, mimo, iż np. standardy szkoleniowe są zgodne z rekomendacjami zawartymi w *Załączniku Nr 1 (Licencje personelu) do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym*.

EUROCONTROL od wielu lat pracowała nad standaryzacją szkoleń, w wymiarze który jest niezależny od narodowych uwarunkowań. W utworzonym w WSOSP Ośrodku Szkolenia Służb Ruchu Lotniczego przyjęto już rozwiązania rekomendowane przez w/w organizację. Jest to tym bardziej zasadne, ze względu na to iż już wkrótce wchodzi w życie unijne regulacje prawne dotyczące wspólnotowej licencji kontrolera ruchu lotniczego.

Zgodnie ze standardami EUROCONTROL, wszyscy kandydaci do zawodu kontrolera ruchu lotniczego przechodzą szkolenie podstawowe⁵, dające wiedzę niezbędną każdemu kontrolerowi.

Celem szkolenia podstawowego jest przygotowanie kandydatów do rozpoczęcia praktyk na stanowiskach operacyjnym oraz przyszłej pracy na stanowiskach kontrolerów ruchu lotniczego. Po zakończeniu szkolenia teoretycznego przeprowadzany jest wewnętrzny egzamin, potwierdzający przyswojenie wiedzy na odpowiednim poziomie i możliwość podjęcia nauki na symulatorze. Całość programu zapewnia, że jego uczestnik będzie umiał:

- zastosować separacje proceduralne;
- zastosować procedury używane w kontroli ruchu lotniczego;
- zastosować odpowiednie procedury podczas występowania sytuacji szczególnych i niebezpiecznych;
- ocenić prawidłowość stosowania przepisów wykonywania lotów z widocznością (VFR) oraz przepisów wykonywania lotów wg wskazań przyrządów (IFR);
- ocenić prawidłowość stosowania przepisów ogólnych wykonywania lotów;
- zastosować w praktyce, standardową frazeologię lotniczą;
- zapewniać służbę ruchu lotniczego statkom powietrznym wykonującym loty specjalne;
- zastosować procedury, związane z wygenerowaną propozycją rozwiązania konfliktu przez urządzenie pokładowe ACAS;
- ocenić użyteczność informacji przekazywanych załodze statku powietrznego w razie potrzeby zapewnienia asysty nawigacyjnej;
- wypełniać paski postępu lotu;
- korzystać z depech oraz publikacji służby informacji lotniczej;
- opisać zasady współpracy ATC z ATFM oraz narzędzia i metody zarządzania przepływem ruchu lotniczego;
- opisać zasady współpracy ATC z ASM oraz narzędzia i metody zarządzania przestrzenią powietrzną;
- opisać podstawowe zasady teorii lotu statku powietrznego, a także wpływ osiągnięć różnych rodzajów statków powietrznych na przebieg operacji lotniczych z punktu widzenia ATC;
- wyjaśnić zasady zmieniania nastawy wysokościomierza statku powietrznego;
- wyjaśnić podstawowe zasady stosowane w nawigowaniu statkiem powietrznym;
- wyjaśnić podstawowe zasady pracy urządzeń radionawigacyjnych;
- wyjaśnić podstawowe zasady pracy urządzeń stosowanych w tele- i radiokomunikacji;
- wyjaśnić wpływ zjawisk meteorologicznych na operacje statków powietrznych oraz zapewnianie służby kontroli ruchu lotniczego;
- opisać zasadę funkcjonowania i zastosowanie operacyjnego systemu wstępnego przetwarzania planów lotu.

⁵ Proces szkolenia kontrolerów ruchu lotniczego można podzielić na dwa główne etapy; podstawowy i zaawansowany.

Wiedza przekazana podczas tego etapu szkolenia, powinna zapewnić odpowiedni poziom przygotowania do realizacji kolejnych etapów. Należy zaznaczyć, że koncepcja podziału procesu szkolenia na etap wstępny i szkolenie do uprawnień rozwijała się nie bez przeszkód, ale jest to optymalny model szkolenia.

Kandydat przystępujący do szkolenia musi pokonać co najmniej dwa etapy przed przystąpieniem do praktyki:

- *Phase I – Basic Training* (szkolenie podstawowe),
- *Phase II – Rating Training* (szkolenie do uprawnienia).

Po kursie podstawowym kandydaci są kierowani na szkolenie praktyczne. Na tym etapie, do szkolenia praktycznego wykorzystuje się symulatory. Kandydaci na kontrolerów radarowych szkoleni są na symulatorach radarowych. Symulator radarowy jest zespołem urządzeń umożliwiających prezentację symulowanej sytuacji w przestrzeni powietrznej na ekranach typowych wskaźników radiolokacyjnych. W zasadzie ich budowa jest zbliżona do systemu danych radarowych, z tym że dane pozycyjne samolotów i parametry ich ruchu są modelowane przez komputery. Aby praca na symulatorze wyglądała realistycznie, symulacja musi uwzględniać cechy charakterystyczne przestrzeni, takie jak ukształtowanie powierzchni Ziemi, zjawiska pogodowe, drogi lotnicze, lotniska itp. Pod uwagę bierze się również charakterystyki używanych radarów. Wszystkie te rzeczy tworzą infrastrukturę ćwiczenia, czyli środowisko, w którym rozgrywa się scenariusz ćwiczenia. Infrastruktura może odzwierciedlać przestrzeń rzeczywistą albo wirtualną (fikcyjną) – zależnie od przyjętej strategii szkolenia.

K. Kosarzycki prowadząc badania w Agencji Ruchu lotniczego⁶ stwierdził, iż *gdyby praktykanta – kandydata na kontrolera ruchu lotniczego bez żadnego przygotowania praktycznego „posadzić” na stanowisku operacyjnym byłby to akt wyjątkowej nieodpowiedzialności. Zyskalibyśmy światowy rozgłos w negatywnym tego słowa znaczeniu. Bezpieczeństwo ruchu lotniczego obniżyłoby się drastycznie ze względu na:*

- *niskie tempo przetwarzania informacji;*
- *dłuższy czas reakcji na zdarzenia;*
- *jakość decyzji;*
- *podzielność uwagi;*
- *jakość komunikacji.*

Również ekonomika latania pogorszyłaby się istotnie, gdyż:

- *przydzielane poziomy lotów byłyby dalekie od pożądanych;*
- *przydzielane trasy dalekie od optymalnych;*
- *odległości między statkami powietrznymi dalekie od minimalnych;*
- *decyzje nieoptymalne, wykonanie spóźnione.*

Z kolei efektywność szkolenia na stanowisku operacyjnym stałaby pod znakiem zapytania.

Specjaliści zajmujący się problematyką szkolenia służb ruchu lotniczego stwierdzają, że szkolenie na stanowiskach operacyjnych bez szkolenia na symulatorach jest mało efektywne. M. Gwardiak (PAŻP) wymienia podstawowe problemy w szkoleniu operacyjnym, które nie jest poprzedzone szkoleniem na symulatorach (*pre-OJT*). Są to:

- *trema przed mikrofonem;*
- *strach przed konsekwencjami błędu;*
- *presja instruktora;*
- *brak możliwości popełnienia „konstruktywnego błędu”;*
- *brak możliwości ponowienia działania;*
- *brak możliwości zwiększenia ilości dostępnego czasu;*

⁶ Badania w ramach pracy magisterskiej: „Przygotowanie, szkolenie i doskonalenie zawodowe kontrolerów ruchu lotniczego”, AON, Warszawa, 2004.

a także:

- brak możliwości wpływania na „czynniki szkolenia”;
- przypadkowość zdarzeń;
- brak niektórych elementów środowiska pracy.

Rozważając powyższe dochodzi się do wniosku, że początkowe szkolenie praktyczne musi być prowadzone poza stanowiskami operacyjnymi. Zatem symulatory kontroli ruchu lotniczego są niezbędnym elementem systemu szkolenia.

W dydaktyce symulatory szkoleniowe przeznaczone są do kształtowania podstawowych umiejętności i nawyków zawodowych, ich wykorzystanie jest uzasadnione względami ekonomicznymi bądź też bezpieczeństwem. Ich zadaniem jest nauczanie w warunkach najbardziej zbliżonych do przyszłych warunków pracy.

W WSOSP przyjęto, że po zdaniu egzaminów dopuszczających do symulatora, szkolenie przenosi się z sal wykładowych i laboratoriów do pomieszczeń upodobnionych funkcjonalnie do przyszłego miejsca pracy. Praktyka oparta o symulatory trwa około trzech miesięcy (50 do 70 godzin na uczestnika) i podzielona jest na trzy poziomy zaawansowania.

Pierwszy poziom, gdzie ilość symulowanych operacji lotniczych jest niewielka, służy za poznaniu się z funkcjonowaniem systemu kontroli ruchu lotniczego oraz doskonaleniu frazeologii lotniczej.

Drugi poziom, to praca w ruchu o średnim natężeniu, służąca doskonaleniu warsztatu i umiejętności różnorodnego zastosowania separacji.

Poziom trzeci, to działanie w środowisku o dużym natężeniu ruchu lotniczego oraz symulacja sytuacji szczególnych jak, np. utrata łączności, awaria pomocy nawigacyjnych, awaria statku powietrznego, chory na pokładzie samolotu, porwanie, awaria na pokładzie, pożar samolotu, pożar silnika, awaria podwozia, uszkodzenia przyrządów nawigacyjnych, lądowanie z uzbrojeniem, kolizja na pasie, kolizja w powietrzu, np. z ptakami i inne.

7. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KOMPLEKSU SYMULACYJNEGO UŻYTKOWANEGO W WSOSP

W większości przypadków symulatory kontroli ruchu lotniczego budowane są pod indywidualne zamówienie. Nie są to ogólnie dostępne produkty „z półki” gdyż nie ma jednolitego środowiska, w których będą one pracować.

Wymagania taktyczno-techniczne dla symulatora ATC zostały opracowane w Katedrze Nawigacji Lotniczej. Ze względu na potrzeby WSOSP w zakresie systemów symulacyjnych oraz skromne możliwości finansowe MON autorzy wymagań przyjęli śmiało założenie: ***zbudować kompleks symulacyjny, na którym będzie można szkolić kontrolerów ruchu lotniczego (lotniska, zbliżania i precyzyjnego podejścia) oraz wysuniętych nawigatorów naprowadzania lotnictwa (FAC – Forward Air Controller) przy najniższych kosztach zakupu i eksploatacji.*** Uważaliśmy, że łącząc „trzy w jednym” uzyskamy potrzebne symulatory przy znacznie niższych kosztach zakupu niż przy zakupie trzech oddzielnych symulatorów. Również dalsze koszty, związane z eksploatacją kompleksu będą niższe niż w przypadku pojedynczych symulatorów.

Uznaliśmy, że zespół symulatorów musi być zaawansowanym narzędziem umożliwiającym wszechstronne szkolenie kontrolerów ruchu lotniczego, zgodnie z międzynarodowymi standardami oraz wysuniętych nawigatorów naprowadzania lotnictwa, zgodnie ze standardami NATO.

Uznaliśmy też, że symulator ma umożliwiać, zarówno podstawowe szkolenie studentów, jak i doświadczonych kontrolerów, np. w zakresie sytuacji nadzwyczajnych i niebezpiecznych oraz umożliwiać prowadzenie prac projektowych w zakresie procedur lotniczych, czy też modelowania struktur przestrzeni powietrznej.

Koncepcyjnie symulator ATC jest zestawem odpowiednio zgrupowanych stanowisk roboczych różnego typu (zobacz fotografia 3). Na fotografii przedstawiono „moduł wieżowy”, na którym są widoczne:

- stanowisko administratora (instruktora) – na pierwszym planie;
- stanowisko szkolnego kontrolera (z lewej strony, przed monitorami);
- stanowisko asystenta kontrolera (w środku, przed monitorami);
- stanowisko kontrolera ruchu naziemnego (z prawej strony, przed monitorami).

Stanowiska pseudopilotów znajdują się w oddzielnym pomieszczeniu, jednak stanowisko administratora (instruktora) może służyć również jako stanowisko pseudopilota.

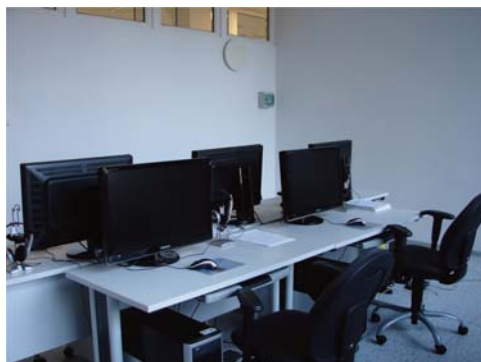
Każde stanowisko instruktora umożliwia przygotowanie i wybór różnych scenariuszy szkoleniowych oraz bezpośrednią kontrolę realizacji szkolenia, a także sterowanie statusami symulowanych radarów i pomocy nawigacyjnych, stanem pogody itp.

Na stanowiskach kontrolerów i asystentów, zarówno modułu wieżowego, jak i radarowych, prezentowana jest aktualna sytuacja w sektorze odpowiedzialności, umożliwiającą wydawanie fonicznych komend pseudopilotom, którzy realizując te komendy dokonują zmian w parametrach lotu samolotów, znajdujących się w sektorze odpowiedzialności, bądź ruchu pojazdów na płycie lotniska.



Fot. 3. Moduł „wieżowy” kompleksu symulacyjnego (fot. T. Compa)

Stanowisko pseudopilota (zobacz fotografia 4) umożliwia wprowadzenie zmian parametrów lotu samolotów znajdujących się w sektorze bądź ruchu pojazdów kołowych na płycie lotniska, w wyniku wydawanych komend przez kontrolera.



Fot. 4. Stanowiska pseudopilotów (fot. T. Compa)

Podstawowy zestaw możliwych funkcji pseudopilota umożliwia: wykonanie manewru zmiany kursu, zmiany prędkości lub poziomu lotu, wykonanie manewru zbliżania, lądowania, przekazanie informacji od jednego pilota do drugiego, operacje związane ze zmianą kodu transpondera, dodanie lub usunięcie samolotu z sektora ćwiczeń i wiele innych. Pseudopilot wykonuje wszystkie te operacje na wykreowanych trasach, które w rezultacie dają na ekranach pozostałych stanowisk wrażenie sytuacji rzeczywistej.

Moduł radarowy (zobacz fotografia 5) składa się z dwóch stanowisk operacyjnych: kontrolera precyzyjnego podejścia (PAR) oraz kontrolera zbliżania (APP).

Stanowiska osób funkcyjnych można grupować w dowolny sposób. Jednakże wydaje się, że najlepsze ich zestawienie, umożliwiające szkolenie wielosektorowe, obejmuje stanowisko nauczyciela i dwie lub więcej grupy stanowisk: kontrolera, asystenta i pseudopilota.

Wszystkie stanowiska realizują odrębne funkcje i dla ich realizacji dostępny jest zestaw funkcji operatorskich. Jednak wspólną cechą wszystkich stanowisk jest taka sama prezentacja sytuacji powietrznej. Co więcej jest ona taka sama jak na stanowiskach pracujących w systemach rzeczywistych.



Fot. 5. Stanowiska radarowe: PAR (z lewej) i APP (z prawej), w środku stanowisko asystenta APP (fot. T. Compa)

System operacyjny. Od rodzaju i jakości systemu operacyjnego zależy praca symulatora i jego możliwości. W symulatorach lotniczych i innych symulatorach wykorzystywanych w szkoleniu stosuje się systemy operacyjne typu rozproszonego, działające w czasie rzeczywistym.

Systemem czasu rzeczywistego nazywamy taki system komputerowy, którego działanie odbywa się równolegle z przebiegiem procesu zewnętrznego. Głównymi funkcjami takich systemów są: kontrola, sterowanie i terminowa reakcja na zachodzące w procesie zdarzenia. W systemach symulacyjnych pojęcie czasu rzeczywistego związane jest z krokiem symulacji. Symulator kontroli ruchu lotniczego jest klasycznym systemem czasu rzeczywistego, ponieważ musi on współdziałać z elementami realnego systemu i szybkość symulacji musi być zgodna z szybkością przebiegu procesów fizycznych. Współdziałanie symulatora z systemem rzeczywistym polega na wymianie danych i sterowania. Każdy symulowany proces fizyczny posiadający charakter ciągły (np. ruch samolotu w przestrzeni powietrznej) musi być symu-

lowany ze ściśle określonym krokiem czasowym, którego wartość jest zdefiniowana w założeniach systemu przez jego projektantów. Wielkość kroku czasowego musi być kompromisem pomiędzy dokładnością odwzorowania pracy danego obiektu fizycznego a złożonością obliczeniową (kosztami) jego symulacji.

Symulowane procesy fizyczne w systemie kontroli ruchu lotniczego możemy podzielić ze względu na szybkość ich przebiegu na trzy rodzaje:

- **procesy szybkozmiennie** (np. sygnały radarowe), dla których krok symulacji jest rzędu części mikrosekundy i dlatego nieopłacalne jest ich obrabianie bezpośrednio w komputerze, symulacja tego typu procesów odbywa się w specjalizowanych urządzeniach zewnętrznych;
- **procesy średniozmiennie** (np. lot samolotu), gdzie krok symulacji jest rzędu sekundy i symulacja realizowana jest za pomocą odpowiedniego programu komputerowego;
- **procesy wolnozmiennie** (np. ruch chmur), których krok symulacji jest rzędu kilku minut i symulacja jest realizowana w komputerze.

Przedstawiony powyżej podział ilustruje sposób, w jaki szybkość zachodzenia zdarzeń w procesie fizycznym determinuje metodę i miejsce jego symulacji. Odwzorowanie rzeczywistej szybkości przebiegu zdarzeń jest szczególnie ważne w przypadku systemów szkoleniowych, albowiem celem treningu jest wyrobienie prawidłowych reakcji u osób szkolonych w warunkach rzeczywistego tempa zmian procesów zewnętrznych sprzężonych z obiektami systemu rzeczywistego.

Uruchomiony w październiku 2009 r. kompleks (zespół) symulatorów jest podstawowym narzędziem umożliwiającym realizację szkolenia praktycznego – poprzedzającego szkolenie OJT. W skład kompleksu symulacyjnego wchodzi n/w stanowiska:

- stanowisko kontrolera lotniska (TWR);
- stanowisko asystenta kontrolera lotniska;
- stanowisko kontrolera ruchu naziemnego (GND);
- stanowisko instruktora TWR;
- stanowisko (terminal) obsługi planów lotów;
- stanowisko wysuniętego nawigatora naprowadzania lotnictwa (FAC);
- stanowisko operatora laserowego wskaźnika celów;
- stanowisko instruktora – FAC Instruktor;
- stanowisko kontrolera zbliżania (APP);
- stanowisko asystenta kontrolera zbliżania;
- stanowisko instruktora APP;
- stanowisko kontrolera precyzyjnego podejścia (PAR);
- stanowisko instruktora PAR;
- wynośny moduł dydaktyczny;
- stanowiska pseudopilotów.

Zespół urządzeń do szkolenia kontrolerów ruchu lotniczego składa się z dwóch zintegrowanych ze sobą modułów: radarowego (APP, PAR) i wieżowego (TWR, GND). Każde stanowisko operacyjne jest wyposażone w odpowiednie panele, które znajdują w realnym środowisku pracy, przy ich pomocy szkolony i instruktor mogą dokonywać zmian w otoczeniu. Każde stanowisko posiada niezbędne wyposażenie umożliwiające realizację ćwiczenia (słuchawki, fotele obrotowe, oprogramowanie, instrukcje, materiały eksploatacyjne, narzędzia).

Stanowisko do szkolenia kontrolerów lotniska (TWR, GND) jest wyposażone w:

- wielkoformatowe wskaźniki o przekątnej 52", prezentujące trójwymiarowy obraz (3D) lotniska i przestrzeni powietrznej nad lotniskiem w zakresie widzialności: 240° w płaszczyźnie poziomej (w lewo i w prawo) oraz ok. 70° w płaszczyźnie pionowej;
- wskaźnik panoramiczny (monitor 21") do prezentowania informacji z radaru obserwacji płyty lotniska;

- panel sterowania łącznością (radiostacjami lotniczymi, łącznością przewodową, intercomem) oparty na VCS;
- panel sterowania pomocami radionawigacyjnymi i oświetleniem lotniska (monitor 21");
- panel sterowania urządzeniami hamującymi;
- monitor (21") do prezentacji wyników obserwacji pogody lokalnej dostarczanej przez stację meteorologiczną (podstawa chmur, widzialność, kierunek i prędkość wiatru, wartość ciśnienia QNH i QFE);
- terminal ATIS, umożliwiający wprowadzanie komunikatów za pomocą klawiatury komputera ;
- monitor (21") do podglądu sytuacji powietrznej w rejonie lotniska (podgląd z radaru kontroli rejonu lotniska);
- tablicę sytuacji ruchowej (beje proceduralne) do nauki kontroli proceduralnej z wykorzystaniem pasków postępu lotu.

Stanowisko do szkolenia FAC (zobacz fotografia 6) jest wyposażone w:

- wielkoformatowe wskaźniki do zobrazowania potencjalnego rejonu działań Taktycznego Zespołu Kontroli Obszaru Powietrznego (TZKOP) umożliwiające realizację naprowadzeń z małych i dużych wysokości, w dzień i w nocy, w różnych warunkach atmosferycznych i w warunkach pola walki;
- laserowy wskaźnik celów.



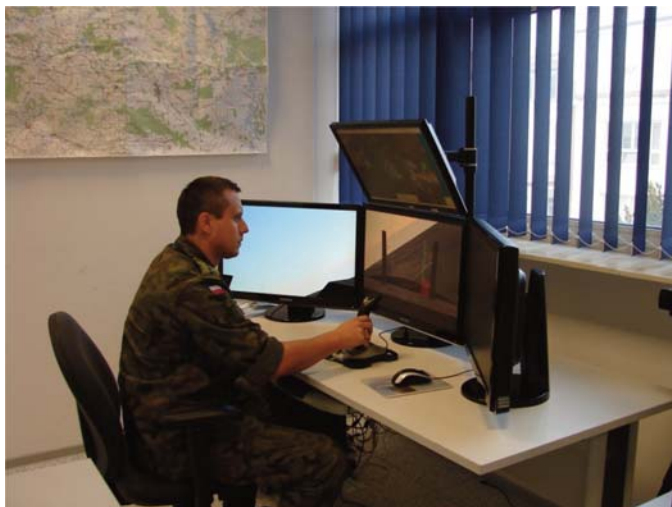
Fot. 6. Zobrazowanie potencjalnego obszaru działań TZKOP na wskaźnikach modułu FAC (fot. T. Compa)

Sterowanie obiektami pola walki odbywa się z oddzielnego stanowiska pseudopilota (zobacz fotografia 7), które może jednocześnie być wykorzystane w czasie zgrywania zespołu „pilot – FAC” w ramach CAS (*Close Air Support*).

Na wskaźnikach pseudopilota istnieje możliwość prezentacji obrazu widzianego, oczami pilota, z kokpitu samolotu. Jest to istotne w przypadku szkolenia pilotów w zakresie CAS oraz zgrywania zespołu: „FAC – pilot”. Należy zaznaczyć, że stanowisko administratora (instruktora) może być także stanowiskiem pseudopilota).

Stanowisko do szkolenia FAC stanowi oddzielny element kompleksu symulacyjnego i jest wyposażone w panele wizyjne umożliwiające zobrazowanie hipotetycznego pola walki (3D).

Zobrazowanie na wielkoformatowych monitorach umożliwia prezentację terenu otwartego, zurbanizowanego, górskiego, wodno-lądowego – z wszystkimi elementami charakterystycznymi dla danego środowiska.



Fot. 7. Stanowisko pseudopilota modułu FAC (fot. T. Compa)

Stanowisko do szkolenia kontrolerów zbliżenia jest wyposażone we:

- wskaźnik panoramiczny, rastrowy o przekątnej 27" z mapą elektroniczną zawierającą podstawowe elementy przestrzeni powietrznej;
- monitor podglądu danych meteorologicznych o przekątnej 21";
- tablicę sytuacji ruchowej do sprawowania kontroli proceduralnej z kompletem standardowych holderów;
- panel sterowania środkami łączności;
- moduł sygnalizacji pracy systemów instrumentalnego podejścia do lądowania (ILS, VOR, DME, NDB).

Stanowisko do szkolenia kontrolerów precyzyjnego podejścia (zobacz fotografia 8) jest wyposażone we:

- wskaźnik panoramiczny, rastrowy o przekątnej 27" z wprowadzoną elektroniczną ścieżką zniżania i ścieżką kursu;
- monitor podglądu danych meteorologicznych o przekątnej 21";
- panel sterowania środkami łączności.

Na każdym stanowisku istnieje możliwość wykonywania niezależnych operacji oraz realizowania współpracy z innymi stanowiskami operacyjnymi (nie dotyczy FAC). Każde stanowisko szkolne posiada wyposażenie adekwatne do wyposażenia stanowisk operacyjnych znajdujących się na wieży portu lotniczego.

Symulator zapewnia możliwość rejestracji ćwiczenia (wraz komunikacją głosową), odtwarzania ćwiczenia, zatrzymania odtwarzania w dowolnym momencie oraz powtarzania ćwiczenia od określonego momentu aby wykazać, a następnie eliminować błędy popełnione przez szkolnych.

System łączności zapewnia prowadzenie korespondencji fonicznej pomiędzy osobami szkolonymi, instruktorami i pseudopilotami, którzy realizują komendy szkolonych w czasie rzeczywistym, dokonując zmian w parametrach lotu samolotów bądź ruchu pojazdów. System

łącności zapewnia funkcje gorącej linii pozwalającej na bezpośrednią łączność pomiędzy stanowiskami roboczymi z pominięciem wykorzystywanych kanałów łączności. Komunikacja między szkolonymi a pseudopilotami odbywa się z wykorzystaniem słuchawek oraz urządzeń głośnomówiących.



Fot. 8. Stanowisko kontrolera precyzyjnego podejścia: z prawej strony widoczny wskaźnik radaru GCA 200, z lewej wskaźnik informacji pogodowej (fot. T. Compa)

Symulator składa się w trzech zasadniczych modułów: wieżowego, radarowego oraz modułu FAC.

Moduł wieżowy posiada niżej opisane właściwości użytkowe:

1. Umożliwia zobrazowanie statków powietrznych, z którymi kontroler będzie miał kontakt i zapewnia realistyczny widok z wieży na otoczenie (zapewnia widoczność samolotu w odległości ok. 5 km – przy dobrej widoczności). Oprogramowanie systemowe symulatora posiada bazę danych o samolotach znajdujących się na wyposażeniu lotnictwa wojskowego i cywilnego krajów NATO.
2. Posiada możliwość zobrazowywania pojazdów, które są powszechnie użytkowane na lotniskach wojskowych i cywilnych: ciężarówki, holowniki, pojazdy typu „follow-me”, pojazdy naprawy, pojazd oświetlające drogi startowe, wozy szybkiego reagowania (karetki, samochody gaśnicze, półciężarówki), pług śnieżny, wozy konserwacyjne, wozy naprawy drogi startowej. Oprogramowanie systemowe umożliwia rozpoznawanie tych pojazdów z odległości ok. 3 km, przy dobrej widoczności. Zapewniona jest możliwość uzupełnienia bazy o nowe pojazdy wprowadzane na wyposażenie lotnictwa.
3. Posiada możliwość programowania operacji taktycznych i zmieniających się formacji bojowych podczas lotu. Oprogramowanie umożliwia szybkie dokonywanie zmian w parametrach

lotu samolotów, przede wszystkim ich prędkości oraz zachowania w różnych fazach lotu. Warunki symulacji parametrów lotu odpowiadają osiągom samolotów wojskowych i cywilnych oraz śmigłowców, z którymi stykają się kontrolerzy w praktyce operacyjnej. Istnieje możliwość programowania szyków, dokonywania zbiórek, rozpuszczenia samolotów, działania typu: opuszczenie i wejście do formacji, symulowane gaszenie pożaru oraz różne inne procedury awaryjne.

4. Pozwala na szybką zmianę scenariuszy sytuacji awaryjnych, które wymagają od osoby szkolonej odpowiedniej reakcji z zakresu ratownictwa w powietrzu i na ziemi. Oprogramowanie umożliwia symulowanie lądowania awaryjnego samolotów wojskowych i cywilnych oraz działanie służb ratowniczych. Oprogramowanie umożliwia odwzorowywanie niebezpieczeństw związanych z lotem, jak również inne zagrożenia, np. ze strony ptaków, warunków atmosferycznych itp.
5. Pozwala zobrazować pełne otoczenie lotniska, w tym: konfigurację dróg startowych i dróg kołowania, płyt postojowych, płaszczyzny uzbrajania samolotów, podstawowe wyposażenie lotniska (pomoce nawigacyjne, przeszkody, itd.), naturalną rzeźbę terenu otaczającego lotnisko, obiekty wybudowane przez człowieka (hangary, domek pilota itd.) oraz przeszkody widziane z wieży. Model przestrzenny (3D) lotniska oraz terenu pozwala oglądać powierzchnie lotniska pod dowolnym kątem i z dowolnego poziomu.
6. Odzwierciedla realistycznie pory roku, pory doby oraz warunki pogodowe, w tym zmieniające się warstwy chmur, różne poziomy widzialności poziomej i pionowej, zmieniające się warunki pogodowe, informacje o wietrze, warunki panujące na drodze startowej. Ponadto, odzwierciedla wygląd skupisk chmur oraz typowe zjawiska związane z różnymi konfiguracjami chmur, np.: warstwę chmur nierozwijającą się, opady atmosferyczne o małej intensywności, chmury powodujące silne opady i burze z piorunami.
7. Posiada zdolność do zmiany widzialności obiektów, w zależności od intensywności oświetlenia spowodowanego np. rozwojem zachmurzenia, opadami, pojawianiem się mgieł.
8. Odzwierciedla warunki panujące na drodze startowej i wszelkie działania z tym związane, jakie mogą na niej zaistnieć podczas wystąpienia opadów deszczu, śniegu, marznącej mżawki itp. Należą do nich: mokra droga startowa, zbity śnieg, lód, luźny śnieg i inne warunki powodujące zagrożenie dla statku powietrznego. Warunki pogodowe z obserwacji meteorologicznych prezentowane są na oddzielnym monitorze.
9. Umożliwia zobrazowanie informacji z uwzględnieniem pór doby, aby kontroler mógł przeprowadzać trening w realistycznym środowisku. System odzwierciedla sytuację w różnych porach doby: w ciągu dnia, zmierzchu, nocy i świtu wraz z oświetleniem wstępującym w tych porach.
10. Udostępnia „widok z lornetki” ze wszystkich stanowisk. „Widok z lornetki” umożliwia sprawdzenie wysunięcia podwozia i kłap samolotu oraz uszkodzeń płatowca spowodowanych użyciem uzbrojenia, kolizją z ptakami lub innym statkiem powietrznym. Zbliżenie robione lornetką odpowiada standardom dla kontrolera ruchu lotniczego z powiększeniem 10x50.

Moduł radarowy składa się z dwóch stanowisk operacyjnych (APP i PAR) i umożliwia szkolenie kontrolerów zbliżania proceduralnych, kontrolerów zbliżania radarowych, asystentów APP, kontrolerów precyzyjnego podejścia (PAR) oraz asystentów.

Symulator kontroli zbliżania charakteryzuje się opisanymi niżej właściwościami użytkowymi.

1. Umożliwia generowanie sygnałów radiolokacyjnych radaru pierwotnego – PSR (*Primary Surveillance Radar*) oraz sygnałów radiolokacyjnych radaru wtórnego – SSR (*Secondary Surveillance Radar*). Istnieje możliwość pracy tylko na zobrazowaniu pierwotnym lub tylko zobrazowaniu wtórnym lub zobrazowaniu pochodzącym zarówno z PSR, jak i SSR.

2. Umożliwia inicjowanie początkowego położenia ruchomych obiektów powietrznych w dowolnych punktach wirtualnej przestrzeni powietrznej opisanych współrzędnymi geograficznymi lub współrzędnymi biegunowymi względem stacji. Generowane w komputerze imitatora i zobrazowane na ekranach wskaźników ruchome obiekty charakteryzuje się pełnym odwzorowaniem parametrów lotu – obiekty aktywne, częściowym odwzorowaniem właściwości lotno-taktycznych – obiekty nieaktywne.
3. Zasięg widzialności na obserwacji pierwotnej wynosi ok. 60 NM, a na obserwacji wtórnej ok. 100 NM. Wysokość wykrywania i śledzenia obiektów – do 20.000 m.
4. Zobrazowanie informacji radiolokacyjnej na wskaźniku prezentowane jest w postaci:
 - *blipów* – informacja z radaru pierwotnego;
 - symboli pozycji radarowej z etykietą – informacja z radaru wtórnego;
 - skorelowanych blipów z symbolami pozycji radarowej z etykietą – informacja z PSR i SSR.
5. Etykieta zawiera: znak rozpoznawczy statku powietrznego (*call sign* lub kod transpondera), wysokość (poziom lotu), wektor prędkości, historię lotu (śląd pięciu ostatnich pozycji).
6. Na wskaźniku naniesiona jest mapa elektroniczna, którą instruktor może dowolnie modyfikować oraz siatka odległości i azymutów. Ponadto, istnieje graficzny edytor map pozwalający dowolnie modyfikować mapę.
7. Zakres skalowania wskaźnika od 10 NM do zasięgu maksymalnego, co 10 NM, z możliwością zmiany środka zobrazowania. Wskaźnik jest wyskalowany w jednostkach układu SI oraz angielskich. Instruktor ma możliwość wybierania jednostek miar.
8. Symulator kontroli zbliżania umożliwia określanie pozycji statków powietrznych według współrzędnych geograficznych, względem pomocy nawigacyjnych, punktów meldunkowych oraz znaczących obiektów terenowych.
9. Symulator kontroli zbliżania posiada niżej wymienione funkcje:
 - umożliwia dokonywanie automatycznej koordynacji (funkcja: *hand – off*);
 - sygnalizuje dublowanie się kodów SSR;
 - sygnalizuje zaniżenie separacji;
 - sygnalizuje użycie kodów alarmowych;
 - zobrazowuje występowanie i przemieszczanie się chmur burzowych, intensywnych opadów i innych niebezpiecznych zjawisk pogodowych;
 - umożliwia wprowadzanie zakłóceń spowodowanych warunkami atmosferycznymi, odbiciami od obiektów stałych oraz spowodowanych przeciwdziałaniem radioelektronicznym (użycie użyciem folii, dipoli etc).
10. Oprogramowanie symulatora zapewnia generowanie i prezentację na wskaźnikach grafiki o współrzędnych zadanych przez instruktora lub ćwiczącego.
11. Obsługa wskaźnika odbywać się z pomocą przyjaznego interfejsu graficznego.

Symulator kontroli precyzyjnego podejścia (PAR) charakteryzuje się następującymi parametrami oraz właściwościami:

 1. Zasięg wynosi więcej niż 15 NM, kąt nachylenia ścieżki zniżania -1° do $+7^\circ$ z możliwością płynnej regulacji, sektor pokrycia w azymucie 15° w lewo i w prawo od osi.
 2. Zobrazowanie statku powietrznego na wskaźniku w postaci blipu z etykietą. Etykieta zawiera identyfikator lotu, wysokość według QNH lub QFE, historię lotu (pięć ostatnich pozycji). Wielkość blipu uwzględnia rzeczywistą wielkość statku powietrznego (powierzchnia odbicia).
 3. Na wskaźniku zobrazowane są: zakres pokrycia systemu w elewacji, miejsce ustawienia radaru, punkt przyziemia, linia wysokości decyzji, linia ścieżki zniżania, linia minimalnej wysokości bezpiecznej, linia wysokości przyziemia, znacznik informacji o systemie, znacznik zasięgu, przeszkody terenowe, niebezpieczne zjawiska pogodowe (chmury burzowe, opady), kontrolowana oś drogi startowej, przedłużenie osi drogi startowej.

4. Wskaźnik wyskalowany jest w jednostkach układu SI oraz angielskich. Instruktor dokonuje wyboru używanych jednostek miar.

5. Symulator zapewnia:

- sygnalizowanie użycia kodów alarmowych;
- sygnalizowanie przekroczenia wysokości bezpiecznej;
- sygnalizowanie zniżania poniżej wysokości decyzji;
- sygnalizować wyjście samolotu poza ścieżkę kursu;
- wprowadzanie zakłóceń spowodowanych warunkami atmosferycznymi, odbiciami od obiektów stałych, etc.

Imitator łączności, oparty na VCS, imituje pracę wielokanałowej radiostacji oraz łączność telefoniczną pomiędzy ćwiczącymi. Umożliwia on:

- wybieranie odpowiednio – jednego z kilkunastu – kanału łączności radiowej;
- wywołanie pseudopilota i nawiązanie z nim łączności;
- wybranie jednego z dwóch rodzajów pracy głośnik – mikrofon lub zestawu słuchawkowo-mikrofonowego;
- regulację poziomu głośności odbieranych sygnałów fonicznych;
- wprowadzenie zakłóceń charakterystycznych dla prowadzenia korespondencji „ziemia-samolot”;
- rejestrację i odtwarzanie prowadzonej korespondencji.

Symulator ma umożliwiać symulowanie różnych sytuacji szczególnych, które mogą powstać w czasie lotu, np. takich jak: kolizja z innym statkiem powietrznym w powietrzu, kolizja z przeszkodą na polu manewrowym lotniska, wytoczenie się samolotu poza drogę startową, uszkodzenie opony podczas startu, uszkodzenie opony podczas lądowania, uszkodzenie hamulców, utrata kierunku podczas startu, utrata kierunku podczas lądowania, awaria silnika statku powietrznego w rejonie lotniska, uszkodzenie systemów sterowania samolotem, lądowanie z uszkodzonym podwoziem, lądowanie bez klap, lądowanie na resztkach paliwa, utrata łączności ze statkiem powietrznym, awaria systemów (przyrządów) pilotażowo-nawigacyjnych na pokładzie statku powietrznego, lądowanie z podwieszonym uzbrojeniem, pojawienie się przeszkody na drodze startowej, lądowanie na uszkodzonej drodze startowej, lądowanie na drodze kołowania, lądowanie na trawiastej części lotniska, pożar silnika, pożar samolotu, zasłabnięcie załogi, utrata orientacji przestrzennej, utrata orientacji geograficznej, awaryjne zniżanie samolotu, dehermetyzacja kabiny na dużej wysokości, działanie służb lotniskowych w przypadku lądowania porwanego samolotu, działanie lotniskowych służb ratowniczych w różnych sytuacjach zaistniałych w czasie lotu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Compa T. i Zespół: *Wymagania taktyczno-techniczne symulatora kontroli ruchu lotniczego*, Dęblin, 2007.
- [2] Grzegorzewski M., Compa T.: *Adaptacja symulatora kontroli ruchu lotniczego do potrzeb szkoleniowych specjalistów lotniczych w WSOSP*, Dęblin, 2008.
- [3] Hawryluk A., Gwardiak M.: *Rola symulatorów w szkoleniu kontrolerów ruchu lotniczego*, Materiały z seminarium „Symulatory w lotnictwie, nowe technologie”, Warszawa – Dęblin, 2008.
- [4] Kosarzycki K.: *Przygotowanie, szkolenie i doskonalenie zawodowe kontrolerów ruchu lotniczego*, Praca magisterska kierowana przez dr. Tadeusza Compe, AON, Warszawa, 2004.

- [5] *Simulations Facilities for Air Traffic Control Training*, EUROCONTROL, 2000.
- [6] *Guidelines for Common Core Content and Training Objectives for Air Traffic Controllers Training (Phase 1: Revised)*, EATMP – EUROCONTROL, 2001.
- [7] *Guidelines for Refresher Training for Air Traffic Controllers*, EATMP – EUROCONTROL, 2003.

TADEUSZ COMPA, ANDRZEJ IŁKÓW

USAGE OF SIMULATORS IN THE PROCESS OF AERONAUTICAL EDUCATION OF THE AIR TRAFIC SERVICES

Abstract

Contemporarily is difficult to imagine air education without the modern simulators and other medias helping of teacher – master in the process of the knowledge transmission to students. Air Education cannot be static and must be realized in the dynamic environment, but this proper education dynamics can assure simulators of the appropriate class.

Simulators used in aeronautical education, to the training of the ATS (Air Traffic Services) personnel, must fulfil definite requirements in the range of the possibilities of the creation of appropriate dynamics of movement and of aeronautical environment. From this they belong to a group of a very expensive equipment and there are not many of them in the world. In Poland specialized simulators to the training of the air traffic services are at disposal of Polish Agency of Air Trafic and The High Officer's School of Air Forces in Deblin.

The goal of this article is a presentation of organization of the training of the ATS personnel on the basis of the recommendations of The European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), presentation of simulators and other media used in the training demands, but also the introduction of simulation complex, which WSOSP has at disposal.