AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

MATERIAŁY DO PRZEDMIOTU

ZAUTOMATYZOWANE SYSTEMY KONTROLI RUCHU LOTNICZEGO I PRZESTRZENI POWIETRZNEJ

Wybrane problemy

DLA STUDENTÓW
ZAOCZNYCH STUDIÓW MAGISTERSKICH
KIERUNEK LOTNICTWO
WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

55864

WARSZAWA

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 55864
Akademii Obrony Narodowej

Andrzej FELLNER

MATERIAŁY DO PRZEDMIOTU

ZAUTOMATYZOWANE SYSTEMY KONTROLI RUCHU LOTNICZEGO I PRZESTRZENI POWIETRZNEJ

Wybrane problemy

DLA STUDENTÓW ZAOCZNYCH STUDIÓW MAGISTERSKICH
KIERUNEK LOTNICTWO
WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

WARSZAWA 2003

Druk i oprawa: Akademia Obrony Narodowej – Wydział Wydawniczy, zam. nr 506/2003

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie 5
1. Definicje podstawowych terminów oraz skrótów powszechnie stosowanych w procedurach lotniczych 10
1.1. Definicje podstawowych terminów stosowanych w niniejszym podręczniku – definitions of principal terms used in this manual 11
1.2. Skróty powszechnie stosowane – commonly used abbreviations 34
2. Analiza systemów i pomocy nawigacyjnych pod kątem kompatybilności i interoperacyjności z European Radionawigation Plan, ICAO, NATO 40
2.1. Europejski Radionawigacyjny Plan - European Radionavigation Plan (ERNP) 42
2.2. Analiza systemów lotniczych pod kątem kompatybilności i interoperacyjności ICAO/NATO 50
3. Zautomatyzowane systemy kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej w „AIR TRAFFIC MANAGEMENT STRATEGY FOR THE YEARS 2000+" 59
4. Ogólna charakterystyka europejskiego zautomatyzowanego systemu zarządzania ruchem lotniczym 72
5. Charakterystyka polskiego zautomatyzowanego systemu zarządzania ruchem lotniczym 110
6. Transpondery w zautomatyzowanych systemach kontroli przestrzeni powietrznej 127
7. Mod S w zautomatyzowanych systemach 148
8. Zbieranie, kodowanie, transmisja i archiwizacja danych w lotniczych systemach 158
9. System ACAS II W Programie EUR RVSM 194
10. Zautomatyzowane systemy przetwarzania planów lotów 222
11. Zautomatyzowane systemy w świetle prac CNS/ATM NATMC, EUROCONTROL 245
Wykaz literatury wykorzystanej 279
Spis rysunków 294
Spis tabel 297

WPROWADZENIE

Rozwój naukowo – techniczny powoduje również zmiany jakościowe w zakresie zarządzania ruchem lotniczym. Zaawansowane technologie lotnicze sprawiają, że współczesne statki powietrzne zdolne są do przenoszenia coraz większych ładunków, potrafią przyjąć na swoje pokłady znaczną liczbę pasażerów oraz zwiększają się ich zasięgi. Tym samym wzrasta zainteresowanie transportem lotniczym, który jest w stanie zapewnić szybkie i komfortowe przemieszczanie się na znaczne odległości przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. Natomiast skuteczne dążenie do obniżenia kosztów oferowanych usług powoduje, że zwiększa się ekonomika i efektywność transportu lotniczego, co w konsekwencji prowadzi do obserwowanego w ostatnich latach gwałtownego wzrostu natężenia przepływu ruchu lotniczego w przestrzeni powietrznej. Jednak ten pożądany proces przyczynił się do powstawania szeregu problemów, które szczególnie uwidoczniły się w krajach europejskich i Ameryki Północnej. Okazało się, że zbyt duża gęstość ruchu lotniczego wokół wielu lotnisk powoduje znaczne opóźnienia w odlotach i przylotach statków powietrznych. Ten stan rzeczy dodatkowo potęgują warunki atmosferyczne. Przykładem może być lotnisko we Frankfurcie nad Menem, gdzie liczba lądowań zmniejsza się prawie o połowę w czasie występowania minimalnych warunków atmosferycznych. Tym samym liczba lądowań w przeliczeniu na godzinę spada z 90 do około 50, co wskazuje na zbyt małą wydajność systemu obsługującego ruch nadlotniskowy i uzależnienie go od warunków zewnętrznych. Oznacza to, że wzrastająca liczba operacji lotniczych zdecydowanie wyprzedziła możliwości ich właściwej obsługi.

Już pod koniec lat osiemdziesiątych stało się oczywiste, że ówczesne systemy używane do kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej nie są w stanie należycie zabezpieczyć stale rosnących potrzeb i wymagań wszystkich użytkowników. Z tego powodu międzynarodowe organizacje lotnicze: AEA, EBRA, ECA, ERA, FAA, IAOPA, ICAO, IFALPA, IATA, JAA, IACA, IFATCA stanęły przed koniecznością szybkiej i efektywnej poprawy istniejącej sytuacji. W związku z tym objętych zostało patronatem i uzyskało priorytet szereg programów badawczych, które w oparciu o nowe technologie powinny doprowadzić do powstania nowych zautomatyzowanych systemów kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej. Umożliwią one usprawnienie obsługi ruchu lotniczego, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa. W związku z tym już w 1997 r. podczas obrad ministrów transportu państw uczestniczących w pracach ECAC (European Civil Aviation Conference) polecono przedstawicielom EUROCONTROL wykonanie dokumentu, który określałby stra-

tegię zarządzania ruchem lotniczym w europejskiej przestrzeni powietrznej i uwzględniałby potrzeby transportu lotniczego przynajmniej do 2015 r. Wykonanie tego opracowania poprzedziły badania natężenia ruchu lotniczego na komunikacyjnych szlakach, które dowiodły, że istniejące systemy ATM posiadają określone ograniczenia a ich pojemność zaczyna przekraczać ustalone granice w niektórych regionach. Stąd też pojawił się znamienny wniosek, że należy poszukać nowatorskich rozwiązań, pozwalających na opracowanie takich zautomatyzowanych systemów kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej, które zwiększyły by pojemność lotniczych komunikacyjnych szlaków i pozwoliłyby na znaczne zwiększenie ruchu nadlotniskowego. W ten sposób powstała „AIR TRAFFIC MANAGEMENT STRATEGY FOR THE YEARS 2000+", w której istotnym elementem jest założenie o funkcjonowaniu jednolitej, europejskiej przestrzeni powietrznej. Na podstawie danych uzyskanych bezpośrednio od John'a Law (ACAS Programme Manager) z EUROCONTROL oraz z European Air Traffic Management Programme Directorate Infrastructure, ATC Systems and Support ACAS Programme wynika, że w wyniku realizacji programu RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum) uległa znacznemu zwiększeniu pojemność przestrzeni powietrznej poprzez dostarczenie użytkownikom większej liczby poziomów lotu, elastyczność, optymalizacja profilów wykonywanych lotów.

Jednym z przejawów zastosowania najnowszych technologii w lotnictwie są przeżywające dynamiczny rozwój satelitarne systemy lokalizacyjne na czele z amerykańskim GPS NAVSTAR, których wykorzystanie w wielu dziedzinach staje się powszechne. Należy wspomnieć, że obecnie na świecie produkowanych jest miesięcznie około 60000 cywilnych i militarnych odbiorników pokładowych przeznaczonych tylko do celów nawigacyjno-geodezyjnych. Innymi słowy, technika satelitarna znajduje coraz szersze zastosowanie zarówno w systemach przeznaczonych dla cywilnych użytkowników, jak i w systemach, urządzeniach wykorzystywanych do celów militarnych. Niewątpliwie jest ona wielką nadzieją dla lotnictwa, ponieważ rośnie systematycznie różnorodność funkcji, zadań, w których zaczynają brać udział systemy satelitarne. Od 1995 roku odbiorniki GPS są używane jako urządzenia wspomagające nawigację statków powietrznych, stanowiące uzupełnienie klasycznych systemów nawigacyjnych. Zgodnie z trendami światowymi oraz zaleceniami międzynarodowych organizacji lotniczych, każdy obecnie produkowany statek powietrzny powinien być wyposażony w pokładowy odbiornik GPS. Również na technice satelitarnej oparty jest zależny system nadzoru – ADS (ang. Automatic Dependent Surveillance). Istota jego działania polega na tym, że statek powietrzny automatycznie, bez udziału załogi, wysyła zakodowane binarnie informacje o swoim położeniu (pozycja, wysokość, kurs). Informacje te są odbierane przez satelitę telekomunika-

cyjnego i przesyłane do odpowiedniego centrum obsługującego ruch lotniczy. W centrum następuje dekodowanie informacji i jej zobrazowanie na odpowiednim wskaźniku. Dzięki łączności satelitarnej, ADS może mieć zasięg globalny i tym samym jest w stanie zapewnić kontrolę lotów nad oceanami i innymi obszarami, gdzie dotychczas nie było to możliwe. Natomiast w Szwecji i w Niemczech prowadzone są testy lotnicze z użyciem techniki DGPS w jednym z modułów automatycznego systemu nadzorowania ADS-B (ang. Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), który jest pochodną ADS. Pokładowy odbiornik GPS jest wykorzystywany jako podstawowe źródło informacji o pozycji i czasie w tym systemie. Sieć ADS-B została utworzona i testowana w Europie Północnej w ramach projektu NEAN (ang. Northern European ADS-B Network). Zgodnie z planami krajów objętych siecią ADS-B, system ten w niedalekiej przyszłości częściowo zastąpi tradycyjny radar w kontroli ruchu lotniczego. Istotnym elementem w tego typu systemach staje się budowany Globalny Satelitarny System Nawigacyjny – GNSS (ang. Global Navigation Satellite System).

Światowe problemy związane z obsługą ruchu lotniczego nie ominęły również naszego kraju a podjęte na forum międzynarodowym zobowiązania spowodowały, że na zlecenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w porozumieniu z Ministrem Obrony Narodowej opracowano „Koncepcję Jednolitego Zarządzania Ruchem Lotniczym w Polsce", która spełnia wymagania ICAO i NATO. W ramach tego dokumentu został opracowany m.in. program wykonawczy nr 6 „Infrastruktura techniczna jednolitego systemu zarządzania ruchem lotniczym". Powstał on na bazie realizowanego od początku 1997 roku we współpracy z EUROCONTROL Programu Roboczego Harmonizacji Polskiej Kontroli Ruchu Lotniczego (PATCHWORK) oraz wymagań operacyjnych umieszczonych w pozostałych programach wykonawczych wymienionej koncepcji.

Niezwykle rozległy obszar problematyki związanej z zautomatyzowanymi systemami kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej, został niezwykle skrótowo przedstawiony w tym opracowaniu. Zawarte informacje stanowią częściowe uzupełnienie prowadzonych zajęć. Przyjęta kompozycja tego opracowania pozwoliła jednak na przedstawienie poszczególnych obszarów zainteresowań: automatyzacji wspomagania operacji powietrznych, systemów zarządzania ruchem lotniczym, systemów przetwarzania planów lotów, systemów kontroli zbliżania i obszaru, globalnych systemów bezpieczeństwa ruchu lotniczego, symulatorów w szkoleniu służb ruchu lotniczego i lotniczych systemów transmisji danych. Wykonanie tego opracowania stało się możliwe dzięki materiałom uzyskanym podczas posiedzeń CNS (Communications, Navigation and Surveillance)/ATM (Air Traffic Management) NATMC (NATO Air Traffic Management Committee), EUROCONTROL, ESA (European Space Agency).

Zyskująca w ostatnich latach uznanie problematyka zautomatyzowanych systemów kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej znajduje również swoje miejsce jako przedmiot wykładów i ćwiczeń w akademiach i wyższych uczelniach. Z przykrością trzeba stwierdzić, że w chwili obecnej brak jest opracowania, które w sposób syntetyczny przedstawiłoby tą rozległą problematykę. Stąd też autor podjął próbę zarysowania problematyki dotyczącej zautomatyzowanych systemów kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej. Podjęcie tego tematu wymagało przyjęcia odpowiedniej kompozycji opracowania, w której uwzględniono:

- europejski program „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+" oraz etapy jego realizacji pod kątem zautomatyzowanych systemów zarządzania ruchem lotniczym;
- charakterystykę europejskiego zautomatyzowanego systemu zarządzania ruchem lotniczym;
- analizę strukturalno - informatyczną polskiego zautomatyzowanego systemu zarządzania ruchem lotniczym;
- lotnicze, zautomatyzowane systemy szeroko wykorzystywane do transmisji, rejestracji i archiwizacji danych;
- transpondery i program implementacji Modu S zarówno w EUR RVSM, jak i europejskim obszarze;
- zautomatyzowane systemy przetwarzania planów lotów;
- system FANS i jego znaczenie w zarządzaniu ruchem lotniczym;
- zastosowanie symulatorów podczas przygotowywania użytkowników zautomatyzowanych systemów kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej;
- zautomatyzowane systemy w świetle prac CNS/ATM NATMC.

Natomiast aktualność zawartych w tym opracowaniu treści będzie zachowana, jeżeli uwzględniane będą zmiany, które ukazywane i ogłaszane są regularnie w Biuletynie ICAO (ICAO Bulletin), w comiesięcznych, uzupełnieniach do „Katalogu Wydawnictw ICAO". Należy się z nimi zapoznawać i wprowadzać stosowne poprawki do PANS – OPS. Jednocześnie należy przyswajać sobie odpowiednie STANAGI i dokumenty normatywne NATO oraz dokonywać odpowiednich uaktualnień. Jest sprawą oczywistą, że niezwykle dynamiczny rozwój naukowo – techniczny zmusza do dokonywania stosownych modernizacji. Autor poleca również następujące wydawnictwa WLOP, które powinny poszerzyć zakres lotniczej praktyki:

1. System GPS Navstar Budowa, możliwości i wykorzystanie, WLOP 246/97, Poznań 1997;
2. Przygotowanie do lotu według norm międzynarodowych, WLOP 262/98, Poznań 1999;

3. Zastosowanie śmigłowcowych odbiorników pokładowych GPS NAVSTAR I GLONASS do prowadzenia działań bojowych, WLOP 263/98, Poznań 1999;
4. Zastosowanie samolotowych odbiorników pokładowych GPS NAVSTAR I GLONASS do prowadzenia działań bojowych, WLOP 303/2000, Poznań 2000;
5. Kryteria do przygotowania przyrządowego zbliżania i procedur odlotowych według zaleceń ICAO/NATO, WLOP 313/2001, Poznań 2001;
6. Przygotowanie do planowania misji za pomocą suwaka Jeppesena, WLOP 2001.

1. DEFINICJE PODSTAWOWYCH TERMINÓW ORAZ SKRÓTÓW POWSZECHNIE STOSOWANYCH W PROCEDURACH LOTNICZYCH

Przedstawiona w tym rozdziale terminologia jest wykorzystywana podczas wykonywania określonych procedur lotniczych. Stąd też zdefiniowane wyrażenia i skróty można spotkać także i w innych dokumentach normatywnych ICAO/NATO. Zanim jednak dokonana zostanie prezentacja podstawowych terminów i skrótów, konieczne jest przedstawienie dokumentów normatywnych, które regulują na forum międzynarodowym funkcjonowanie lotnictwa. Do takich podstawowych dokumentów normatywnych zalicza się:

Doc. 4444 - Rules of the Air and Air Traffic Services;

Doc. 7030 - Regional Supplementary Procedures;

Doc. 7754 - European Region;

Doc. 8168 - Aircraft Operations;

Doc. 8126 - AIS Manuał;

Doc. 7383 - AIS Provided by States;

Doc. 7910 - Location Indicator;

Doc. 8585 - Designators for Operating Agencies;

Doc. 8643 - Aircraft Types Designators;

Doc. 8697 - Aeronautical Chart Manuał;

Doc. 7101 - Aeronautical Chart Catalogue;

Doc. 8400 - ICAO Abbreviations and Codes;

AIP - Aeronautical Information Publication;

Procedures for Air Navigation Services - Rules of the Air and Air Traffic Services (PANS - RAC) - Procedury Służb Żeglugi Powietrznej - Przepisy Ruchu Lotniczego;

Annex l - Personnel Licensing;

Annex 2 - Rules of the Air;

Annex 3 - Meteorological Service;

Annex 4 - Aeronautical Charts;

Annex 5 - Units of Measurement to be used in Air and Ground Operations;

Annex 6 - Operations of Aircraft:

Part I – International Commercial Air Transport - Aeroplanes;

Part II – International General Aviation – Aeroplanes;

Part III – International Operations - Helicopters;

Annex 7 — Aircraft Nationality and Registration Marks;

Annex 8 - Airworthiness of Aircraft;

Annex 9 - Facilitation;

Annex 10 - Aeronautical Telecommunications:

Vol. I – Radionavigation Aids;

Vol. II – Communication Procedures Including Those with PANS Status;

Vol. III – Part I - Digital Data Communication Systems;

Part II - Voice Communication Systems;

Vol. IV – Surveillance Radar and Collision Avoidance Systems;

Vol. V – Aeronautical Radio Frequency Spectrum Utilisation;

Annex 11 - Air Traffic Services;

Annex 12 - Search and Rescue;

Annex 13 - Aircraft Accident AND Incident Investigation;

Annex 14 – Aerodromes:

Vol. I – Aerodrome Design and Operations

Vol. II – Heliports

Annex 15 - Aeronautical Information Services;

Annex 16 - Environmental Protection:

Vol. I – Aircraft Noise;

Vol. II – Aircraft Engine Emissions;

Annex 17 - Security Against Acts of Unlawful;

Annex 18 - The Safe Transport of Dangerous Goods by Air.

1.1. Definicje podstawowych terminów stosowanych w niniejszym podręczniku – definitions of principal terms used in this manual

Automatyczna służba informacji lotniskowej (Automatlc Terminal Information Service) - regularne dostarczanie przylatującym i odlatującym statkom powietrznym aktualnych informacji za pomocą ciągłych i powtarzalnych nadawań w ciągu całej doby lub określonej części doby.

Automatyczne zależne dozorowanie (Automatic Dependent Surveillance – ADS) - technika dozorowania, w której statki powietrzne automatycznie przekazują, wykorzystując linię przesyłania danych, informacje uzyskiwane z pokładowych systemów nawigacyjnych i określania pozycji, włącznie ze znakiem rozpoznawczym statku powietrznego, dane o jego pozycji w czterech wymiarach i odpowiednio dane dodatkowe.

Alfanumeryczne znaki (Alphanumerics Characters) – ogólne określenie dla liter i liczb (cyfr).

Balon wolny bez załogi (Unmanned Free Baloon) - statek powietrzny lżejszy od powietrza, bez napędu i załogi, w locie swobodnym. Podkreślić należy, że balony wolne bez załogi są klasyfikowane jako ciężkie, średnie lub lekkie zgodnie ze specyfikacjami zawartymi w przepisach PL-2.

Barometryczna wysokość bezwzględna (Presaure Altitude) - ciśnienie atmosferyczne wyrażone wartością wysokości bezwzględnej odpowiadającej temu ciśnieniu w międzynarodowej atmosferze wzorcowej – podanej w Aneksie 8.

Bieżący plan lotu (Current Flight Plan) - plan lotu wraz z ewentualnymi zmianami wynikającymi z kolejnych zezwoleń.

Biuro meteorologiczne (Meteorological Office) - biuro wyznaczone do zapewnienia stużby meteorologicznej dla żeglugi powietrznej.

Biuro odpraw załóg (Air Traffic Services Reporting Office) - organ ustanowiony w celu przyjmowania meldunków dotyczących służb ruchu lotniczego oraz planów lotu składanych przed odlotem. Zaznaczyć należy, że biuro odpraw załóg może być ustanowione jako organ samodzielny lub może być połączone z istniejącym innym organem służby ruchu lotniczego lub informacji lotniczej.

Całkowity przewidywany czas przelotu (Total Estimated Elapsed Time) – określany dla:
lotów IFR, przewidywany czas, niezbędny od startu do przybycia nad wyznaczony punkt, który jest zdeterminowany względem określonej pomocy nawigacyjnej, a od którego jest zamierzone rozpoczęcie procedury podejścia według wskazań przyrządów. W przypadku, gdy nie ma pomocy nawigacyjnej związanej z lotniskiem docelowym to czas ten potrzebny jest do przybycia nad lotnisko docelowe;
lotów VFR, przewidywany czas, niezbędny od startu do przybycia nad lotnisko docelowe.

Droga kołowania (Taxiway) – określona trasa na lotnisku, przeznaczona do kołowania statków powietrznych i zapewniająca połączenia pomiędzy określonymi częściami lotniska, łącznie z:

- **linią kołowania do stanowiska postojowego (Aircraft Stand Taxilane)** – część płyty postojowej wyznaczona jako droga kołowania i przeznaczona jedynie do zapewnienia dostępu do stanowisk postojowych statków powietrznych;
- **drogą kołowania po płycie postojowej (Apron Taxiway)** – część systemu dróg kołowania, zlokalizowana na płycie postojowej i mająca na celu zapewnienie kołowania poprzez tę płytę;

- **drogą szybkiego zejścia (Rapid Exit Taxiway)** - droga kołowania połączona pod kątem ostrym z drogą startową i przeznaczona do ułatwienia lądującym statkom powietrznym opuszczenia drogi startowej przy prędkościach większych niż osiągane na innych drogach zejścia i przez to zmniejszające do minimum czas zajmowania drogi startowej.

Droga lotnicza (Airway) - część obszaru kontrolowanego wydzielona w postaci korytarza dla przelotów statków powietrznych, w której działają urządzenia radionawigacyjne.

Droga startowa (Runway) – powierzchnia określona na pasie startowym i przystosowana do lądowania, rozbiegu i zatrzymania statku powietrznego przy przerwanym starcie.

Echo radarowe PSR (PSR Blip) – zobrazowanie na wskaźniku radarowym pozycji statku powietrznego, uzyskanej z radaru pierwotnego. Nie ma ono postaci symbolu.

Faza alarmu (Alert Phase) - sytuacja, w której istnieje obawa co do bezpieczeństwa statku powietrznego i osób na jego pokładzie.

Faza niebezpieczeństwa (Distress Phase) - sytuacja, w której istnieje uzasadniona pewność, że statek powietrzny i osoby na jego pokładzie są zagrożone bezpośrednio poważnym niebezpieczeństwem lub potrzebują natychmiastowej pomocy.

Faza niepewności (Uncertainty Phase) - sytuacja, w której istnieje niepewność co do bezpieczeństwa statku powietrznego i osób znajdujących się na jego pokładzie.

Faza zagrożenia (Emergency Phase) - wyrażenie ogólne oznaczające, że może zachodzić przypadek fazy niepewności, alarmu lub niebezpieczeństwa.

Granica ważności zezwolenia (Clearance Limit) - punkt, do którego ważne jest zezwolenie organu służby ruchu lotniczego, udzielone dowódcy statku powietrznego.

Identyfikacja radarowa (Radar Identification) - sytuacja, w której pozycja radarowa określonego statku powietrznego jest widoczna na wskaźniku radarowym i jednoznacznie zidentyfikowana przez kontrolera ruchu lotniczego.

Informacja AIRMET (AIRMET Information) - informacja wydawana przez meteorologiczne biuro nadzoru, dotycząca określonych zjawisk meteorologicznych występujących lub mogących wystąpić na określonej trasie, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo lotów na małych wysokościach, i które nie zostały włączone do wydanej prognozy dla lotów na małych wysokościach w danym rejonie informacji powietrznej lub w jego części.

Informacja meteorologiczna (Meteorological Information) - meldunek meteorologiczny, analiza, prognoza pogody lub inny komunikat dotyczący istniejących lub przewidywanych warunków meteorologicznych.

Informacja o ruchu (Traffic Information) - informacja podana przez organ służby ruchu lotniczego dla ostrzeżenia pilota o innym znanym lub zaobserwowanym ruchu lotniczym,

który może znajdować się w pobliżu jego pozycji lub zamierzonej trasy lotu, i udzielenia mu pomocy dla zapobieżenia kolizji.

Informacja SIGMET (S1GMET Information) - informacja wydawana przez wyznaczone biuro meteorologiczne, dotycząca, faktycznego lub przewidywanego występowania określonych zjawisk pogody na trasie, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo statków powietrznych.

Instrukcja kontroli ruchu lotniczego (Air Traffic Control Instruction) - polecenia wydawane przez kontrolę ruchu lotniczego, wymagające od pilota podjęcia określonego działania.

Kod dyskretny (Discrete Code) - czterocyfrowy kod SSR, z dwoma końcowymi cyframi nie będącymi "00".

Kod SSR (Code SSR) - liczba przyporządkowana określonemu wieloimpulsowemu sygnałowi odpowiedzi, nadawanemu przez transponder w modzie A lub w modzie C.

Kolejność podejścia (Approach Sequence) - kolejność według której dwa lub więcej statków powietrznych otrzymało zezwolenie na wykonanie podejścia do lądowania.

Kołowanie (Taxiing) - ruch statku powietrznego po powierzchni lotniska przy użyciu mocy własnej, wyłączając start i lądowanie.

Komputer (Computer) - urządzenie, które wykonuje szereg arytmetycznych i logicznych działań bez interwencji człowieka według określonego algorytmu, programu informatycznego. Zaznaczyć należy, że wyraz "komputer" może oznaczać również zestaw komputerowy, który składa się z jednego lub więcej komputerów i urządzeń pomocniczych.

Komunikat meteorologiczny (Meteorological Report) - informacja o zaobserwowanych warunkach meteorologicznych w odniesieniu do określonego czasu i miejsca.

Kontakt radarowy (Radar Contact) - sytuacja, w której pozycja radarowa określonego statku powietrznego jest widoczna i zidentyfikowana na wskaźniku radarowym.

Kontrola operacyjna (Operational Control) - realizacja pełnomocnictwa co do rozpoczęcia, kontynuacji, zmiany lub zakończenia lotu, w celu zachowania bezpieczeństwa statku powietrznego, regularności i efektywności lotu.

Kontrola radarowa (Radar Control) - wyrażenie oznaczające, że informacje uzyskiwane za pomocą radaru są wykorzystywane bezpośrednio w zapewnianiu służby kontroli ruchu lotniczego.

Kontroler radarowy (Radar Controller) - kwalifikowany kontroler ruchu lotniczego posiadający uprawnienia wymagane do pełnienia kontroli radarowej.

Krąg ruchu lotniskowego, krąg nadlotniskowy (Aerodrome Traffic Circutt) - określony tor lotu, po którym powinny lecieć statki powietrzne znajdujące się w pobliżu lotniska.

Kurs (Heading) - kierunek osi podłużnej statku powietrznego, wyrażany w stopniach, w odniesieniu do północy: geograficznej, magnetycznej, busoli lub siatki kartograficznej.

Linia brzegowa (Shoreline) - linia pokrywająca się z ogólnym zarysem wybrzeża, z tym, że w przypadkach małych zatok lub zatok węższych niż 56 km (30 NM) linia ta przebiega wprost nie uwzględniając ich zarysu.

Linia drogi (Track) - rzut toru lotu statku powietrznego na powierzchnię ziemi, którego kierunek w każdym jego punkcie jest wyrażony zwykle w stopniach w odniesieniu do północy: geograficznej, magnetycznej lub siatki kartograficznej.

Lot IFR (IFR Flight) - lot wykonywany zgodnie z przepisami dla lotów według wskazań przyrządów.

Lot kontrolowany (Controlled Flight) - każdy lot, na który wymaga się zezwolenia kontroli ruchu lotniczego.

Lot specjalny VFR (Specjal VFR Flight) – lot VFR, wykonywany na podstawie zezwolenia kontroli ruchu lotniczego w strefie kontrolowanej lotniska w warunkach meteorologicznych gorszych niż VMC.

Lot VFR (VFR flight) - lot wykonywany zgodnie z przepisami dla lotów z widocznością.

Lotnisko kontrolowane (controlled aerodrome) - lotnisko, na którym zapewniona jest służba kontroli ruchu lotniczego w odniesieniu do ruchu lotniskowego. Zaznaczyć należy , że wyrażenie "lotnisko kontrolowane" wskazuje, iż służba kontroli ruchu lotniczego jest zapewniona w odniesieniu do ruchu lotniskowego, co nie jest równoznaczne z istnieniem strefy kontrolowanej lotniska.

Lotnisko zapasowe (alternate aerodrome) - lotnisko, na które statek powietrzny może lecieć, jeżeli nie jest możliwe lub niecelowe wykonanie lotu do lotniska zamierzonego lądowania lub wykonanie na nim lądowania. Lotniska zapasowe dzielą się na:

- **zapasowe po starcie (take-off alternate)** – takie, na którym statek powietrzny może lądować, jeżeli będzie to konieczne wkrótce po starcie;
- **zapasowe na trasie (en-route alternate**) - takie, na którym statek powietrzny znajdując się na trasie w warunkach nienormalnych lub niebezpiecznych mógłby lądować;
- **zapasowe docelowe (destination alternate)** - takie, na które statek powietrzny może lecieć, jeżeli lądowanie na lotnisku zamierzonego lądowania stanie się niemożliwe lub niecelowe. Podkreślić należy, że lotnisko, z którego nastąpi odlot, może być również lotniskiem zapasowym na trasie lub zapasowym docelowym w danym locie.

Lotniskowy schemat kołowania (aerodrome taxi circuit) - wyznaczona droga statków powietrznych na polu manewrowym przy określonych warunkach wiatru.

Łączność powietrze-ziemia (air-ground communication) - dwukierunkowa łączność między statkami powietrznymi a stacjami lub punktami na powierzchni ziemi.

Łączność w kierunku powietrza (ground-to-air communication) - łączność jednokierunkowa od stacji lub punktów na powierzchni ziemi do statków powietrznych.

Łączność w kierunku ziemi (air-to-ground communication) - łączność jednokierunkowa od statków powietrznych do stacji lub punktów na powierzchni ziemi.

Mapa radarowa (radar map) - informacje nałożone na zobrazowania radarowe w celu łatwego ukazania wybranych cech otoczenia.

Meldunek z powietrza (air - report) - meldunek ze statku powietrznego w locie, przygotowany zgodnie z wymaganiami dotyczącymi podawania danych pozycyjnych, operacyjnych i/lub meteorologicznych.

Minimalna wysokość bezwzględna sektorowa (minimum sector altitude) – najniższa wysokość bezwzględna jaka może być stosowana w celu zapewnienia minimalnego przewyższenie nad przeszkodami, które wynosi zasadniczo 300 m (1000 stóp) nad wszystkimi obiektami znajdującymi się wewnątrz zaznaczonego wycinka koła o promieniu równym 46 km (25 mil nautycznych), w którego środku znajduje się pomoc radionawigacyjna.

Minimalna wysokość bezwzględna zniżania, MDA (minimum descent altitude) – wysokość bezwzględna przy podejściu nieprecyzyjnym lub z okrążenia, poniżej której zniżanie nie może być wykonane bez wzrokowego kontaktu z terenem. Należy pamiętać, że wysokość ta jest odniesiona do średniego poziomu morza. Natomiast wymagany kontakt wzrokowy z terenem oznacza, że widziane są pomoce nawigacyjne lub strefy podejścia, w odstępie czasu wystarczającym do dokonania oceny pozycji statku powietrznego przez pilota i szybkości jej zmiany w odniesieniu do nominalnego toru lotu. W przypadku wykonywania podejścia z okrążeniem wymagany jest kontakt wzrokowy z terenem otaczającym drogę startową.

Minimalna wysokość względna zniżania, MDH (minimum descent height) - wysokość względna przy podejściu nieprecyzyjnym lub przy podejściu z okrążenia, poniżej której zniżanie nie może być wykonane bez wzrokowego kontaktu z terenem. Wysokość ta jest odniesiona do wzniesienia lotniska lub wzniesienia progu drogi startowej, jeżeli to wzniesienie jest większe niż 2 m (7 stóp), poniżej wzniesienia lotniska. Minimalna wysokość względna zniżania dla podejścia z okrążeniem jest odniesiona do wzniesienia lotniska. Wymagany kontakt wzrokowy z terenem oznacza, że widziane są pomoce nawigacyjne lub strefy podejścia, w odstępie czasu wystarczającym do dokonania oceny pozycji statku powietrznego i szybkości jej zmiany w odniesieniu do nominalnego toru lotu. W przypadku wykonywania podejścia z okrążeniem wymagany jest kontakt wzrokowy z terenem otaczającym drogę startową.

Minimalny zapas paliwa (minimum fuel) - wyrażenie używane do określania sytuacji, w której zapas paliwa na pokładzie statku powietrznego osiągnął stan, w którym niewielkie lub jakiekolwiek opóźnienie jest niedopuszczalne. Zaznaczyć należy, że nie jest to sytuacja awaryjna, lecz jedynie wskazanie, że możliwe jest wystąpienie sytuacji awaryjnej, jeżeli wystąpi jakiekolwiek nieprzewidziane opóźnienie.

Mod SSR (mode SSR) - umowny identyfikator specyficznych funkcji sygnałów zapytania, przekazywanych przez urządzenie zapytujące SSR. Są 4 mody określone w Aneksie 10 i zalicza się do nich: A, C, S i mod pośredni.

Monitorowanie radarowe (radar monitoring) - wykorzystanie radaru w celu udzielenia dowódcy statku powietrznego informacji i wskazówek dotyczących znaczniejszych odchyleń statku powietrznego od określonego toru lotu, włącznie z odchyleniami od warunków zawartych w zezwoleniu kontroli ruchu lotniczego.

Nadawanie na ślepo (blind transmission) - nadawanie korespondencji przez jedną stację do innej stacji w przypadku, gdy dwukierunkowa łączność nie może być nawiązana, a jednocześnie przypuszcza się, że wywoływana stacja może odebrać tę wiadomość.

Nawigacja obszarowa, RNAV (area navigation) – wykonywanie lotów przez statki powietrzne po dowolnym torze w zasięgu naziemnych urządzeń nawigacyjnych oraz w granicach możliwości urządzeń autonomicznych lub przy stosowaniu kombinacji tych urządzeń.

Nawigacja zliczeniowa, DR (dead reckoning navigation) – metoda nawigacji, która określa pozycję, drogą obliczeń dokonywanych względem znanej pozycji poprzedniej, na podstawie kierunku, czasu i prędkości lotu.

Naziemne światło lotnicze (aeronautical ground light) - światło specjalnie przeznaczone jako pomoc nawigacyjna, inne niż światło zapalone na statku powietrznym.

Nieprzekraczalna strefa, NTZ (No transgression zone) - w powiązaniu z niezależnymi równoległymi podejściami, korytarz w przestrzeni powietrznej o określonych wymiarach, położony centralnie między dwiema przedłużonymi centralnymi liniami dróg startowych, gdzie wejście statku powietrznego wymaga interwencji kontrolera w celu dokonania manewru jakiegoś zagrożonego statku powietrznego na przyległym podejściu.

Niezależne równoległe odloty (independent parallel departures) - jednoczesne odloty z równoległych lub prawie równoległych instrumentalnych dróg startowych.

Niezależne równoległe podejścia (independent parallel approaches) - jednoczesne podejścia na równoległe lub prawie równoległe instrumentalne drogi startowe, gdy nie są ustanowione minima separacji radarowej między statkami powietrznymi znajdującymi się na przedłużeniu sąsiednich linii centralnych dróg startowych.

Obserwacja ze statku powietrznego (aircraft observation) - ocena jednego lub kilku elementów meteorologicznych dokonana ze statku powietrznego podczas lotu.

Obszar kontrolowany (control area) - przestrzeń powietrzna kontrolowana rozciągająca się w górę od określonej granicy nad ziemią.

Odległość DME (DME distance) – odległość w linii prostej (odległość skośna) od źródła sygnału DME do anteny odbiorczej.

Odpowiedź SSR (SSR response) - zobrazowanie na wskaźniku radaru odpowiedzi na zapytanie z transpondera SSR. Nie występuje ono w postaci symbolu.

Organ/kontroler nadający (sending unit/controller) - organ służby ruchu lotniczego (kontroler ruchu lotniczego) nadający depeszę.

Organ/kontroler odbierający (receiving unit/conroller) - organ służby ruchu lotniczego (kontroler ruchu lotniczego), do którego depesza jest nadawana.

Organ/kontroler przekazujący (transferring unit/controller) - organ kontroli ruchu lotniczego (kontroler ruchu lotniczego) podczas przekazywania kontroli nad statkiem powietrznym następnemu na trasie lotu organowi kontroli ruchu lotniczego (kontrolerowi ruchu lotniczego).

Organ/kontroler przyjmujący (accepting unit/controller) - organ kontroli ruchu lotniczego (kontroler ruchu lotniczego) przyjmujący kontrolę nad statkiem powietrznym od organu przekazującego.

Organ/wieża kontroli lotniska (aerodrome control tower) - organ ustanowiony do zapewnienia służby kontroli ruchu lotniczego i służby alarmowej dla ruchu lotniskowego. Podkreślić należy, że organ kontroli lotniska może ponadto zapewniać służbę informacji powietrznej i służbę koordynacji ruchu lotniczego w odniesieniu do określonych lotów.

Organ kontroli ruchu lotniczego (air traffic control unit) - wyrażenie ogólne oznaczające zarówno organ kontroli obszaru, organ kontroli zbliżania, jak i organ kontroli lotniska.

Organ kontroli zbliżania (approach control office) - organ ustanowiony do zapewnienia na jednym lotnisku lub w węźle lotnisk służby kontroli ruchu lotniczego i służby alarmowej w odniesieniu do kontrolowanych lotów statków powietrznych przylatujących i odlatujących. Zaznaczyć należy, że organ kontroli zbliżania może ponadto zapewniać służbę informacji powietrznej i służbę koordynacji ruchu lotniczego w odniesieniu do określonych lotów.

Organ radarowy (radar unit) - część organu służby ruchu lotniczego, która wykorzystuje urządzenia radarowe w celu zapewnienia jednej lub więcej służb ruchu lotniczego.

Organ ratownictwa (reacue unit) - organ składający się z wyszkolonego personelu i wyposażonego w sprzęt niezbędny do sprawnego poszukiwania i ratownictwa.

Organ służb ruchu lotniczego (air traffic services unit) - wyrażenie ogólne oznaczające zarówno organ kontroli ruchu lotniczego, organ nadzoru ruchu lotniczego, organ koordynacji ruchu lotniczego, organ informacji powietrznej jak i biuro odpraw załóg.

Ośrodek informacji powietrznej (flight information centre) - organ ustanowiony w celu zapewnienia służby informacji powietrznej i służby alarmowej.

Ośrodek kontroli obszaru (area control centre) - organ ustanowiony do zapewnienia służby kontroli ruchu lotniczego i służby alarmowej w odniesieniu do lotów kontrolowanych w podległym mu obszarze. Ośrodek kontroli obszaru może ponadto zapewniać służbę informacji powietrznej i służbę koordynacji ruchu lotniczego w odniesieniu do określonych lotów.

Oznaczenie lokalizacji (location indicator) - czteroliterowa grupa kodowa określona zgodnie z przepisami ICAO i przydzielona miejscowości lokalizacji stałej telekomunikacyjnej stacji lotniczej.

Plan lotu (flight plan) - określone informacje dotyczące zamierzonego lotu lub części lotu statku powietrznego, dostarczone przed lotem organom służby ruchu lotniczego. Zaznaczyć należy, że specyfikacje dotyczące planu lotu są zawarte w przepisach PL-2, a wzór formularza planu lotu podany jest w dodatku 2 do tego dokumentu.

Płyta postojowa (apron) - wydzielona dla statków powietrznych część powierzchni lotniska lądowego, na której odbywa się: wsiadanie i wysiadanie pasażerów, załadowywanie lub wyładowywanie towaru, bagażu, poczty, zaopatrywanie w paliwo, parkowanie lub obsługa.

Podejście końcowe (final approach) - część procedury podejścia do lądowania według wskazań przyrządów, która rozpoczyna się w wyznaczonej pozycji (fix) lub punkcie podejścia końcowego. W przypadku gdy takiej pozycji (fix) lub punktu nie wyznaczono to podejście to rozpoczyna się:

- po zakończeniu ostatniego zakrętu proceduralnego i zakrętu podstawowego lub zakrętu na dolot w procedurze z dwoma zakrętami po 180°, jeżeli tak zaprojektowano procedurę;
- w punkcie wejścia na ostatni odcinek linii drogi określonej w procedurze podejścia i kończy się w punkcie leżącym w pobliżu lotniska, od którego:

a) lądowanie może być wykonane;

b) rozpoczyna się procedura odlotu po nieudanym podejściu.

Podejście radarowe (radar approach) - podejście, w którym jego faza końcowa jest wykonywana według poleceń kontrolera radarowego.

Podejście z okrążeniem (circling approach) – przedłużenie procedury podejścia według wskazań przyrządów, która przewiduje wykonanie okrążenia lotniska z widocznością przed lądowaniem.

Podejście z widocznością (Visual approach) - podejście statku powietrznego w locie IFR, który całkowicie, lub częściowo wykonuje procedurę podejścia, według wskazań przyrządów, a część podejścia wykonuje z widocznością terenu.

Podlot (air-taxiing) - poruszanie się śmigłowca/statku powietrznego VTOL nad powierzchnią lotniska zwykle wykorzystując wpływ ziemi, z prędkością podróżną w zasadzie mniejszą niż 37 km (20 kt). Zaznaczyć należy, że aktualna wysokość względna może się zmieniać i niektóre śmigłowce mogą wymagać podlotu powyżej 8 m (25 ft) AGL, aby zmniejszyć turbulencję powodowaną wpływem ziemi lub zapewnić, niezbędny zapas wysokości dla ładunków podwieszonych na zewnątrz.

Pokładowy system zapobiegania kolizjom/ACAS (airborne collision avoidance system) - system statku powietrznego oparty na wykorzystaniu sygnałów transpondera radaru wtórnego (SSR), który działa niezależnie od wyposażenia naziemnego i zapewnia pilotowi informacje o potencjalnym zagrożeniu przez statki powietrzne wyposażone w transpondery SSR.

Pola manewrowe (manoeuvring area) - część pola naziemnego ruchu lotniczego przeznaczona do startu i lądownia statków powietrznych oraz ruchu naziemnego statków, związanego ze startem i lądowaniem. Pole manewrowe nie obejmuje części lotniska przeznaczonej do załadowania i wyładowania statków powietrznych oraz ich obsługi technicznej.

Pole naziemnego ruchu lotniczego (movement area) - część lotniska przystosowana do naziemnego ruchu statków powietrznych. Składa się ona z pola manewrowego i płyty postojowej.

Pole sygnałów (signal area) - powierzchnia na lotnisku przystosowana do umieszczania na niej sygnałów naziemnych.

Pole wzlotów (landing area) - część pola manewrowego przystosowana do startów i lądowań statków powietrznych.

Powierzchnia oceny przeszkód, OAS (obstacle assesment surface) – określona powierzchnia przeznaczona dla ustalenia przeszkód, które powinny być uwzględnione podczas obliczania wysokości bezwzględnej - względnej zapewniającej minimalne przewyższenie nad przeszkodami dla określonego urządzenia i procedury ILS.

Powtarzalny plan lotu/RPL (Repetitive flight plan) - plan lotu dotyczący serii często powtarzających się regularnie wykonywanych pojedynczych lotów o identycznych danych podstawowych, przedstawiony przez użytkownika statku powietrznego do przechowywania i powtarzalnego wykorzystania przez organy ATS.

Poziom (level) - ogólnie odnosi się do pozycji w płaszczyźnie pionowej statku powietrznego w locie i oznacza wysokość względną, wysokość bezwzględną lub poziom lotu.

Poziom lotu (flight level) - powierzchnia o stałym ciśnieniu atmosferycznym, odniesiona do szczególnej wartości tego ciśnienia, równej 1013,2 hPa (760 mm Hg) i oddzielona od innych takich powierzchni określonymi różnicami ciśnienia. Podkreślić należy, że wysokościomierz barometryczny wyskalowany według atmosfery wzorcowej:

- będzie wskazywał wysokość bezwzględną - jeżeli został nastawiony na ciśnienie QNH;
- będzie wskazywał wysokość względną - jeżeli został nastawiony na ciśnienie QFE;
- może być wykorzystany do określenia poziomów lotów - jeżeli został nastawiony na ciśnienie 1013,2 hPa (760 mm Hg).

W tym przypadku pod pojęciem "wysokość bezwzględna" i "wysokość względna" należy rozumieć wysokości mierzone wysokościomierzem barometrycznym.

Poziom przejściowy (transition level) - najniższy poziom lotu, jaki można wykorzystać powyżej wysokości przejściowej.

Poziom przelotu (cruisinig level) - poziom utrzymywany podczas znacznej części lotu.

Pozycja oczekiwania przy kołowaniu (taxi-holding position) - wyznaczone miejsce, gdzie kołującym statkom powietrznym i pojazdom można polecić zatrzymanie się, aby zapewnić odpowiednią odległość od drogi startowej.

Pozycja śledzona radarowo (radar track position) - pozycja statku powietrznego ekstrapolowana przez komputer, oparta o informacje radarowe, wykorzystywana przez komputer do śledzenia ruchu statku powietrznego. Zaznaczyć należy, że w niektórych przypadkach mogą być wykorzystane do śledzenia również inne informacje niż uzyskiwane za pomocą radaru.

Prawie równoległe drogi startowe (near-parallel runways) - nie przecinające się drogi startowe, których przedłużone linie centralne tworzą kąt zbieżności - rozbieżności 15 stopni lub mniejszy.

Procedura oczekiwania (holding procedure) - ustalony manewr, który zapewnia utrzymywanie się statku powietrznego w określonej przestrzeni powietrznej, podczas oczekiwania na dalsze zezwolenie.

Procedura po nieudanym podejściu (missed approach procedure) - procedura, którą należy wykonać, jeżeli podejście do lądowania nie może być kontynuowane.

Procedura podejścia precyzyjnego (precision approach procedure) – procedura podejścia według wskazań przyrządów, w której wykorzystuje się informacje dotyczące azymutu i ścieżki schodzenia, a pochodzące z ILS, PAR.

Procedura podejścia według wskazań przyrządów (instrument approach procedure) – prezentuje cały szereg uprzednio ustalonych manewrów wykonywanych według wskazań przyrządów pokładowych z określonym zabezpieczeniem przed zderzeniem z przeszkodami,

od pozycji (fix) rozpoczęcia podejścia początkowego lub (tam, gdzie jest to stosowane) od początku określonej trasy dolotu do punktu, od którego może być wykonane lądowanie, a w przypadku gdy lądowanie nie zostało wykonane, do pozycji (fix), w której obowiązują odpowiednie kryteria przewyższenia nad przeszkodami dla lotu w oczekiwaniu lub dla lotu po trasie.

Procedura z dwoma zakrętami po 180 stopni (racetrack procedure) – procedura umożliwiająca statkowi powietrznemu zredukowanie wysokości bezwzględnej podczas lotu w segmencie podejścia początkowego i/lub wprowadzenie statku powietrznego na kierunek dolotu, gdy wejście do procedury z nawrotem nie jest dogodne.

Procedura z nawrotem (reversal procedure) – procedura umożliwiająca statkowi powietrznemu zmianę kierunku lotu w segmencie podejścia początkowego procedury podejścia według wskazań przyrządów. Takie odwrócenie kierunku uzyskuje się przez wykonanie zakrętów proceduralnych lub zakrętów podstawowych.

Profil (profile) - rzut toru lotu lub jego części na pionową powierzchnię przechodzącą przez nominalną linię drogi.

Prognoza pogody (forecast) - informacja o warunkach meteorologicznych przewidywanych na określony czas dla określonego rejonu lub części przestrzeni powietrznej.

Próg drogi startowej, THR (threshold) - początek drogi startowej lub wydzielona jej część przeznaczona do wykonywania lądowania przez statki powietrzne.

Przelot ze wznoszeniem (cruise climb) - technika przelotu samolotu powodująca wzrost wysokości bezwzględnej w wyniku zmniejszania się masy samolotu.

Przestrzenie powietrzne służb ruchu lotniczego (air traffic services airspaces) - przestrzenie powietrzne o określonych wymiarach, oznaczone alfabetycznie, wewnątrz których mogą być wykonywane określone rodzaje lotów i dla których są ustalone służby ruchu lotniczego i przepisy o operacjach. Podkreślić należy, że przestrzenie powietrzne ATS są sklasyfikowane jako klasy od A do G, jak podano w PL-11.

Przestrzeń powietrzna kontrolowana (controlled airspace) - przestrzeń powietrzna o określonych wymiarach, w której służba kontroli ruchu lotniczego jest zapewniana dla lotów IFR i lotów VFR zgodnie z klasyfikacją przestrzeni powietrznej. Celowe jest podanie, że pod pojęciem ogólnym "przestrzeń powietrzna kontrolowana" należy rozumieć przestrzeń powietrzną ATS klasy A, B, C, D i E, jak podano w przepisach PL-11.

Przestrzeń powietrzna ze służbą doradczą (advisory airspace) - przestrzeń powietrzna o określonych wymiarach (lub wyznaczona trasa), wewnątrz której (lub na której) służba doradcza ruchu lotniczego jest dostępna.

Przetwarzanie danych (data processing) - systematyczna kolejność operacji dokonywana na danych. Przykładami takich operacji są: łączenia, segregacja, zliczanie lub dowolne inne przekształcanie, przydzielanie, w celu wyłączenia lub uszczegółowienia informacji, a także zmiana układu jej przedstawienia.

Przewidywany czas odblokowania (estimated off-block time) - przewidywany czas, w którym statek powietrzny rozpocznie manewry związane z odlotem.

Przewidywany czas przelotu (estimated elapsed time)- przewidywany czas potrzebny do przebycia od jednego znaczącego punktu nawigacyjnego do następnego.

Przewidywany czas przylotu (estimated time of arrival) – oznacza odpowiednio dla lotów:

IFR - przewidywany czas przybycia statku powietrznego nad wyznaczony punkt, określony w odniesieniu do pomocy nawigacyjnych, od którego jest zamierzone rozpoczęcie procedury podejścia według wskazań przyrządów lub gdy nie ma pomocy nawigacyjnej związanej z lotniskiem, czas, w którym statek przybędzie nad lotnisko;

VFR - przewidywany czas przybycia statku powietrznego nad lotnisko.

Przydział/przydzielać (assignment/assign) - przyznawanie częstotliwości stacjom. Przyznawanie kodów SSR lub 24 - bitowych adresów statkom powietrznym.

Pułap chmur (ceiling) - wysokość nad ziemią lub wodą podstawy najniższej warstwy chmur, znajdujących się poniżej 6000 m (20000 ft) i pokrywających więcej niż połowę nieba.

Punkt drogi RNAV (way-point RNAV) - ustalone miejsce geograficzne wykorzystywane do określenia trasy nawigacji obszarowej lub toru lotu statku powietrznego, stosującego nawigację obszarową.

Punkt meldowania (reporting point) - określone miejsce geograficzne, w odniesieniu do którego jest podawana pozycja statku powietrznego.

Punkt oczekiwania (holding point) - określone miejsce mogące być zidentyfikowane wzrokowo lub w inny sposób, w pobliżu którego pozycja statku powietrznego w locie jest utrzymywana zgodnie z zezwoleniem kontroli ruchu lotniczego.

Punkt przekazania kontroli (transfer of control point) - określony punkt znajdujący się na torze lotu statku powietrznego, w którym odpowiedzialność za zapewnienie statkowi powietrznemu służby kontroli ruchu lotniczego jest przekazywana z jednego organu kontroli lub stanowiska kontroli do następnego.

Punkt przyziemienia (touchdown) - punkt, w którym nominalna ścieżka schodzenia statku powietrznego przecina drogę startową. Wymieniony punkt przyziemienia jest tylko punktem odniesienia, i niekoniecznie jest rzeczywistym punktem, w którym statek powietrzny dotknie drogi startowej.

Punkt rozpoczęcia procedury po nieudanym podejściu, MAP_t (missed approach point) – punkt w procedurze podejścia według wskazań przyrządów, w którym lub przed którym musi być rozpoczęta ustalona procedura po nieudanym podejściu, w celu zachowania minimalnego przewyższenia nad przeszkodami.

Rada dla zapobieżenia kolizji (traffic avoidance advice) - rada udzielana pilotowi przez organ służb ruchu lotniczego, określająca manewry w celu okazania pomocy w zapobieżeniu kolizji.

Radar (radar) - radiowe urządzenie wykrywające, podające informacje o odległości, azymucie i/lub wzniesieniu obiektów.

Radar approach (podejście radarowe) - podejście wykonywane przez statek powietrzny według poleceń kontrolera radarowego.

Radar dozorowania (surveillance radar) - urządzenie radarowe wykorzystywane do określania pozycji statku powietrznego odległością i azymutem.

Radar identification (identyfikacja radarowa) - czynność polegająca na skorelowaniu danego echa radarowego statku powietrznego lub symbolu pozycji radarowej z określonym statkiem powietrznym.

Radar pierwotny (primary radar) - urządzenie, które wykorzystuje odbite sygnały radiowe. Radar pierwotny dozorowania/PSR (primary surveillance radar) - radarowy system dozorowania, który wykorzystuje odbite sygnały radiowe.

Radar precyzyjnego podejścia/PAR (precision approach radar) - radar pierwotny używany do określenia pozycji statku powietrznego podczas podejścia końcowego, przez podawanie poziomych i pionowych odchyleń tego statku od nominalnej ścieżki podejścia oraz jego odległości od punktu przyziemienia. Zasadne jest podanie, że radary precyzyjnego podejścia są przeznaczone do umożliwienia podawania pilotom za pomocą radia informacji dotyczących prowadzenia statku powietrznego podczas podejścia końcowego do lądowania.

Radar wtórny dozorowania/SSR (secondary surveillance radar/SSR) - radarowy system dozorowania wykorzystujący nadajniki/odbiorniki (urządzenia zapytujące) i transpondery.

Radiostacja kontroli powietrze – ziemia (air - ground control radio station) - radiokomunikacyjna stacja lotnicza, która przede wszystkim jest odpowiedzialna za obsługę łączności związanej z lotami i kontrolą statków powietrznych w danym obszarze.

Regulowanie przepływu (flow control) - kroki podejmowane w celu dostosowania przepływu ruchu statków powietrznych wlatujących do danej przestrzeni powietrznej, lecących wzdłuż danej trasy lub do danego lotniska tak, aby zapewnić najlepsze wykorzystanie przestrzeni powietrznej.

Rejon informacji powietrznej/FIR (flight information region) - przestrzeń powietrzna o określonych wymiarach, w której zapewniona jest służba informacji powietrznej i służba alarmowa.

Rejon kontrolowany lotniska lub węzła lotnisk/TMA (terminal control area) - obszar kontrolowany, ustanowiony zwykle u zbiegu dróg lotniczych w pobliżu jednego lotniska lub kilku (węzła) lotnisk.

Rodzaj RNP (RNP type) - wartość graniczna wyrażona jako odległość w milach morskich od planowanej pozycji, w granicach której lot będzie wykonywany przez minimum 95% ogólnego czasu lotu. Jako przykład można podać, że RNP 4 określa nawigacyjną dokładność plus lub minus 4 NM (7,4 km) uwzględniając 95 procentową wartość ogólnego czasu lotu.

Rozdział, rozdzielać (allocation, allocate) - przyznawanie częstotliwości, kodów SSR i innych: państwu, organowi lub służbie. Przyznawanie 24 - bitowych adresów statków powietrznych państwu lub upoważnionej władzy rejestracji znaków ogólnych.

Rozdzielone operacje równoległe (segregated parallel operations) - jednoczesne operacje na równoległych lub prawie równoległych instrumentalnych drogach startowych, z których jedna droga startowa jest używana wyłącznie do podejść, a druga droga startowa - wyłącznie do odlotów.

Rozgłaszanie (broadcast) - nadawanie wiadomości dotyczących żeglugi powietrznej, które nie są adresowane do określonej stacji.

Ruch lotniczy (air traffic) - ruch wszystkich statków powietrznych wykonujących loty lub poruszających się się na polu manewrowym.

Ruch lotniskowy (aerodrome traffic) - wszelki ruch na polu manewrowym oraz ruch wszystkich statków powietrznych wykonujących loty w pobliżu lotniska. Podkreślić należy, że przyjmuje się iż statek powietrzny jest w pobliżu lotniska, gdy znajduje się w kręgu nadlotniskowym, względnie wchodzi w ten krąg lub wychodzi z niego.

Ruch lotniskowy (aerodrome traffic) - wszelki ruch na polu manewrowym oraz ruch wszystkich statków powietrznych wykonujących loty w pobliżu lotniska. Podkreślić należy, że przyjmuje się, iż statek powietrzny jest w pobliżu lotniska,gdy znajduje się w kręgu nadlotniskowym, wchodzi w ten krąg lub wychodzi z niego.

Ruchoma radiokomunikacyjna służba lotnicza (aeronautical mobile service) - służba ruchoma między stacjami lotniczymi i stacjami pokładowymi lub między stacjami pokładowymi, w której mogą brać udział ratunkowe stacje pokładowe, do tej służby mogą być również włączone radiolatarnie ratunkowe wskazujące miejsce wypadku, pracujące na częstotliwościach przydzielonych do używania w stanie niebezpieczeństwa i w nagłych wypadkach.

Segment podejścia końcowego (final approach segment) - segment procedury podejścia według wskazań przyrządów, w którym kierunek i zniżanie do lądowania są ustalone.

Segment podejścia początkowego (initial approach segment) - segment procedury podejścia według wskazań przyrządów między pozycją (fix) rozpoczęcia podejścia początkowego a pozycją (fix) rozpoczęcia podejścia pośredniego lub (tam gdzie jest to stosowane) pozycją (fix) lub punktem rozpoczęcia podejścia końcowego.

Segment podejścia pośredniego (intermediate approach segment) - segment procedury podejścia według wskazań przyrządów między pozycją (fix) rozpoczęcia podejścia pośredniego a pozycją (fix) lub punktem rozpoczęcia podejścia końcowego, albo między końcem procedury podejścia z nawrotem, procedury podejścia z dwoma zakrętami po 180 stopni lub procedury podejścia według zliczania drogi a pozycją (fix) lub punktem rozpoczęcia podejścia końcowego, w zależności od potrzeb.

Sektor podejścia (approach funnel) -określona przestrzeń powietrzna obejmująca nominalną ścieżkę schodzenia do lądowania, w której statek powietrzny podchodzący do lądowania uważany jest za wykonujący normalne podejście.

Separacja proceduralna/nieradarowa (non-radar separation) - separacja stosowana w przypadku, gdy informacja o pozycji statku powietrznego uzyskiwana jest z innych źródeł niż z radaru.

Separacja radarowa (radar separation) - separacja stosowana na podstawie informacji o pozycji statków powietrznych uzyskiwanych z urządzeń radarowych.

Służba alarmowa (alerting service) - służba ustanowiona w celu zawiadamiania właściwych organów o statkach powietrznych potrzebujących pomocy w zakresie poszukiwania i ratownictwa oraz w celu współdziałania z tymi organami w razie potrzeby.

Służba automatycznej informacji lotniskowej/ATIS (automatic terminal information service) - regularne dostarczanie przylatującym i odlatującym statkom powietrznym aktualnych informacji za pomocą ciągłych i powtarzalnych nadawań w ciągu całego dnia lub określonej części dnia.

Służba doradcza ruchu lotniczego (air traffic advisory service) - służba zapewniana w przestrzeni powietrznej ze służbą doradczą w celu utrzymania w miarę możliwości separacji między statkami powietrznymi wykonującymi loty według planów lotu IFR.

Służba informacji powietrznej (flight information service) - służba do udzielania wskazówek i informacji użytecznych dla bezpiecznego i sprawnego wykonywania lotów.

Służba kontroli lotniska (aerodrome control service) - służba ustanowiona w celu sprawowania kontroli ruchu lotniczego w ruchu lotniskowym.

Służba kontroli obszaru (area control service) - służba ustanowiona w celu sprawowania kontroli ruchu lotniczego w odniesieniu do lotów kontrolowanych, wykonywanych w obszarze kontrolowanym.

Służba kontroli ruchu lotniczego (air traffic control service) - służba ustanowiona w celu: zapobiegania zderzeniom się:

- statków powietrznych podczas lotu;
- statków powietrznych ze sobą na polu manewrowym oraz z przeszkodami na tym polu;
- usprawniania i utrzymywania uporządkowanego przepływu ruchu lotniczego.

Służba kontroli zbliżania (approach control service) - służba ustanowiona w celu sprawowania kontroli ruchu lotniczego w odniesieniu do lotów kontrolowanych statków powietrznych przylatujących i odlatujących.

Służba kontroli zbliżania (approach control service) - służba ustanowiona w celu sprawowania kontroli ruchu lotniczego w odniesieniu do lotów kontrolowanych statków powietrznych przylatujących i odlatujących.

Służba radarowa (radar service) - wyrażenie używane do określenia służby kontroli ruchu lotniczego zapewnianej bezpośrednio za pomocą radaru.

Służba ruchu lotniczego/ATS (air traffic service/ATS) - wyrażenie ogólne oznaczające zarówno służbę informacji powietrznej, służbę alarmową, służbę doradczą ruchu lotniczego, służbę kontroli ruchu lotniczego, służbę nadzoru ruchu lotniczego, jak i służbę koordynacji ruchu lotniczego.

Spodziewany czas podejścia (expected approach time) - przewidywany przez organ kontroli ruchu lotniczego - ATC czas, w którym przybywający statek powietrzny w wyniku opóźnienia opuści punkt oczekiwania w celu wykonania podejścia do lądowania. Zatem aktualny czas opuszczenia punktu oczekiwania będzie zależny od zezwolenia na podejście.

Stacja lotnicza (aeronautical station) - stacja naziemna ruchomej radiokomunikacyjnej służby lotniczej. W pewnych przypadkach stacja lotnicza może być umieszczana na pokładzie statku wodnego lub platformie morskiej.

Stała służba lotnicza/AFS (aeronautical fixed service/AFS) - służba telekomunikacyjna między określonymi punktami stałymi, przeznaczona głównie do zapewnienia bezpieczeństwa żeglugi powietrznej oraz regularnego, sprawnego i ekonomicznego działania służb lotniczych.

Stała stacja lotnicza (aeronautical fixed station) – stacja stałej służby lotniczej.

Standardowy dolot według wskazań przyrządów, STAR (standard instrument arrival) – wyznaczona trasa dolotu zgodnie z przepisami dla lotów według wskazań przyrządów (IFR),

łącząca znaczący punkt nawigacyjny, zwykle na trasie ATS, z punktem od którego może się rozpoczynać opublikowana procedura podejścia według wskazań przyrządów.

Standardowy odlot według wskazań przyrządów, SID (standard instrument departure) – to w szczególny sposób wyznaczona trasa dolotu zgodnie z przepisami dla lotów według wskazań przyrządów (IFR), łącząca lotnisko odlotu lub określoną drogę startową lotniska ze znaczącym punktem nawigacyjnym, zwykle na wyznaczonej trasie ATS, od którego zaczyna się faza lotu po trasie.

Status lotu (flight status) – wskazówka, informująca o tym, że dany statek powietrzny wymaga specjalnego traktowania przez organy służb ruchu lotniczego.

Strefa kontrolowana lotniska (control zone) - przestrzeń powietrzna kontrolowana rozciągająca się od powierzchni ziemi do określonej górnej granicy.

Strefa manewrowa, okrążenia, z widocznością (visual manoeuvring, circling, area) – strefa, w której powinno być wzięte pod uwagę przewyższenie nad przeszkodami dla statków powietrznych wykonujących podejście z okrążeniem.

Strefa normalnych operacji, NOZ (normal operating zone, NOZ) - przestrzeń powietrzna o określonych wymiarach, rozciągająca się po obu stronach linii centralnej radiolatarni kierunku ILS. Przy niezależnych równoległych podejściach tylko wewnętrzna połowa strefy normalnych operacji jest brana pod uwagę.

Strefa poboczna (secondary area) – określona strefa z obu stron strefy podstawowej, rozciągająca się wzdłuż nominalnej drogi lotu, ze zmniejszającym się w kierunku krawędzi zewnętrznych, przewyższeniem nad przeszkodami.

Strefa podejścia końcowego i startu, FATO (final approach and take-off area) – określona strefa, nad którą końcowa faza manewru podejścia do zawisu lub lądowania jest zakończona i od której rozpoczyna się manewr startu oraz gdy FATO ma być wykorzystana przez śmigłowce o wymaganiu klasy I, to zawiera ona rozporządzalną strefę przerwanego startu.

Strefa podstawowa (primary area) – określona strefa, położona symetrycznie po obu stronach nominalnej drogi lotu, ze stałym określonym przewyższeniem nad przeszkodami.

Symbol pozycji radarowej, RPS (Radar position symbol, RPS) - zobrazowanie w postaci symbolu na wskaźniku radarowym pozycji statku powietrznego, uzyskanej po automatycznym przetworzeniu danych o pozycji statku powietrznego, uzyskanej z radaru pierwotnego i/lub wtórnego.

Ścieżka schodzenia (glide path) - profil zmiany wysokości ustalony podczas prowadzenia statku powietrznego w płaszczyźnie pionowej, kiedy wykonywana jest procedura podejścia końcowego.

Śnieg na powierzchni ziemi (snow on the ground) – rozróżnić można trzy zasadnicze określenia dotyczące śniegu:

suchy śnieg - śnieg, który gdy nie jest ubity, rozprasza się pod wpływem podmuchu i/lub który, po ściśnięciu w dłoni, rozpada się po zwolnieniu uścisku, a jego gęstość jest mniejsza niż 0,35;

mokry śnieg - śnieg, który ściśnięty w dłoni zlepia się oraz tworzy lub ma tendencję do tworzenia bryły, a jego gęstość zawarta jest w granicach od 0,35 do 0,5 (wyłącznie);

ubity śnieg - śnieg, który został zagęszczony w jednolitą masę nie poddającą się dalszemu zagęszczeniu i który przy podnoszeniu zlepia się lub rozkrusza, a jego gęstość jest większa od 0,5;

Telekomunikacyjna służba lotnicza (aeronautical telecommunication service) - służba telekomunikacyjna przeznaczona do dowolnych celów lotniczych.

Telekomunikacyjna stacja lotnicza (aeronautical telecommunication station) - stacja telekomunikacyjnej służby lotniczej.

Topniejący śnieg (slush) - śnieg nasycony wodą, który uderzony z góry obcasem lub czubkiem buta rozbryzguje się, a jego ciężar właściwy zawiera się w granicach od 0,5 do 0,8. Podkreślić należy, że połączenie lodu, śniegu i/lub stojącej wody mogą (zwłaszcza gdy pada deszcz, deszcz i śnieg lub śnieg) tworzyć substancje o ciężarach właściwych powyżej 0,8. Substancje te na skutek dużej zawartości wody/lodu, będą miały raczej wygląd bardziej przeźroczysty niż mętny i przy większych ciężarach właściwych będą łatwo odróżnialne od topniejącego śniegu.

Trasa nawigacji obszarowej (area navigation route) - trasa ATS, ustanowiona dla statków powietrznych, które mogą stosować nawigację obszarową.

Trasa ruchu lotniczego/trasa ATS (ATS route) - określona wyznaczona droga przeznaczona do kanalizowania według potrzeby przepływu ruchu, w celu zapewnienia służb ruchu lotniczego. Celowe jest podanie, że pojęcie „trasa ruchu lotniczego" jest używane do określenia zarówno drogi lotniczej, trasy kontrolowanej lub niekontrolowanej, jak i trasy dolotu lub odlotu itp.

Trasa ze służbą doradczą (advisory route) - wyznaczona trasa, na której służba doradcza ruchu lotniczego jest dostępna. Podkreślić należy, że służba kontroli ruchu lotniczego zapewnia bardziej pełną służbę niż służba doradcza ruchu lotniczego. Natomiast przestrzeni i tras ze służbą doradczą nie ustanawia się w przestrzeni powietrznej kontrolowanej, lecz służbę doradczą ruchu lotniczego można zapewniać poniżej i powyżej przestrzeni powietrznych kontrolowanych.

Warstwa przejściowa (transition layer) - przestrzeń powietrzna zawarta między wysokością przejściową a poziomem przejściowym.

Wartość D (D-value) - liczba (dodatnia lub ujemna), o którą różni się wysokość bezwzględna (Z) punktu na powierzchni izobarycznej od wysokości bezwzględnej (Zp) tej samej powierzchni izobarycznej w atmosferze wzorcowej przyjętej przez ICAO (oznacza to, że wartość D = Z – Zp).

Warunki meteorologiczne dla lotów według wskazań przyrządów (instrument meteorological conditions) - warunki meteorologiczne wyrażone widzialnością i podstawą chmur, mniejsze niż minimlne warunki meteorologiczne, ustalone dla lotów z widocznością. Zaznaczyć trzeba, że minimalne warunki meteorologiczne dla lotów z widocznością podane są w rozdziale 4 przepisów PL - 2. W strefie kontrolowanej lotniska loty VFR mogą być wykonywane w warunkach meteorologicznych dla lotów według wskazań przyrządów, zgodnie z warunkami określonymi w zezwoleniu kontroli ruchu lotniczego.

Warunki meteorologiczne dla lotów z widocznością (visual meteorological conditions) - warunki meteorologiczne wyrażone widzialnością, podstawą chmur, równe lub większe od ustalonych wartości minimalnych. Zasadne jest podanie, że minimalne warunki meteorologiczne wymagane dla lotów wykonywanych z widzialnością podane są w rozdziale 4 przepisów PL-2.

Wektorowanie radarowe (radar vectoring) - zapewnianie statkom powietrznym prowadzenia nawigacyjnego przez podawanie określonych kursów na podstawie wykorzystania radaru.

Widzialność (visibility) - możliwość dostrzegania i rozpoznawania znacznych nieoświetlonych obiektów w dzień i znacznych oświetlonych obiektów w nocy, uzależniona od warunków atmosferycznych i wyrażana jest ta wielkość w jednostkach odległości.

Widzialność przy ziemi (ground visibility) - widzialność na lotnisku, podawana przez upoważnionego obserwatora.

Widzialność w locie (flight visibility) - widzialność do przodu z kabiny pilota w czasie lotu.

Właściwa władza ATS (appropriate ATS authority) - odpowiednia władza wyznaczona przez państwo, odpowiedzialna za zapewnienie służb ruchu lotniczego w danej przestrzeni powietrznej.

Wpływ ziemi (ground effect) - warunek polepszenia charakterystyki (siły nośnej) w wyniku wpływu powierzchni ziemi na strumień powietrza wytworzony przez wirnik (poduszka powietrzna), gdy śmigłowiec lub inny statek powietrzny VTOL wykonuje lot przy ziemi. Podkreślić należy, że dla większości śmigłowców efektywność wirnika zwiększa się pod wpływem ziemi do wysokości w przybliżeniu odpowiadającej jednej średnicy wirnika.

Wymagana charakterystyka nawigacyjna, RNP (required navigation performance) - określenie dokładności charakterystyki nawigacyjnej niezbędnej do wykonywania lotów w granicach ustalonej przestrzeni powietrznej.

Wzniesienie (elevation) – pionowa odległość punktu lub poziomu na powierzchni ziemi albo punktu lub poziomu związanych z tą powierzchnią, mierzona od średniego poziomu morza.

Wysokość bezwzględna (altitude) - odległość pionowa poziomu, punktu lub przedmiotu rozpatrywanego jako punkt, mierzona od średniego poziomu morza.

Wysokość bezwzględna decyzji, DA (decision altitude, DA) - wysokość bezwzględna przy podejściu precyzyjnym rozpoczynająca procedurę po nieudanym podejściu, jeżeli nie nawiązano wzrokowego kontaktu z terenem, niezbędnego do kontynuowania podejścia. Wysokość bezwzględna decyzji (DA) jest odniesiona do średniego poziomu morza. Wymagany kontakt wzrokowy z terenem oznacza widzenie części pomocy wzrokowych lub strefy podejścia w odstępie czasu wystarczającym dla oceny przez pilota pozycji statku powietrznego i szybkości jej zmiany w odniesieniu do nominalnego toru lotu.

Wysokość bezwzględna przejściowa (transition altitude) - wysokość bezwzględna, na której lub poniżej której pozycja statku powietrznego w płaszczyźnie pionowej określana jest jako wysokość bezwzględna.

Wysokość bezwzględna zapewniająca minimalne przewyższenie nad przeszkodami, OCA (obstacle clearance altitude) - najniższa wysokość bezwzględna nad wzniesieniem odnośnego progu drogi startowej albo nad wzniesieniem lotniska (stosownie do przypadku), wykorzystywana dla zachowania odpowiednich kryteriów przewyższenia nad przeszkodami. Wysokość bezwzględna zapewniająca minimalne przewyższenie nad przeszkodami jest odniesiona do średniego poziomu morza.

Wysokość względna zapewniająca minimalne przewyższenie nad przeszkodami, OCH (obstacle clearance height) - najniższa wysokość względna nad wzniesieniem odnośnego progu drogi startowej albo nad wzniesieniem lotniska (stosownie do przypadku), wykorzystywana dla zachowania odpowiednich kryteriów przewyższenia nad przeszkodami. Wysokość względna zapewniająca minimalne przewyższenie nad przeszkodami jest odniesiona do wzniesienia progu drogi startowej lub w przypadku podejść nieprecyzyjnych do wzniesienia lotniska lub wzniesienia progu drogi startowej, jeżeli wzniesienie to jest większe niż 2 m (7 stóp), poniżej wzniesienia lotniska. Wysokość względna zapewniająca minimalne przewyższenie nad przeszkodami dla podejścia z okrążeniem jest odniesiona do wzniesienia lotniska.

Wysokość względna (height) - odległość pionowa poziomu, punktu lub przedmiotu rozpatrywanego jako punkt, mierzona od określonego poziomu odniesienia - lotnisko.

Wysokość względna decyzji, DH (decision height, DH) - wysokość względna przy podejściu precyzyjnym, na której rozpoczyna się procedurę po nieudanym podejściu, jeżeli nie nawiązano wzrokowego kontaktu z terenem, niezbędnego do kontynuowania podejścia. Wysokość względna decyzji (DH) jest odniesiona do progu drogi startowej. Wymagany kontakt wzrokowy z terenem oznacza widzenie części pomocy wzrokowych lub strefy podejścia w odstępie czasu wystarczającym dla oceny przez pilota pozycji statku powietrznego i szybkości jej zmiany w odniesieniu do nominalnego toru lotu. W operacjach kategorii III przy wykorzystaniu wysokości względnej decyzji niezbędny kontakt wzrokowy z terenem sprowadza się do wykonania konkretnych procedur i operacji.

Wzniesienie (elevation) - pionowa odległość punktu lub poziomu na powierzchni ziemi albo punktu lub poziomu związanych z tą powierzchnią, mierzona od średniego poziomu morza.

Wzniesienie lotniska (aerodrome elevation) - wzniesienie najwyższego punktu pola wzlotów.

Zakłócenia radarowe (radar clutter) - niepożądane sygnały zobrazowane na wskaźniku radarowym.

Zakręt podstawowy (base turn) - zakręt wykonywany przez statek powietrzny podczas podejścia początkowego, między końcem drogi odlotu a początkiem drogi podejścia pośredniego lub końcowego. Kierunki tych dróg nie są przeciwne. Zakręty podstawowe mogą być wyznaczone do wykonywania w locie poziomym lub podczas zniżania, stosownie do warunków ustalonych dla każdej indywidualnej procedury.

Zakręt proceduralny (procedure turn) - manewr, w którym wykonywany jest zakręt od wyznaczonej linii drogi i po którym następuje zakręt w kierunku przeciwnym, w celu umożliwienia statkowi powietrznemu wejścia na kierunek przeciwny wyznaczonej drogi i lot w tym kierunku. Zakręty proceduralne są wyznaczane do wykonywania jako lewe lub prawe, w zależności od kierunku zakrętu początkowego. Zakręty proceduralne mogą być wyznaczane do wykonywania w locie poziomym lub podczas zniżania, stosownie do warunków ustalonych dla każdej indywidualnej procedury.

Zależne równoległe podejścia – (dependent parallel approaches) - jednoczesne podejścia na równoległe lub prawie równoległe instrumentalne drogi startowe, gdy są ustanowione minima separacji radarowej między statkami powietrznymi znajdującymi się na przedłużeniu sąsiednich linii centralnych dróg startowych.

Zasady grupowania danych (data convention) - zbiór uzgodnionych danych określających sposób lub kolejność łączenia wielu danych dla zestawienia informacji posiadających określone znaczenie.

Zasięg widzenia wzdłuż drogi startowej/RVR (runway visual range/RVR) - odległość, do której pilot statku powietrznego znajdującego się na podłużnej osi drogi startowej może widzieć oznaczenia na powierzchni drogi startowej albo światła krawędziowe drogi startowej lub światła oznaczające jej oś.

Zbiór Informacji Lotniczych/Polska (Aeronautical Information Publication - Poland) - publikacje wydawane przez polski, państwowy cywilny organ ruchu lotniczego, zawierające informacje lotnicze o charakterze trwałym, istotne dla żeglugi powietrznej, a dotyczące polskiego rejonu informacji powietrznej. Tytuły poszczególnych publikacji są określone w odrębnych przepisach.

Zbliżenie statków powietrznych (aircraft proximity) - sytuacja, w której według opinii pilota lub personelu służb ruchu lotniczego, odległość między statkami powietrznymi, a także ich względne pozycje i prędkość są takie, że bezpieczeństwo tych statków powietrznych może być nie zapewnione. Podkreślić należy, że zbliżenie statków powietrznych klasyfikuje się następująco:

ryzyko kolizji (risk of collision) – to stopień zagrożenia, powstały w rezultacie zbliżenia się na niebezpieczną odległość względem siebie statków powietrznych, stwarzający poważne niebezpieczeństwo kolizji;

bezpieczeństwo nie zapewnione (safety not determined) - stopień zagrożenia, kiedy w rezultacie zbliżenia się statków powietrznych bezpieczeństwo tych statków może być zagrożone;

brak ryzyka kolizji (no risk collision) - stopień zagrożenia, kiedy w rezultacie zbliżenia się statków powietrznych ryzyko kolizji nie występuje;

zagrożenia nie określono (risk not determined) – stopień zagrożenia w rezultacie zbliżenia się statków powietrznych, kiedy nie można określić ryzyka kolizji ze względu na brak wystarczającej informacji lub niewiarygodne albo sprzeczne dowody.

Zezwolenie kontroli ruchu lotniczego (air traffic control clearance) - upoważnienie dowódcy statku powietrznego do postępowania zgodnie z warunkami określonymi przez organ kontroli ruchu lotniczego. Podkreślić należy, że zamiast wyrażenia „zezwolenie kontroli ruchu lotniczego", stosuje się często dla wygody skróconą formę „zezwolenie". Do skróconej formy wyrażenia „zezwolenie" mogą być dodane słowa „na kołowanie", „na start", „na odlot", „na lot po trasie", „na podejście", „na lądowanie" i inne, w celu wskazania tej części fazy lotu, do której odnosi się zezwolenie kontroli ruchu lotniczego.

Złożony plan lotu (filed flight plan) - plan lotu bez ewentualnych zmian przedstawiony organowi ATS przez pilota lub jego upoważnionego przedstawiciela. Jeżeli użyte zostało słowo

„depesza" wraz z wyżej wymienionym hasłem, to określa ono treść i formę złożonego planu lotu zgodnie z przekazem.

Znaczący punkt nawigacyjny (significant point) – ustalone miejsce geograficzne wykorzystywane do określania przebiegu trasy lotniczej lub toru lotu statku powietrznego albo do innych celów nawigacyjnych i służby ruchu lotniczego.

Znak rozpoznawczy statku powietrznego (aircraft identification) - grupa liter, cyfr lub ich kombinacja, która jest albo identyczna ze znakiem wywoławczym statku powietrznego, stosowanym w łączności powietrze - ziemia lub stanowi równoważnik kodowy tego znaku. Znak rozpoznawczy jest stosowany w celu umożliwienia zidentyfikowania statku powietrznego w łączności ziemia - ziemia między służbami ruchu lotniczego.

Zobrazowanie radarowe (radar display) - elektroniczne zobrazowanie informacji uzyskanych za pomocą radaru, ukazujące pozycję i ruch statku powietrznego.

Zobrazowanie radarowe pozycji/RP1 (radar position indication/RPI) - zobrazowanie pozycji statku powietrznego na wskaźniku radarowym, uzyskanej z radaru pierwotnego i/lub radaru wtórnego.

1.2. Skróty powszechnie stosowane – commonly used abbreviations

ACAS – Airborne Collision Avoidance System – Pokładowy system zapobiegania kolizjom;

ACC – Air Control Centre – Ośrodek kontroli obszaru lub kontrola obszaru;

ACG - ATM/CNS Consultancy Group

ADF – Automatic Direction Finder – Automatyczny radionamiernik;

ADIZ – Air Defence Identification Zone – Strefa identyfikacji obrony powietrznej;

ADVS – Advisory Service – Służba doradcza ruchu lotniczego;

AEA - Association of European Airlines

AFIL – Air Field Flight Plan – Plan złożony z powietrza;

AFIS – Aerodrome Flight Information Service - Lotniskowa służba informacji powietrznej;

AFISO – Aerodrome Flight Information Service Officer – Oficer dyżurny lotniskowej służby informacji powietrznej;

AFTN – Aeronautical Fixed Telecommunication Network – Stała lotnicza sieć telekomunikacyjna;

AGL – Above Ground Level – Powyżej poziomu terenu;

AIC - Aeronautical Information Circular;

AIP – Aeronautical Information Publication – Zbiór informacji lotniczych;

AIS – Aeronautical Information Service – Służba informacji lotniczej;

AMC – Airspace Management Cell – Centrum zarządzania przestrzenią powietrzną;

AMSL – Above Mean Sea Level – Nad średnim poziomem morza;

ANM – AFTM Notification Message – Depesza zawiadamiająca AFTM;

ANSP - Air Navigation Service Provider;

ANT – Airspace and Navigation Team – Zespół EATCHIP ds. Przestrzeni powietrznej i nawigacji;

APP – Approach Control Office – Organ kontroli zbliżania;

ASM – Airspace Management – Zarządzanie przestrzenią powietrzną;

ASOC – Air Sovereignty Operations Center – Centrum Wspomagania Operacji Powietrznych;

ATC – Air Traffic Control – Kontrola ruchu lotniczego;

ATFM – Air Traffic Flow Management – Zarządzanie przepływem ruchu lotniczego;

ATIS – Automatic Terminal Information Service – Służba automatycznej informacji lotniskowej;

ATS – Air Traffic Services – Służby ruchu lotniczego;

ATZ – Aerodrome Traffic Zone – Strefa ruchu lotniskowego;

AUP – Airspace Use Plan – Plan użytkowania przestrzeni;

AWY – Airway – Droga lotnicza;

C/L – Centre line – Linia centralna;

CADF – Centralised Airspace Data Function – Funkcja scentralizowanych danych o przestrzeni powietrznej;

CBA – Cross Border Area – Rejon lotów po obu stronach granicy państwowej;

CCF – Common Control Function – Wspólna funkcja kontroli ruchu lotniczego;

CDR – Conditional Route – Warunkowa droga lotnicza;

CEAC – Committee for European Airspace Coordination – Komitet do Spraw Koordynacji Europejskiej Przestrzeni Powietrznej;

CFMU – Central Flow Management Unit – Centralny Ośrodek Zarządzania Przepływem;

CIDIN – Common ICAO Data Interchange Network – Wspólna ICAO-wska sieć;

CRAM – Conditional Route Availability Message – Informacja o dostępności drogi;

CTA – Control Area – Obszar kontrolowany;

CTR – Control Zone – Strefa kontrolowana lotniska;

D – Danger Area – Strefa niebezpieczna;

D&D – Distress and Diversion – Stanowiska służby alarmowej w FIC;

DER – Departure end of the runway – Koniec rozporządzalnej drogi startowej;

DME – Distance Measuring Equipment - Urządzenie do pomiaru odległości (radiodalmierz);

DR – Dead reckoning – Zliczanie;

EATCHIP - European ATC Harmonization and Integration Programme – Europejski Program Harmonizacji i Integracji Kontroli Ruchu Lotniczego;

ECAC - European Civil Aviation Conference - Europejska Konferencja Lotnictwa Cywilnego;

EFIS – Electronic flight instrument system – System elektronicznych przyrządów lotu;

ETA – Expected Time of Arrival – Przewidywany czas przylotu lub przewidywany przylot;

ETD – Expected time of Departure – Przewidywany czas odlotu lub przewidywany odlot;

EUROCAE - European Organisation for Civil Aviation Electronics;

FIC – Flight Information Centre - ośrodek informacji powietrznej;

FIR - Flight Information Region - rejon informacji powietrznej;

FAA - Federal Aviation Administration;

FAC – Final Approach Course – Kurs końcowego podejścia;

FAF – Final Approach Fix – Pozycja końcowego podejścia;

FAP – Final approach point – Punkt rozpoczęcia podejścia końcowego;

FIS - Flight Information Service - służba informacji powietrznej;

FISO – Flight Information Service Officer - oficer dyżurny informacji powietrznej;

FMP – Flow Management Position - stanowisko zarządzania przepływem ruchu lotniczego;

FMS – Flight Management System – System kierowania lotem;

FPL – Flight Plan - złożony plan lotu;

FUA – Flexible Use of Airspace - elastyczne użytkowanie przestrzeni powietrznej;

GAT – General Air Traffic - ogólny ruch lotniczy;

GCA – Ground Control Approach – nawigacyjny system podejścia kontrolowanego z ziemi lub podejście kontrolowane z ziemi;

GL – Ground Level - poziom terenu;

GPI – Ground Point of Intercept – naziemny punkt przechwycenia;

H24 – Hour 24 - działanie służby przez całą dobę;

HAA – Height Above Airport (Elevation) – wysokość powyżej lotniska (elewacji);

HAT – Height Above Touchdown Zone Elevation – wysokość powyżej strefy przyziemienia elewacji;

HF – High Frequency - wielka częstotliwość;

HRM – Human Resources Management - zarządzanie zasobami ludzkimi;

HSI – Horizontal situation indicator – Sztuczny horyzont;

IAC – Initial Approach Course – Kurs początkowego podejścia;

IAF – Initial Approach Fix – Pozycja początkowego podejścia;

IAS – Indicated airspeed – Prędkość przyrządowa;

IATA - International Air Transport Association;

IC – Intermediate Course – Pośredni kurs;

ICAO - International Civil Aviation Organisation;

IF – Intermediate Approach Fix – Pozycja rozpoczęcia podejścia pośredniego;

IFR – Instrument Flight Rules - Przepisy wykonywania lotów według wskazań przyrządów;

IFR/GAT - Instrument Flight Rules/General Air Transport

ILS – Instrument Landing System - System lądowania według wskazań przyrządów;

IMC – Instrument Meteorological Conditions - Warunki meteorologiczne dla lotów według wskazań przyrządów;

INFO – Information – Informacja;

INS – Inertial Navigation System - Bezwładnościowy (inercyjny) system nawigacyjny;

IRC – In-flight Refueling Control - Kontrola tankowania w powietrzu;

ISA – International standard atmosphere – Międzynarodowa atmosfera wzorcowa;

JAA - Joint Airworthiness Authorities;

JTSO - JAA technical Standing Order;

LoA – Letter of Agreement - Porozumienie o współpracy (pomiędzy organami ATM);

LOC – Localizer – Lokalizer;

LORAN – Long Range Navigation System - LORAN (system nawigacji dalekiego zasięgu);

MAP_t – Missed Approach Point – Punkt rozpoczęcia procedury po nieudanym podejściu;

MATZ – Military ATZ – Strefa ruchu lotniskowego lotniska wojskowego;

MCTR – Military CTR – Strefa kontrolowana lotniska wojskowego;

MDA – Minimum Descent Altitude – Minimalna wysokość bezwzględna zniżania;

MDH - Minimum Descent Height - Minimalna wysokość względna zniżania;

MET – Meteorological – Meteorologiczny lub meteorologia;

MLS – Microwave Landing System – Mikrofalowy System Lądowania;

MOC – Minimum Obstacle Clearance – Minimalne przewyższenie nad przeszkodami;

Mode S - Mode Select;

MOPS - Minimum Operational Performance Specifications;

MSL – Mean Sea Level – Średni poziom morza;

MSSR - Monopulse Secondary Surveillance Radar;

MTMA – Military TMA – Rejon kontrolowany lotniska wojskowego (węzła lotnisk);

NATO - North Atlantic Treaty Organization - Organizacja Traktatu Północno-Atlantyckiego;

NDB – Non-directional Beacon - Radiolatarnia bezkierunkowa;

NOZ – Normal Operating Zone – Strefa normalnych operacji;

NPRM - Notice of Proposed Rule Making;

NTZ – No Transgression Zone – Nieprzekraczalna strefa;

OAT – Operational Air Traffic - Operacyjny ruch lotniczy;

OCA – Obstacle Clearance Altitude – Wysokość bezwzględna zapewniająca minimalne przewyższenie nad przeszkodami;

OCH – Obstacle Clearance Height - Wysokość względna zapewniająca minimalne przewyższenie nad przeszkodami;

OIS – Obstacle Identification Surface – Powierzchnia określania przeszkód;

OJT - On-the-Job-Training - Szkolenie praktyczne na stanowiskach operacyjnych;

OJTI – OJT Instructor - Instruktor OJT szkolenia praktycznego;

OM – Outer Marker – Marker zewnętrzny;

P – Prohibited Area - Strefa zakazana;

PAPI – Precision Approach Path Indicator – Wskaźnik ścieżki precyzyjnego podejścia;

PAR – Precision Approach Radar – Radar precyzyjnego podejścia;

PC - EUROCONTROL Provisional Council;

PDG – Procedure Design Gradient – Przyjęty gradient procedury;

PELA – Proficiency in English Language for air traffic controllers - Egzamin z języka angielskiego dla kontrolerów ruchu lotniczego;

PSG - Programme Steering Group;

QFE – Atmospheric pressure at aerodrome elevation or runway threshold – Ciśnienie atmosferyczne na poziomie lotniska lub na progu drogi startowej;

QNE – Altimeter Setting 1013,25 hPa (760 mmHg) - Ciśnienie standardowe 1013,25 hPa (760 mmHg);

QNH – Altimeter sub-scale setting to obtain elevation when on the ground – Nastawienie skali wysokościomierza tak, aby wskazywał wzniesienie nad poziomem ziemi;

R – Restricted Area – Strefa ograniczona;

RAS – Radar Advisory Service – Radarowa służba doradcza;

RCA – Reduced Coordination Area – Rejon lotów o zredukowanej koordynacji;

RIS – Radar Information Service – Radarowa służba informacji powietrznej;

RNAV – Area Navigation – Nawigacja obszarowa;

RNDSG – Route Network Development Sub-Group – Grupa robocza ANT ds. Rozwoju sieci dróg lotniczych;

RSR – En-route Surveillance Radar – Trasowy radar dozorowania;

RSS – Root Sum Square – Pierwiastek kwadratowy z sumy kwadratów;

SI Codes - Surveillance Identifier Codes

SID – Standard Instrument Departure – Standardowy odlot według wskazań przyrządów;

SIGMET – Significant Meteorological Information – Informacje dotyczące zjawisk pogody na trasie, które mogą mieć wpływ na bezpieczenstwo lotów statków powietrznych;

SITA - Societe International de Telecomunications Aeronautiques - Międzynarodowe Stowarzyszenie Łączności Lotniczej;

SOC – Start of Climb – Początek wznoszenia;

SPI – Special Position Indicator – Specjalny impuls rozpoznawczy;

SSR – Secondary Surveillance Radar – Radar wtórny dozorowania;

STAR – Standard Terminal Arrival Route - Standardowy dolot według wskazań przyrządów;

STC - Supplemental Type Certificate;

TA – True Altitude – wysokość bezwzględna;

TACAN – Tactical Air Navigation System – system TACAN (taktyczna lotnicza pomoc nawigacyjna UHF, średniego zasięgu);

TAR – Terminal Area Surveillance Radar – Radar dozorowania rejonu kontrolowanego lotniska;

TAS – True Air Speed – rzeczywista prędkość powietrzna;

TDI – Track Deviation Indicator – wskaźnik odchylenia od linii nastawionego radialu lub linii drogi lotu względem radiolatarni;

TDZ - Touchdown Zone – strefa przyziemienia;

TGL - Temporary Guidance Leaflet;

TMA - Terminal Manoeuvring Area - rejon kontrolowany lotniska lub węzła lotnisk;

TP – Turning Point – Punkt rozpoczęcia zakrętu;

TSA – Temporary Segregated Airspace – Strefa czasowo wydzielona;

TVOR – Terminal VOR – Lotniskowa radiolatarnia VOR;

TWR – Control Tower – Wieża kontroli lotniska;

UAC - Upper Area Control Centra;

UHF – Ultra High Frequency – Ultra wielka częstotliwość;

UIR - Upper Flight Information Region - Górny rejon informacji powietrznej;

UTA - Upper Control Area - Górny obszar kontrolowany;

UTC - Co-ordinated Universal Time - Uniwersalny czas skoordynowany;

UUP - Updated Airspace Use Plan - Zaktualizowany plan użytkowania przestrzeni powietrznej;

VASIS – Visual Approach Slope Indicator System – Wizualny system wskazujący ścieżkę schodzenia;

VDF – Very High Frequency Direction Finder - radionamiernik ultrakrótkofalowy;

VFR – Visual Flight Rules - przepisy wykonywania lotów z widocznością;

VHF – Very High Frequency - bardzo wielka częstotliwość;

VIP – Very Important Person - bardzo ważna osobistość;

VMC – Visual Meteorological Conditions - warunki meteorologiczne dla lotów z widocznością;

VOR – Very High Frequency Omnidirectional Radio Range – bardzo wielkiej częstotliwości radiolatarnia ogólnokierunkowa.

2. ANALIZA SYSTEMÓW I POMOCY NAWIGACYJNYCH POD KĄTEM KOMPATYBILNOŚCI I INTEROPERACYJNOŚCI Z EUROPEAN RADIONAWIGATION PLAN, ICAO, NATO

Nawigowanie statkiem powietrznym oznacza zespół czynności wykonywanych przez personel latający w celu ustalania położenia przestrzennego, określania i utrzymywania parametrów, niezbędnych do wystartowania, wykonania lotu po wyznaczonej trasie i lądowania. Natomiast wymagana dokładność i ciągłość określania przestrzennego położenia statku powietrznego zależą od rodzaju wykonywanego zadania, etapu wykonywanego lotu i sytuacji nawigacyjnej. Stąd też w lotnictwie należy uwzględnić następujące elementy:

- warunki meteorologiczne;
- widoczność lub brak widoczności powierzchni ziemi i ciał niebieskich;
- rodzaj terenu, nad którym wykonywany jest lot (ląd, morze, pustynia, równina, góry);
- liczba i rodzaj obiektów orientacyjnych;
- pora roku i doby;
- wysokość lotu (mała, średnia, duża, stratosfera);
- prędkość lotu (poddźwiękowa, naddźwiękowa);
- zasięg lotu;
- długotrwałość lotu;

- stopień zabezpieczenia lotu naziemnymi technicznymi urządzeniami nawigacyjnymi;
- typ statku powietrznego;
- stopień wyposażenia pokładowego w techniczne urządzenia nawigacyjne i stopień ich dokładności oraz warunki prowadzenia obserwacji z kabiny statku powietrznego;
- składu załogi wykonującej lot (jedno czy wieloosobowa);
- poziom wyszkolenia załogi;
- rodzaj lotu (pojedynczy statek powietrzny, grupa – para, klucz, eskadra).

Wielkości charakteryzujące położenie przestrzenne statku powietrznego względem powierzchni ziemi oraz jego ruch po torze lotu w stosunku do ośrodka powietrznego lub nakazanej linii drogi to nawigacyjne elementy lotu. Do podstawowych elementów lotu zalicza się:

- współrzędne pozycji statku powietrznego;
- czas;
- kurs statku powietrznego;
- pochylenie (położenie podłużnej osi statku powietrznego w płaszczyźnie pionowej);
- przechylenie (położenie poprzecznej osi statku powietrznego w płaszczyźnie pionowej);
- wysokość lotu (odległość pionowa statku powietrznego od dowolnego poziomu, przyjętego umownie za początek skali wysokości);
- rzeczywistą prędkość powietrzną (prędkość względem nie zaburzonych strug powietrza);
- prędkość pionową (wznoszenie, zniżanie);
- kierunek wiatru;
- prędkość wiatru;
- prędkość statku powietrznego względem powierzchni ziemi (prędkość podróżna);
- kąt drogi (magnetyczny, geograficzny);
- prędkość kątową zakrętu.

W zależności od kształtu i usytuowania toru lotu względem powierzchni ziemi oraz warunków nawigowania (liczba i trwałość elementów nawigacyjnych) rozróżnia się trzy podstawowe stany lotu:

- prostoliniowy poziomy, charakteryzujący się dwoma stałymi elementami nawigacyjnymi: kursem i wysokością;
- wznoszenie i zniżanie, również mają dwa stałe elementy nawigacyjne: kurs i prędkość pionową lub kąt nachylenia toru;
- zakręt, wiąże się zawsze z jednym z poprzednich stanów lotu, przy czym ulegający zmianie w zakręcie kierunek lotu może być zastąpiony elementem charakteryzującym krzywiznę toru zakrętu – promieniem lub prędkością kątową.

2.1. Europejski Radionawigacyjny Plan - European Radionavigation Plan (ERNP)

W ramach prac Komisji Europejskiej, prowadzone są intensywne działania nad utworzeniem dokumentu normatywnego pod nazwą European Radionavigation Plan (ERNP), który uporządkowałby problematykę istniejących pomocy i systemów nawigacyjnych i ich funkcjonowanie w przestrzeni europejskiej. Obecnie istnieją jedynie wytyczne w formie zaleceń, nie mają one jednak jeszcze pełnej mocy prawnej. W ramach programu jednolitej przestrzeni powietrznej cywilno - wojskowej, Komisja Europejska zamierza też, przy współudziale reprezentantów wszystkich państw, wytyczyć zamierzenia dotyczące wprowadzania nowych systemów. Działania te związane są z jednym z wielkich programów wspólnoty europejskiej (EU) - TEN (Trans European Network). Z analizy tej dokumentacji wynika, że przyszłościowy system nawigacyjny, jako jeden z ważniejszych elementów tego programu, oparty będzie na technice satelitarnej - GNSS (Global Navigation Satellite System) i w pierwszej fazie określanej jako GNSS I wykorzystywać będzie satelity: GPS, GLONASS, INMARSAT. Kolejna faza to projekt GNSS II, w którym planuje się wykorzystać satelity: EURIDIS, IRYDIUM, GALILEO, GPS i inne. Podać należy również, że pierwsze spotkanie przedstawicieli poszczególnych państw europejskich oraz USA, a także międzynarodowych organizacji, w tym ICAO, ESA, EUROCONTROL, odbyło się w dniach 21 - 22.03.1996 roku w Brukseli. Podjęto tam decyzje, ze ERNP będzie przygotowywany na wzór amerykańskiego „Federal Radionavigation Plan", który powstał już w 1993 roku. Jednak pozostawiono swobodę dla państw w zakresie konstruowania własnych, narodowych radionawigacyjnych planów. Został jednak postawiony warunek, że przewidywane pomoce i środki nawigacyjne przez poszczególne państwa muszą być interoperacyjne i kompatybilne na szczeblu europejskim. Zakres europejskiego radionawigacyjnego planu ERNP (European Radionavigation Plan), określony został postanowieniem Komisji Europejskiej w dniu 3 sierpnia 1994 roku, a zawarty został w wydawnictwie „Official Journal of European Communites". W tym dokumencie poruszono następującą problematykę:

- obecny zakres zastosowań systemów radionawigacyjnych w lotnictwie, żegludze, transporcie lądowym oraz w innych celach;
- obecne i przewidywane wymagania użytkowników pod adresem tych systemów;
- przedstawienie aktualnie działających systemów tych, które są w fazie tworzenia i planowanych do wprowadzenia;
- prognoza na okresy 2000 - 2010 i po 2010;
- analiza strony ekonomicznej radionawigacji satelitarnej.

Rozwój naukowo – techniczny powoduje ogromne zmiany w pomocach i systemach nawigacyjnych. Zwiększają się ich możliwości, a przede wszystkim precyzja określania parametrów nawigacyjnych. Również konieczne stało się przyjęcie międzynarodowych założeń dotyczących stosowania procedur lotniczych dla pomocy i systemów nawigacyjnych, po powstaniu Unii Europejskiej, rozszerzeniu granic NATO oraz powstaniu na szczeblu europejskim koncepcji jednolitej przestrzeni powietrznej cywilno - wojskowej. Ta problematyka nabiera szczególnego znaczenia, jeżeli chodzi o powstające obecnie satelitarne systemy nawigacyjne dla których nie było opracowanych procedur podejścia i lądowania. Stąd też pomoce i systemy nawigacyjne są w ostatnich latach przedmiotem ogromnego zainteresowania specjalistów lotnictwa na całym świecie, w tym również i w naszym kraju. Zainteresowanie to wynika z następujących czynników:

a) organizacyjnych:

- opracowywanie przez państwa europejskie planu pod nazwą „EUROPEAN RADIONAVIGATION PLAN'' (ERNP);
- opracowywanie globalnego systemu geodezyjno – nawigacyjnego na bazie UNITED STATES FEDERAL RADIONAVIGATION PLAN (US FRNP);
- porozumienie zawarte przez NATO CEAC (COMMITTEE FOR EUROPEAN AIRSPACE COORDINATION) A EUROCONTROL W RAMACH PROGRAMU EATCHIP (EUROPEAN AIR TRAFFIC CONTROL HARMONIZATION AND INTEGRATION PROGRAMME);
- przyjęcie Konwencji ICAO Aneks 8 (Warunki zdolności do lotów statków powietrznych) i Aneks 10 (Telekomunikacja w ruchu lotniczym);
- opracowania wytycznych NATO C3 BOARD NAVIGATION SUB – COMMITTEE (NC3B –SC);
- podjęcia decyzji dotyczących standaryzacji cywilno – wojskowej w polskim lotnictwie, podjętych na szczeblu ogólnopolskim i dyskutowanych od roku 1998 na kolejnych seminariach „SEMINAR ON CIVIL /MILITARY COORDINATION";
- przyjęcie przez lotnictwo polskie, w styczniu 1998 roku układu odniesienia WGS – 84, który jest obowiązujący w państwach NATO (STANAG 2211);
- konieczność uczestniczenia w realizacji następujących STANAG – ów:

4294 (edycja 2) – NAVSTAR GPS SYSTEM CHARACTERISTICS;

4373 (edycja 2) – NATO MASTER NAVIGATION PLAN;

4392 (edycja 1) – DATA INTERCHANGE FORMAT FOR NAVSTAR GPS;

ANP – 2 (edycja 3) – INTRODUCTION TO NAVSTAR GPS USER EQUIPMENT;

4430 (edycja 1) – PRECISE TIME AND FREQUENCY INTERFACE AND ITS MANAGEMENT FOR MILITARY ELECTRONIC SYSTEMS;

4564 (edycja 1) – STANDARD FOR WARSHIP ELECTRONIC CHART DISPLAY AND INFORMATION SYSTEM;

5034 (edycja 3) – TACAN POLICY;

4278 – METHOD OF EXPRESSING NAVIGATION ACCURACY;

4572 (edycja 1) – OPEN SYSTEM ARCHITECTURE INTERFACE TO ENABLE LABORATORY TEST OF INTEGRATED GLOBAL POSITIONING SYSTEM/INERTIAL NAVIGATION EQUIPMENT;

4580 – METHOD OF EXPRESSING NAVIGATION INTEGRITY;

b) technicznych :

- wyposażanie statków powietrznych w odbiorniki satelitarne GPS, zintegrowane;
- sukcesywne eliminowanie (w latach 1999 – 2010) standardowych, naziemnych radiotechnicznych systemów nawigacyjnych;

c) użytkowych:

- niezgodność polskich nawigacyjnych systemów lotniskowych z wymaganiami i standardami NATO / ICAO;
- konieczność zapewnienia bezpieczeństwa na szlakach komunikacyjnych i opracowania odpowiednich standardów w tym zakresie;
- wykonywanie lotów w każdych warunkach atmosferycznych, docelowo według III kategorii ICAO;
- współpraca cywilno – wojskowa w zakresie wykorzystywania systemów lotniczych w ramach Wspólnoty Europejskiej;
- uczestnictwo naszego kraju w pracach CEI (Central European Initiative) Section C".

Po uwzględnieniu powyższych czynników oraz na mocy stosownych porozumień opracowany został przez NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION MILITARY AGENCY FOR STANDARIZATION, NATO LETTER OF PROMULGATION, w którym podano, że:

a) APATC-1 (A) – „CRITERIA FOR THE PREPARATION OF INSTRUMENT APPROACH AND DEPARTURE PROCEDURES" jest jawnym dokumentem NATO. Natomiast porozumienie państw dotyczące użycia tego dokumentu jest szczegółowo zapisane w STANAG – 3759;

b) APATC-1 (A) – ma moc prawną do chwili, kiedy nie pojawi się stosowne obwieszczenie, wydane przez Air Board Military Agency for Standarization. Jest sprawą oczywistą, że odpowiednio przygotowany dokument, z chwilą uzyskania mocy prawnej, może zająć

miejsce APATC – 1, który tym samym będzie zniszczony w zgodzie z lokalnymi procedurami, przewidzianymi dla niszczenia tego typu dokumentów.

Z powyższych określeń wynika, że APATC-1 (A) „Criteria for the Preparation of Instrument Approach and Departure Procedures" – NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION MILITARY AGENCY FOR STANDARDIZATION (MAS), NATO LETTER OF PROMULGATION, October 1996, to zbiór pewnych kryteriów, uznawanych i publikowanych procedur dla precyzyjnych i nieprecyzyjnych oraz przyrządowych podejść do lądowania i procedur odlotowych dla wszystkich typów statków powietrznych. O uniwersalności tych kryteriów najlepiej świadczy fakt, że są one przeznaczone do zastosowania na wszystkich lotniskach (cywilnych i wojskowych), znajdujących się pod jurysdykcją porozumiewających się państw – zrzeszonych w międzynarodowym sojuszu NATO oraz organizacji ICAO. Stąd też w zależności od wykonywanych zadań lotniczych, przeznaczenia statków powietrznych, etapu lotu, używanego wyposażenia i innych, stosować należy rozmaite typy procedur. W ostatnim czasie debatuje się nad kolejnymi dokumentami:

a) AEtP - 1 (C) Flight Inspection of NATO Radio/Radar Navigation and Approach AIDS;
b) AATCP-1(B) NATO Supplement to ICAO Doc 8168-OPS/611 Volume II for the Preparation of Instrument Approach and Departure Procedures.

Zasadne jest zaznaczenie, że określone zostały kryteria, według których dokonuje się porównań pomocy i systemów radionawigacyjnych. Do nich zalicza się:

a) zasięg systemu - jeden z najistotniejszych parametrów charakteryzujących system radionawigacyjny, bowiem określa on maksymalną odległość pomiędzy dowolnym obiektem i punktem nawigacyjnym, przy której uzyskuje się jeszcze wymaganą dokładność. Zasięg uzależnia więc w sposób istotny swobodę manewru obiektów ruchomych. Toteż systemy radionawigacyjne można podzielić na trzy grupy: bliskiego, średniego i dalekiego zasięgu;
b) dokładność pomiaru parametrów nawigacyjnych - również jeden z najważniejszych kryteriów oceny przydatności systemu radionawigacyjnego. Przez dokładność systemu można rozumieć zarówno bezwzględną dokładność określenia pozycji w odniesieniu do punktów o znanych współrzędnych geograficznych (głównie w geodezji), jak i dokładność określenia położenia obiektu w odniesieniu do danego systemu. Zależy ona w dużym stopniu od: dokładności odbiornika, wprowadzanych przez odbiornik zniekształceń, stałości warunków propagacyjnych, dokładności z jaką znane są współrzędne geograficzne stacji, brzegowych danych systemu, znajomości warunków propagacyjnych, współczynnika stabilności, będącego odwrotnością gradientu linii pozycyjnej. W systemach impulsowych na dokładność określania pozycji istotny wpływ ma czułość odbiornika i wprowadzane przez

niego zniekształcenia. Pomiar różnicy czasu pomiędzy "zapytaniem" a "odpowiedzią" zależy od kształtu docierających do odbiornika impulsów i od sposobu określenia punktu odczytu na obwiedni impulsu. Docierające do odbiornika impulsy mogą również ulec dużym deformacjom na trasie propagacji. Dokładność różnicy czasu jest większa dla impulsów o stromych zboczach. Impulsy takie wymagają jednak szerokiego pasma przenoszenia odbiornika, co wiąże się ze wzrostem poziomu szumów w odbiorniku;

c) zasada pracy, czyli sposób określania parametrów nawigacyjnych to kolejny czynnik determinujący. W systemach interferencyjnych określanie parametrów nawigacyjnych odbywa się na podstawie pomiaru różnicy faz sygnałów wypromieniowanych przez stacje łańcucha. Istotny wpływ na dokładność określenia pozycji ma stałość warunków propagacji i ich znajomość. Jak wynika z tabeli 1, systemy interferencyjne mają bardzo szeroki zakres dokładności. Związane to jest z tym, że dokładny pomiar różnicy faz może zostać przeprowadzony jedynie w obrębie jednego pasa hiperbolicznego, a określenie pozycji następuje przez zliczanie kolejno przebytych pasów (począwszy od punktu, w którym numer pasa był znany) bądź poprzez identyfikację pasa. Natomiast określanie pozycji za pomocą systemu hiperbolicznego jest obarczone wieloma błędami o bardzo zróżnicowanym charakterze. Najogólniej można je podzielić na błędy systematyczne i przypadkowe. Błędy systematyczne są spowodowane niedoskonałością aparatury pomiarowej, niedokładnością określania współrzędnych geograficznych stacji nadawczych oraz warunkami propagacyjnymi. Błędy przypadkowe są wywołane różnymi czynnikami, do których można zaliczyć: system przekazywania informacji od stacji nadawczych do odbiornika oraz podatność, tego systemu na zakłócenia, czułość odbiornika, szumy i zakłócenia, przypadkowe zmiany warunków propagacji, dokładność odczytu. Błędy systematyczne eliminuje się poprzez wprowadzanie coraz to nowszych osiągnięć z zakresu elektroniki w budowie urządzeń pomiarowych. Największą dokładność określania parametrów nawigacyjnych zapewniają systemy satelitarne. Jest to związane z tym, że na dokładność wpływają nieliczne tyko czynniki. Można do nich zaliczyć: błąd zegara satelity, błąd opóźnienia sygnału w atmosferze, błąd opóźnienia grupowego, błąd wielodrożności. Ze względu na zasadę określania pozycji, przedstawione systemy można podzielić na: impulsowe, interferencyjne, hiperboliczne i satelitarne. Niektóre z systemów łączą w sobie dwa rodzaje pracy. W systemach impulsowych parametry nawigacyjne określa się za pomocą pomiaru czasu pomiędzy impulsami "zapytania " a impulsami "odpowiedzi ". Są to systemy o stosunkowo prostej budowie i obsłudze. Dodatkowo zastosowano sygnały rozpoznawcze, które ułatwiają orientowanie się od której stacji naziemnej pochodzi "odpowiedź". Eliminuje to dwuznaczność

określania pozycji. W systemach interferencyjnych parametry nawigacyjne określa się na podstawie pomiaru różnicy faz zsynchronizowanych sygnałów sinusoidalnych. Nie jest to zbyt dobre ze względu na to, że pomiaru tego można dokonać jedynie w obrębie jednego pasa. Systemy hiperboliczne do określenia miejsca położenia wykorzystują pomiar różnicy odległości od znanych punktów odniesienia. Określenie różnicy odległości nie wyznacza jeszcze pozycji odbiornika, lecz określa jedynie linie pozycyjną, będącą miejscem geometrycznym punktów o stałej różnicy odległości. Linia pozycyjna jest hiperbolą. Wykonując kolejne pomiary, określamy więc rodzinę hiperbol. W układach dwuwymiarowych konieczne jest wykonanie pomiaru co najmniej dwóch różnic odległości, w układzie trójwymiarowym - co najmniej trzech różnic odległości. W systemach satelitarnych określanie pozycji obiektu polega na pomiarze odległości od anteny odbiorczej do minimum trzech lub czterech wybranych satelitów. Znajomość odległości od jednego satelity umożliwia wyznaczenie powierzchni pozycyjnej w postaci sfery, na której znajduje się użytkownik. Znana odległość do drugiego satelity wyznacza drugą powierzchnię pozycyjną również w postaci sfery. Przecięcie się tych dwóch powierzchni tworzy linie pozycyjną w postaci okręgu. Przecięcie tego okręgu z trzecią powierzchnią pozycyjna, wyznaczoną na podstawie pomiaru odległości do trzeciego satelity, określa dwa punkty, w których może znajdować się użytkownik. Jeden z tych punktów można odrzucić jako nieprawdopodobny - i w ten sposób użytkownik jednoznacznie określa swoją pozycję.

d) ekonomiczność - to cecha systemu radionawigacyjnego, która wyraża nakład środków na realizacje głównego zadania spełnianego przez system, jakim jest prawidłowe i ciągłe zabezpieczenie radionawigacyjne. Analiza ekonomiczności jest problemem czysto akademickim, uważa się bowiem, że nie powinno być limitu środków wydawanych na zakup potrzebnych urządzeń i prowadzenie badań nad nowszymi rozwiązaniami, jeżeli w grę wchodzi zdrowie i życie pilotów oraz pasażerów. Wszystkie przedstawione systemy radionawigacyjne są ekonomiczne, jeżeli spojrzy się na nie z tej strony. Jeśli jednak uwzględni się nakład środków to dojdzie się do wniosku, że najdroższe są systemy satelitarne. Jest to związane z kosztami wyniesienia satelitów na orbity, a także z kupnem odpowiednich urządzeń odbiorczych;

e) przepustowość - określa liczbę obiektów, które mogą skorzystać w danej chwili z pracy systemu radionawigacyjnego – np. Loran C, Loran D, GPS nie mają żadnych ograniczeń w tym zakresie. Są to ograniczenia odnośnie określania odległości od miejsca rozwinięcia systemu. Mogą one udzielać odpowiedzi dla 100, 120 obiektów. Może to mieć istotne znaczenie przy dużym nasileniu lotów, jeżeli sieć radiolatarni jest rzadka.

f) niezawodność - ma ona duże znaczenie w technice lotniczej ze względu na bezpieczeństwo lotu statków powietrznych. We wszystkich współczesnych systemach radionawigacyjnych zastosowano zabezpieczenia pozwalające ograniczyć ryzyko awarii któregokolwiek z elementów systemu. Urządzenia naziemne mają automatyczną kontynuacje pracy - nawet po awarii pierwszego kompletu. To samo odnosi się do urządzeń zainstalowanych na pokładach statków powietrznych. W systemie GPS ze względu na długotrwałość procesu wynoszenia kolejnego satelity, w miejsce uszkodzonego, na orbitach okołoziemskich umieszczono dwa satelity rezerwowe. W chwili uszkodzenia jednego z nich, na jego miejsce wprowadza się satelitę zapasowego.

Po przedstawieniu akronimów, definicji podstawowych terminów i pojęć, Europejski Radionawigacyjny Plan (ERNP), prezentuje kolejno różnorodne formy działalności ludzkiej i zalecane do tego pomoce i systemy nawigacyjne. Stąd też w chwili obecnej zaleca się do wykorzystywania dla potrzeb nawigacyjnych następujących systemów (są one równocześnie w wielu przypadkach stosowane w innych sferach działalności człowieka):

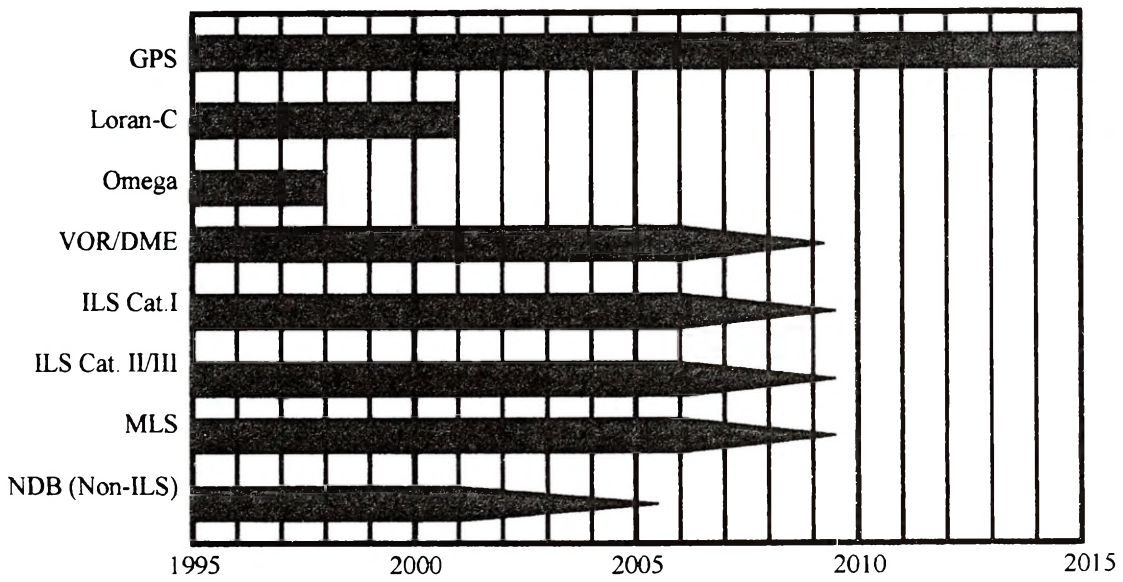
- lądowych: LORAN C, Syledis, Datalink, Euteltracs, Tracker, GPS, DGPS, DGNSS, GIS, EGNOS, INMARSAT, IRYDIUM;
- lotniczych: DME, ILS, VOR, NDB, TACAN, VORTAC, MLS, GPS, DGPS, DGNSS, FEATS - następca systemu VOR (w planach po 2015 roku), FANS, VOR/DME, SMGCS, DVOR, GNSS, EGNOS, IRYDIUM, INMARSAT, SARSAT, KOSPAS, TCAS, Eurofix, ARTES-9;
- morskich: Decca, LORAN C, GPS, DGPS, DGNSS, GLONASS, TRANSIT, ECDIS, PARUS, TSDCADA, IALA-DGPS, GNSS, ARPA, NELS, Chayka, SARSAT, KOSPAS, Eurofix.

Z przedstawionego powyżej zestawienia wynika, że istnieją specyficzne pomoce i systemy nawigacyjne dla potrzeb lądowych, lotniczych, morskich. Jednak zasadne jest zaznaczenie, że dotyczy to jedynie obecnie funkcjonujących pomocy i systemów nawigacyjnych. Natomiast w przyszłości standardowe, radiotechniczne pomoce i systemy nawigacyjne mają być wyparte przez technikę satelitarną, Szerzej ta problematyka zostanie przedstawiona w dalszej części tego wydawnictwa. Również bardzo ważną sprawą jest przyjęcie na forum międzynarodowym określonego standardu do przesyłania danych nawigacyjnych. O ile do tej pory mogły istnieć rożne standardy przesyłania danych w nawigacji: morskiej, lądowej, lotniczej, to technika satelitarna zaczęła wymagać jednego standardu, podobnie jak przyjętego układu odniesienia - WGS - 84. Stąd też dosyć powszechnie stosowany jest obecnie RTCM S.C. – 104 Standard (szczególnie dla potrzeb morskich), a RTCA dla pasma VHF przygotowywany

przez USA dla systemu LADGPS i nieco zmodyfikowany zalecany przez ICAO (SCAT - 1). Format RTCA SCAT - 1 jest podobny do RTCM.

	Zasięg (m)	**Zakres częstotliwości**	**Dokład-ność określania azymutu (°)**	**Dokładność określania odległości (m)**	**Sposób określania współrzędnych**	**Liczba stacji w łańcuchu**
TACAN	370	962 - 1213 (MHz)	0,5- 1	180 + 0,05% odległości	impulsowy	1
RSBN-4N	400	939,6 - 1000,5 (MHz)	0,25	200 + 0,03%odległości	impulsowy	1
Decca Navigator	740	70,75 - 127,35 (kHz)		70-5000	interferencyjny	3 lub 4
Loran-D	900	100 (kHz)		100-400	hiperboliczny	3
Loran-C	6500	100 (MHz)		500-4000	hiperboliczny	3, 4 lub 5
GPS	Globalny	122,6 - 1575,42 (MHz)		7 - 150	odległościowy	3

Tabela 1. Zbiorcze zestawienie charakterystycznych parametrów wybranych systemów nawigacyjnych



Rys. 1. Schemat wycofywania standardowych pomocy i systemów nawigacyjnych według US FRP (United States Federal Radionavigation Plan)

EUROPEJSKI RADIONAWIGACYJNY PLAN - European Radionavigation Plan (ERNP) zakłada również okres przejściowy dla pomocy i przyrządów nawigacyjnych, które powinny być wycofywane – zastępowane przez urządzenia nowej generacji. W związku z tym różnorodne krajowe i międzynarodowe plany radionawigacyjne starają się zdeterminować fazy przewidywanego zakończenia użytkowania funkcjonujących obecnie konwencjonalnych sys-

temów nawigacyjnych (np. VOR, NDB, ILS itp.) w najbliższych latach, by zastąpić je nawigacją satelitarną. Amerykańskie Departamenty Transportu (DoT) i Obrony (DoD) proponują zakończenie funkcjonowania konwencjonalnych pomocy i systemów nawigacyjnych do roku 2010 (rys. 1). Oznacza to, że otwierają się szerokie możliwości przed satelitarnymi systemami nawigacyjnymi i z dużą dozą prawdopodobieństwa można stwierdzić, że będą one stanowiły podstawę – staną się ogólnie dostępne przed rokiem 2010. Tym bardziej, że satelitarne dane nawigacyjne dają możliwości różnorodnych, w szerokim obszarze zastosowań w cywilnym lotnictwie, które nie są możliwe do zrealizowania w chwili obecnej, w oparciu o standardowo uzyskiwane dane. Te nowe możliwości mogą być wykorzystywane do realizacji nowych zadań w cywilnym lotniczym środowisku (nowe procedury nawigacyjne, nawigacja trasowa (od punktu do punktu zmiany kursu), kontrola ruchu lotniczego, zarządzanie przepływem ruchu lotniczego, zapobieganie lotniczym kolizjom itp.). Ponadto korzyści płynące ze stosowania techniki satelitarnej w nawigacji są znacznie zwiększone poprzez uniezależnienie się od naziemnych pomocy i systemów nawigacyjnych. W rezultacie czego tylko jeden system nawigacyjny może być montowany na pokładach statków powietrznych. Takie systemy, które mogą być zastosowane w skali globalnej, określa się jako globalne nawigacyjne systemy satelitarne – GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Także trasy lotów mogą być wybierane bardziej bezpośrednio, jako że nie ma żadnych wymogów - nakazów odnośnie przelatywania nad określonymi naziemnymi radiolatarniami, pomocami i systemami nawigacyjnymi (Area Navigation, RNAV). W wielu przypadkach może to znacznie skrócić trasy lotów, co niewątpliwie przyczynia się do uzyskania korzyści zarówno ekonomicznych jak i ekologicznych.

2.2. Analiza systemów lotniczych pod kątem kompatybilności i interoperacyjności ICAO/NATO

W ścisłej współpracy z Międzynarodowym Biurem Programów Centrum Elektronicznych Systemów (ESC/IA), znajdującym się w bazie sił powietrznych USA w Hanscom, w stanie Massachusetts, w Polsce przeprowadzono badania aktualnie funkcjonujących systemów lotniczych. Celem ich było ustalenie prawidłowości i wybranie optymalnego rozwiązania w zakresie dostosowywania polskich pomocy i systemów lotniczych do wymagań NATO/ICAO. Badania te miały dostarczyć polskiemu lotnictwu koncepcji alternatywnych rozwiązań umożliwiających doraźną modernizację systemów i pomocy nawigacyjnych, a tym samym doprowadzenie do takiego stanu, aby były one kompatybilne z ich odpowiednikami NATO i ICAO. Procedura badawcza była realizowana w trzech etapach:

- gromadzenie danych dotyczących aktualnie funkcjonujących pomocy i systemów lotniczych;
- oszacowanie aktualnych możliwości spełniania przez polskie systemy wymagań międzynarodowych NATO/ICAO, ze szczególnym uwzględnieniem ich interoperacyjności w celu zapewnienia współdziałania i współpracy;
- formułowanie wniosków dotyczących kolejnych etapów modernizacji pomocy i systemów lotniczych.

Skupiono cały wysiłek na rekomendowaniu tych pomocy i systemów, w których należy wprowadzić zmiany modernizacyjne, aby w początkowym okresie dostosować je do minimalnych wymogów NATO/ICAO i przygotować jak najszybciej do współpracy do 2000 roku. Po tym terminie, zakładano wprowadzanie w Polsce szerokich zmian w pomocach i systemach nawigacyjnych. Oznacza to również, że do 2000 roku realizowana miała być modernizacja na bazie istniejących w naszym kraju urządzeń, a potem miało nastąpić wdrażanie polskiej sieci permanentnych stacji lotniczych RTK DGPS.

Uwzględniając powyższe założenia, konieczne stało się przeprowadzenie badań dotyczących pomocy i systemów lotniczych aż w sześciu podstawowych obszarach działania:
- precyzyjnego podejścia;
- nieprecyzyjnego podejścia;
- nawigacji trasowej (przeloty, misje, operacje);
- układów i przyrządów pokładowych;
- świetlnych systemów lądowania;
- łączności lotniczej.

Obecne wymagania NATO/ICAO zakładają używanie systemu kontroli zbliżania i lądowania GCA, pracującego zgodnie z wymaganiami kategorii pierwszej. Stąd też preferowane jest instalowanie tych urządzeń w głównych bazach lotniczych, w oparciu o STANAG 3374 i zawarty tam Annex 10 dotyczący funkcjonowania GCA według drugiej kategorii. Wymagane jest również wyposażenie wszystkich naszych statków powietrznych w transpondery urządzenia rozpoznawczego IFF (Identification Friend or Foe), bowiem radar SSR posiada taką możliwość. Do poprawnego funkcjonowania systemu GCA niezbędne jest również zapewnienie sprawnej łączności w relacji „ziemia – powietrze – ziemia", aby sprawnie kierować ruchem w przestrzeni powietrznej podczas przelotów, wykonywania misji i operacji, zbliżania do lotniska i lądowania. Należy wspomnieć, że według NATO zakłada się funkcjonowanie radaru precyzyjnego podejścia do lądowania – PAR aż do wprowadzenia – wdrożenia następnej generacji systemu przeznaczonego do lądowania (NATO C3 Board Navigation Sub-Committee

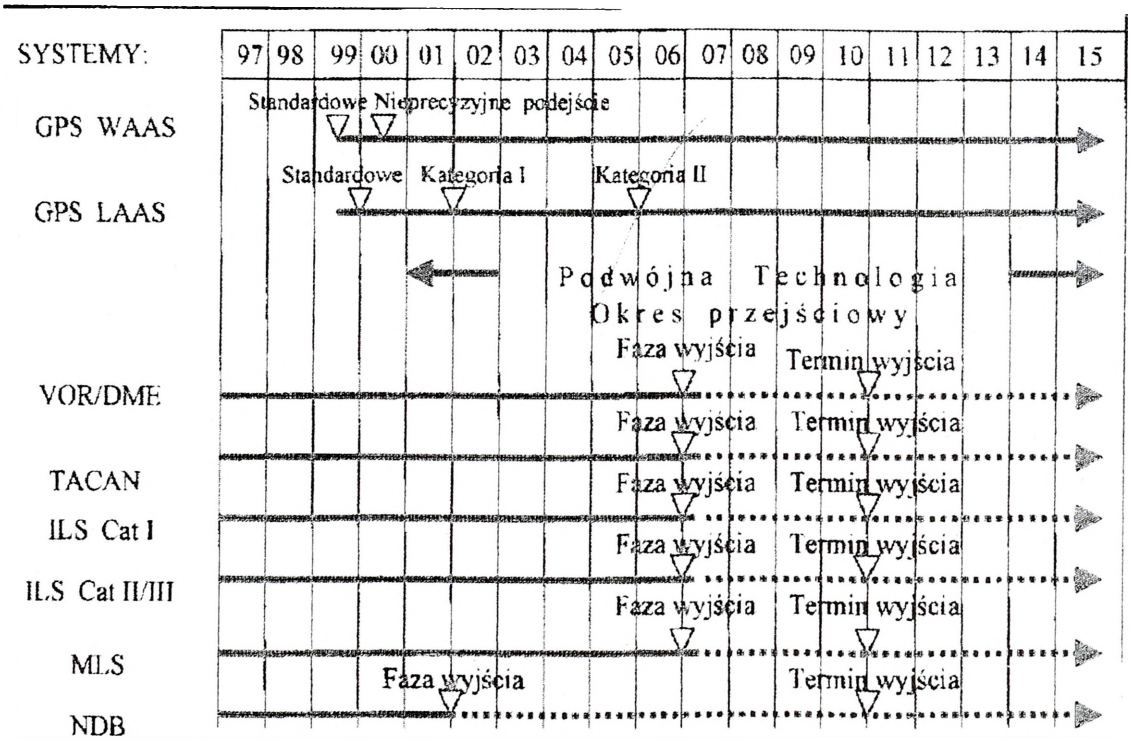
1998), określanego akronimem PALS (Precision Approach Landing System). Ten system już niebawem stanie się obowiązującym standardem i według założeń ICAO ma zastąpić system lądowania według przyrządów ILS zapewniając większą dokładność podczas precyzyjnego podejścia do lądowania oraz lądowanie według III kategorii. Również funkcjonujący mikrofalowy wojskowy system przeznaczony do lądowania MLS (Microwave Landing System) o parametrach lepszych od ILS, także wskutek kończącego się resursu musi ustąpić miejsca PALS. Stąd też konieczne stało się zestawienie przewidywanych faz wycofywania funkcjonujących obecnie pomocy i systemów nawigacyjnych według zalecanej procedury przez ICAO, NATO (rys. 2). Z analizy zestawienia wynika, że praktycznie wszystkie funkcjonujące aktualnie pomoce i systemy nawigacyjne mają być wycofane z użycia do 2007 roku, a ich miejsce winny zająć regionalne, krajowe i lotniskowe systemy precyzyjne oparte o technikę satelitarną. Należy zaznaczyć, że różnica czteroletnia pomiędzy fazą wyjścia a terminem wyjścia spowodowana jest koniecznością uzyskania homologacji lotniczej przez systemy satelitarne. Toteż już z góry przewiduje się, że technika satelitarna stanie się obowiązującym standardem od 2010 roku czyli, że każdy kraj będzie musiał posiadać swój własny, funkcjonujący system oparty o technikę satelitarną, kompatybilny z systemami regionalnym i światowym. Jednak wprowadzanie do eksploatacji polskiego systemu lotniczego, wykorzystującego technikę satelitarną winno się odbywać już od początku roku 2000. W celu zwiększenia bezpieczeństwa lotów i umożliwienia wykonywania ich w każdych warunkach atmosferycznych, wprowadzanie do eksploatacji systemu PALS powinno przebiegać według schematu przedstawionego na rys. 3. Nadmienić należy, że pod pojęciem PALS nie jawi się konkretny system, lecz zostały przyjęte hasłowo ogólne kryteria, które winien spełniać taki system. Z opracowanego zestawienia wynika, że praktycznie technika satelitarna w ramach programu PALS już wcześniej zaczęła wkraczać do lotnictwa. Na razie objawia się to tym, że montowane są na pokładach statków powietrznych odbiorniki satelitarne (LOT i inni cywilni przewoźnicy, polskie siły powietrzne).

Natomiast dla nieprecyzyjnego podejścia do lądowania i nawigacji trasowej aktualnie jest preferowany przez NATO, polecany do użytku jako interoperacyjny i kompatybilny, radiotechniczny system taktyczny powietrznej nawigacji – TACAN (Tactical Air Navigation). Typowymi odpowiednikami tego systemu, cywilnymi pomocami i systemami nawigacyjnymi i radiotechnicznymi są obecnie: bardzo dużej częstotliwości kierunkowe VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range) i dalmierze DME (Distance Measuring Equipment). Rozpatruje się problematykę związaną z redukcją częstotliwości lotniczych. Od stycznia 1999 roku radiostacje lotnicze cywilne VHF używające dwóch częstotliwości miały być zmuszone

do rozstawiania kanałów dla łączności w relacji „ziemia – powietrze – ziemia" w standardzie ICAO na obszarze całej Europy. Natomiast dla militarnych zastosowań NATO wymaga ultra wielkiej częstotliwości (UHF – Ultra High Frequency) w relacji „ziemia – powietrze – powietrze" podczas komunikowania się radiostacji z 25 kHz kanałową separacją. Wymagania NATO/ICAO spełniane obecnie przez naziemne pomoce i systemy nawigacyjne oraz łączność lotniczą w zależności od pełnionych funkcji prezentuje tabela 2.

PRZEZNACZENIE	**NATO**	**ICAO**
Precyzyjne podejście	GCA	ILS
Nieprecyzyjne podejście	TACAN, NDB	VOR/DME, NDB
Nawigacja trasowa	TACAN, NDB	VOR/DME, NDB
Łączność lotnicza	UHF	VHF

Tabela 2. Wymagania ICAO/NATO stawiane naziemnym systemom w zależności od przeznaczenia



Rys. 2. Zestawienie przewidywanych faz wycofywania pomocy i systemów nawigacyjnych według założeń ICAO/NATO

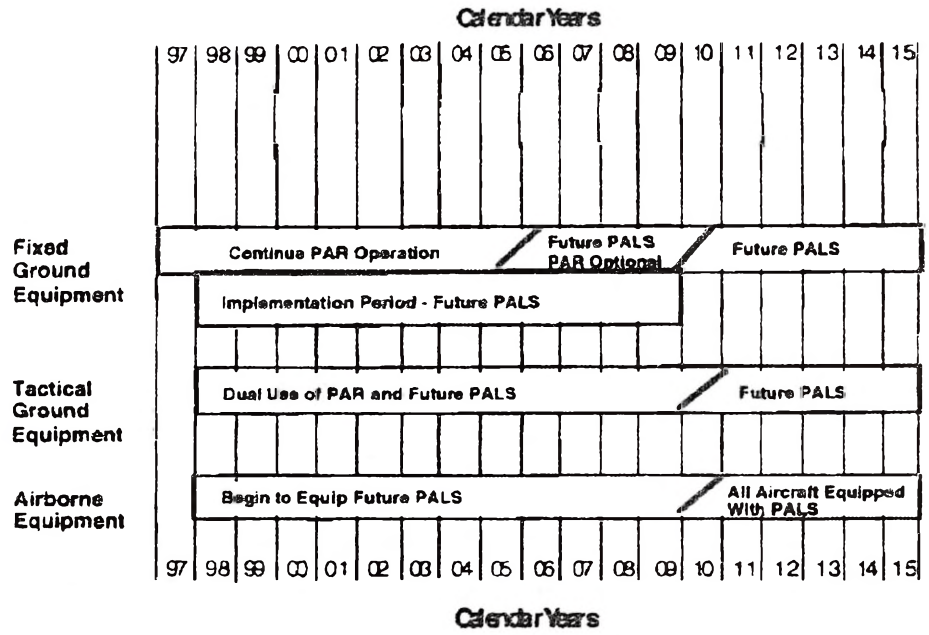
Według podjętych decyzji, dla prowadzenia badań specjalistycznych, Polska przeznaczyła w pierwszym etapie modernizacji pomocy i systemów nawigacyjnych dwa wojskowe lotniska. Toteż na tych właśnie lotniskach przeprowadzono w latach 1997-1999 badania naukowe mające na celu oszacowanie aktualnie funkcjonujących pomocy i systemów nawigacyjnych,

urządzeń przeznaczonych do lądowania, pod kątem możliwości ich modernizacji do wymogów i standardów NATO/ICAO. Podczas realizacji pierwszego etapu, konieczne było ograniczenie się jedynie do dokonania szacunków niezbędnych modernizacji, które winny być dokonane w najbliższym czasie, aby zapewniały w minimalnym zakresie możliwości współdziałania naszych sił powietrznych z ich odpowiednikami w NATO. Jest sprawą oczywistą, że mimo, iż przegląd polskich pomocy i systemów nawigacyjnych odbywał się tylko na tych dwóch lotniskach, to wynikające z niego wnioski dotyczą praktycznie wszystkich pozostałych, bowiem są one identycznie wyposażone. Oznacza to również, że opracowany dokument (A. Fellner, 1998), zawierający algorytm postępowania w zakresie osiągania przez polskie siły powietrzne kompatybilności i interoperacyjności może być z powodzeniem wdrażany na innych lotniskach – lądowiskach.

Polskie Siły Powietrzne używają w chwili obecnej naziemnych systemów precyzyjnego podejścia do lądowania typu PRMG i RSL – konstrukcji rosyjskiej, przy czym system RSL jest używany jako rozszerzenie funkcjonowania PRMG. Trzeba stwierdzić, że parametry i charakterystyka PRMG nie są kompatybilne z systemami NATO/ICAO. Co prawda RSL posiada podobne parametry techniczne jak system GCA używany w państwach NATO, ale posiada zasadnicze braki wyposażeniowe w postaci wtórnego radaru (SSR) i cywilno – wojskowego urządzenia rozpoznawczego (IFF). Po dokonanych badaniach okazało się, że RSL również nie spełnia wymagań dotyczących wykonywania startów i lądowań według kategorii I ICAO. Oznacza to, że jako całość nie może być brany pod uwagę podczas dokonywania modernizacji. Natomiast bezkierunkowa radiolatarnia NDB (Non-Directional Beacon) jest produkowana w Polsce i może być przez pewien czas wykorzystywana podczas nieprecyzyjnego podejścia do lądowania, zbliżania w rejon lotniska. Chociaż NDB posiada odpowiednie wyposażenie dla wykonywania nieprecyzyjnych podejść do lądowania dla zachodnich statków powietrznych, to jednak możliwości są zdecydowanie mniejsze niż systemu taktycznego (TACAN) – rekomendowanego przez NATO lub VOR/DME zwykle wykorzystywanego przez cywilnych użytkowników i również zalecanego przez ICAO. Toteż odpowiedź na pytanie, czy NDB jako samodzielna pomoc nawigacyjna spełnia w pełni wymagania ICAO nie może być udzielona do chwili, gdy nie odbędą się w naszym kraju loty testowe w celu wydania stosownych certyfikatów. Z drugiej jednak strony powstaje pytanie: czy uzasadnione jest przeprowadzanie tak kosztownych testów lotniczych skoro NDB niebawem wchodzi w fazę wycofywania z eksploatacji. Sensownym zatem rozwiązaniem jest pozostawienie tych radiolatarni (NDB, VOR, DME, TACAN i innych) do zakończenia przez nie resursu i traktowania ich jako środki rezerwowe. Podobnie należy postąpić z innymi urządzeniami, które są intero-

peracyjne ze środkami zachodnimi, a stanowią część składową niekompatybilnego systemu lotniczego.

Aktualnie nawigacja trasowa jest zapewniana w naszym kraju głównie przez system RSBN konstrukcji rosyjskiej. Pomimo, że system ten posiada podobne możliwości jak TACAN czy VOR/DME, to jednak jego charakterystyki i parametry są niezgodne ze standardami NATO/ICAO. Toteż w przypadku realizowania wspólnych misji europejskiej, cywilno – militarnej kontroli przestrzeni powietrznej i do chwili odpowiedniego wyposażenia pokładowego, polskie samoloty będą musiały używać do nawigacji trasowej jedynie NDB. W chwili obecnej większość naszych statków powietrznych wyposażona jest w podwójny panel RSBN/PRMG i automatyczny wskaźnik kierunku ADF (Automatic Direction Finder). Te układy i przyrządy pokładowe są interoperacyjne z aktualnym polskim naziemnym wyposażeniem. O ile pokładowe urządzenia RSBN, PRMG są niezgodne ze standardami NATO/ICAO to ADF jest uwzględniany jako interoperacyjny z zachodnimi systemami. Jednak również i w tym względzie wymagane jest wykonanie odpowiednich lotów testowych, które poświadczą te wnioski i pozwolą wydać odpowiednie certyfikaty.



Rys. 3. Schemat wdrażania systemu PALS

Poddana została również wnikliwej analizie nasza łączność lotnicza. Stwierdzono, że polskie lotnictwo wojskowe i cywilne używa kilku typów radiostacji pracujących w paśmie VHF lub UHF, z których każdy ma inną charakterystykę. Jednocześnie okazało się, że część radiostacji pokładowych posiada podobne charakterystyki do ich aktualnie funkcjonujących od-

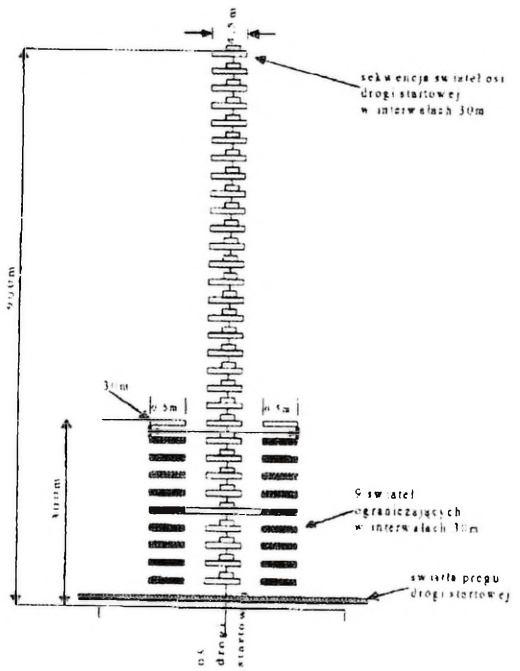
powiedników w państwach zachodnich (VHF/UHF). Należy podkreślić, że operatorzy systemów lotniczych w różnych krajach używają podczas prowadzenia korespondencji (frazeologia lotnicza) języka angielskiego, który jest „lotniczym standardem". Toteż polscy kontrolerzy ruchu lotniczego oraz personel latający powinni uzyskać płynność w posługiwaniu się frazeologią angielską i podwyższać swoje umiejętności podczas kontroli statków powietrznych, wykonywania lotów oraz podchodzenia do lądowania, aby z czasem stał się to również nasz standard lotniczy.

W chwili obecnej nasz kraj nie realizuje postanowień ICAO dotyczących stosowania w paśmie VHF zalecanych częstotliwości w regionach europejskiej przestrzeni powietrznej. Jednak dokonywana jest stosowna modernizacja. Został opracowany stosowny plan dotyczący wdrażania wyznaczonych częstotliwości dla potrzeb polskiego lotnictwa i ograniczenia liczby stosowanych częstotliwości w celu ułatwienia podejścia do lądowania. Natomiast wyniki przeprowadzonych badań dotyczących aktualnie funkcjonujących systemów i pomocy nawigacyjnych lotniczych w naszym kraju oraz ich przydatność względem wymagań i standardów ICAO/NATO prezentuje tabela nr 3. Po dogłębnej analizie zebranego materiału zdecydowano się jedynie na ograniczenie do stwierdzenia przy określonym urządzeniu „odpowiedni – nieodpowiedni". Adnotacja „odpowiedni" nie jest równoznaczna z orzeczeniem pełnej przydatności określonego systemu czy pomocy nawigacyjnej. Musi to być potwierdzone określonymi testami lotniczymi, których celem będzie poświadczenie odpowiednich właściwości oraz wydania stosownych certyfikatów. Stąd też określony został termin, w którym należy rozważyć interoperacyjność i kompatybilność rozważanych systemów z ich odpowiednikami zachodnimi. Jednak mimo uzyskania takich certyfikatów, w ramach przyjętego planu modernizacji światowych pomocy i systemów nawigacyjnych w latach 1999 – 2010 (ERNP – European Radionavigation Plan), również i te („odpowiednie") nasze systemy będą musiały być sukcesywnie wycofywane.

Kolejnym obszarem zainteresowania podczas prowadzonych badań naukowych było stwierdzenie, czy polski lotniczy system świetlnego podejścia do lądowania, drogi startowej i kołowania, funkcjonujący pod nazwą SP – 2, spełnia wymagania nawigacyjne NATO/ICAO. Niestety ten standardowy w chwili obecnej w polskich siłach powietrznych system świetlny też nie spełnia międzynarodowych standardów. Stąd też konieczne jest podjęcie działań, które zmierzałyby do dokonania stosownych zmian. Obowiązujący standard lotniczego systemu świetlnego podejścia do lądowania prezentuje rys. 4.

Konieczność uzyskania w bardzo szybkim terminie przez polskie siły powietrzne interoperacyjności i kompatybilności z NATO oraz wykonywanie lotów według standardów ICAO,

nakazuje w pierwszej fazie dokonać modernizacji polskich lotnisk w oparciu o aktualnie funkcjonujące zachodnie pomoce i systemy nawigacyjne - radiotechniczne, określane COTS (Commercial – off – the – shelf). Zalicza się do nich między innymi : PAR, PSR, SSR, TACAN, VOR/DME, ILS, MLS oraz pokładowe wyposażenie statków powietrznych, umożliwiające współpracę z tymi urządzeniami radiotechnicznymi. Używanie amerykańskiego satelitarnego systemu nawigacyjnego (GPS) oraz globalnego nawigacyjnego systemu satelitarnego (GNSS) brane jest także pod uwagę w perspektywicznej modernizacji zachodnioeuropejskich pomocy i systemów nawigacyjnych.



Rys. 4. Obowiązujący standard lotniczego systemu świetlnego podejścia do lądowania

W oparciu o materiały zebrane, podczas pracy autora w podkomisji nawigacyjnej NC3 Board w Kwaterze Głównej NATO, można stwierdzić, że przewidywane są rozległe zmiany w pomocach, środkach i systemach nawigacyjnych. Powodem takiego stanu rzeczy jest dokonujący się niezwykle dynamiczny rozwój naukowo-techniczny oraz coraz szersze upowszechnianie się techniki satelitarnej, „przyznanie przez Rząd USA drugiej i trzeciej częstotliwości na potrzeby GPS" w latach 1998 – 1999 dla użytkowników cywilnych (K. Monahan, 1998). Równocześnie decyzją ICAO został anulowany plan wprowadzania MLS do globalnej sieci, pozostawiając możliwość jego realizowania w regionalnych planach strategicznych poszczególnych państw. Także NATO odwołało obowiązkowe stosowanie systemu MLS przez

państwa członkowskie. System MLS miał być instalowany w kilku miejscach, ale jego powolne wykonywanie spowodowało, że szereg państw zaczęło prowadzić prace naukowo-badawcze nad zastosowaniem techniki satelitarnej w różnorodnych sferach swojej działalności, a szczególnie podczas precyzyjnego podejścia do lądowania. Stąd też w celu zapewnienia cywilnej i wojskowej współpracy w zakresie pomocy i systemów nawigacyjnych zarówno NATO jak i ICAO popierają używanie na pokładach statków powietrznych wielopanelowych - zintegrowanych odbiorników – MMR (Multi – Mode – Receiver), które zawierać powinny w chwili obecnej elementy: ILS, GCA, DGPS. Przewidywane jest pozostawienie jeszcze w najbliższej przyszłości systemów TACAN i VOR w naszym kraju, które mają być wykorzystywane do wykonywania nieprecyzyjnych podejść do lądowania, nawigacji trasowej, zapewniając interoperacyjność i kompatybilność cywilno-wojskową na poziomie europejskim.

System GNSS zakłada w początkowej fazie połączenie amerykańskiego GPS NAVSTAR i rosyjskiego GLONASS. Jednak w planach NATO zakłada się tylko używania systemu GPS dla potrzeb militarnych. Ponadto bardzo wątpliwe jest funkcjonowanie systemu GLONASS o ile państwa zachodnioeuropejskie nie pomogą Rosji w sukcesywnym umieszczaniu na orbitach nowych satelitów tego typu – te które są na orbitach powoli kończą ustalony doświadczalnie i teoretycznie okres swojej pracy (GNSS 98, 1998). Dlatego też w wielu krajach rozważa się alternatywne rozwiązania w systemie GNSS w zakresie nieprecyzyjnej i precyzyjnej nawigacji. W związku z tym, kolejnym rozważanym krokiem we wdrażaniu nawigacji satelitarnej jest system pracujący metodą różnicową DGPS. Aktualnie kilka państw prowadzi zaawansowane prace w zakresie tej technologii. W systemie tym zwiększa się precyzja podczas podchodzenia do lotniska i lądowania, wskutek dostarczania na pokład samolotu poprawek różnicowych przez naziemne stacje referencyjne umieszczone w pobliżu lotniska.

Przeznaczenie		**Aktualnie funkcjonujące**	**Szacunek**
Podejście do lądowania	Precyzyjne	RSL/RSP	Nieodpowiedni, ale może być modernizowany
		PRMG	Nieodpowiedni
	Nieprecyzyjne	NDB	Odpowiedni
Nawigacja trasowa		RSBN	Nieodpowiedni
Łączność lotnicza		VHF/UHF	Odpowiedni
Awionika pokładowa		Podwójny panel PRMG/RSBN	Nieodpowiedni
		ADF	Odpowiedni
System świetlny		SP - 2	Nieodpowiedni

Tabela 3. Aktualnie wykorzystywane systemy i pomoce nawigacyjne i określenie ich przydatności do wymagań i standardów NATO/ICAO

W oparciu o wyposażenie naziemne oraz konfigurację satelitarną GPS NAVSTAR rozwijana jest sieć permanentnych stacji referencyjnych w USA określana mianem systemu WAAS, która powinna zapewniać zdolność precyzyjnego zbliżania według kategorii I standardów ICAO. Również Europa i Japonia planują rozwijać podobny system. W przypadku naszego kraju jest to jeszcze zbyt kosztowne przedsięwzięcie. Stąd też konieczne jest tworzenie polskiej, uniwersalnej sieci stacji permanentnych - zaczynając w przypadku lotnictwa - od lokalnych podsystemów umożliwiających podejście i lądowanie. Jest sprawą oczywistą, że przestrzeganie zaprezentowanej cezury czasowej, dotyczącej wdrażania systemu PALS i innych opartych o technikę satelitarną, według zaleceń NATO/ICAO oraz uzyskiwanie dostępności do nich jest bardzo problematyczne, gdyż zależy od ekonomiczno - technicznych czynników. Również ważnym elementem jest posiadanie odpowiedniego sprzętu naziemnego oraz systemów i urządzeń pokładowych. Część z tych problemów reguluje STANAG 4533. Z zestawienia przewidywanych faz wycofywania pomocy i systemów nawigacyjnych według założeń ICAO/NATO wynika, że standardowe systemy i pomoce nawigacyjne powinny funkcjonować w państwach zachodnioeuropejskich, aż do 2010 roku, który to jest terminem granicznym. Wskazane jest jednak dążenie do skrócenia tego terminu. Chociaż w STANAG 4533 podany jest już rok 1999 jako początek modernizacji pomocy i systemów nawigacyjnych to jednak polityczno – techniczne uwarunkowania uniemożliwiły ścisłe przestrzeganie założonego scenariusza. Należy jednak traktować przyjęte w STANAG 4533 terminy jako przewodnik do przeprowadzania modernizacji krajowych pomocy i systemów nawigacyjnych przy założeniu, że podstawę w przyszłości winna stanowić technologia satelitarna – różnicowa. Jednak ten termin - 2010 mimo, że wydaje się tak odległy jest bardzo krótki, jeżeli weźmie się pod uwagę ogrom przedsięwzięć, które jeszcze należy zrealizować, aby w naszym kraju mogła funkcjonować lotnicza sieć RTK DGPS.

3. ZAUTOMATYZOWANE SYSTEMY KONTROLI RUCHU LOTNICZEGO I PRZESTRZENI POWIETRZNEJ W „AIR TRAFFIC MANAGEMENT STRATEGY FOR THE YEARS 2000+"

U progu dwudziestego pierwszego wieku transport lotniczy stał się jednym z najbardziej rozwijających się środków transportu. Dzięki rozwojowi zaawansowanych technologii budujemy coraz szybsze i doskonalsze statki powietrzne, które mogą przenosić coraz większe ładunki, przewozić więcej pasażerów na międzykontynentalną odległość. Wzrastającemu zain-

teresowaniu zaletami lotnictwa, jak szybkość, komfort podróżowania, wysoki poziom bezpieczeństwa, sprzyja również skuteczne dążenie do obniżenia kosztów oferowanych usług. Często kwestia ta wygląda korzystniej w porównaniu z innymi rodzajami transportu. Jednak temu szybkiemu i gwałtownemu wzrostowi natężenia przepływu ruchu lotniczego zaczęły towarzyszyć problemy związane z jego obsługą. Szczególnie problem ten uwidocznił się w wysoko rozwiniętych krajach Europy Zachodniej i Ameryki Północnej. Zbyt duża gęstość ruchu lotniczego wokół wielu lotnisk powoduje znaczne opóźnienia w odlotach i przylotach zarówno statków pasażerskich, jak i towarowych. Jako przykład może posłużyć lotnisko we Frankfurcie nad Menem, gdzie liczba lądowań zmniejsza się o połowę w czasie występowania minimalnych warunków atmosferycznych. Ilość lądowań w przeliczeniu na godzinę spada z 90 do około 50, co wskazuje na zbyt małą wydajność systemu obsługującego ruch nadlotniskowy i uzależnienie go od warunków zewnętrznych. Tym samym wzrost ilości operacji lotniczych zdecydowanie wyprzedziła możliwości ich właściwej obsługi. Już pod koniec lat osiemdziesiątych stało się oczywiste, że ówczesne systemy używane do kontroli ruchu lotniczego nie są w stanie należycie zabezpieczyć stale rosnących potrzeb i wymagań wszystkich użytkowników. Z tego powodu międzynarodowe organizacje lotnicze, jak ICAO czy EUROCONTROL, a w USA FAA, stanęły przed koniecznością szybkiej i efektywnej poprawy sytuacji. Zaczęto od objęcia patronatem wielu projektów badawczych, kładąc główny nacisk na wprowadzanie nowych technologii, prowadzących do automatyzacji systemów technicznych zabezpieczających sprawną obsługę ruchu lotniczego, przy zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa.

Jednym z przejawów zastosowania najnowszych technologii w lotnictwie są przeżywające dynamiczny rozwój satelitarne systemy lokalizacyjne na czele z amerykańskim GPS NAVSTAR, których wykorzystanie w wielu dziedzinach staje się powszechne. Należy wspomnieć, że obecnie na świecie produkowanych jest miesięcznie około 60000 cywilnych i militarnych odbiorników pokładowych przeznaczonych tylko do celów nawigacyjno-geodezyjnych. Innymi słowy, technika satelitarna znajduje coraz szersze zastosowanie zarówno w systemach przeznaczonych dla cywilnych użytkowników, jak i w systemach i urządzeniach wykorzystywanych do celów militarnych. Niewątpliwie jest ona wielką nadzieją dla lotnictwa, ponieważ rośnie systematycznie różnorodność funkcji, zadań, w których zaczynają brać udział systemy satelitarne. Od 1995 roku odbiorniki GPS są używane jako urządzenia wspomagające nawigację statków powietrznych, stanowiące uzupełnienie klasycznych systemów nawigacyjnych. Zgodnie z decyzją Głównej Kwatery NATO (STANAG 4550) już w latach 2005-2007 technika satelitarna zastąpi większość obecnie eksploatowanych systemów radionawigacyj-

nych oraz będzie jednym z istotnych elementów w lotniczych systemach nawigacyjno-celowniczych. Zgodnie z trendami światowymi oraz zaleceniami międzynarodowych organizacji lotniczych, jak ICAO, każdy obecnie produkowany statek powietrzny powinien być wyposażony w odbiornik GPS.

Zależny system nadzoru – ADS (Automatic Dependent Surveillance), również oparty jest na technice satelitarnej. Istota jego działania polega na tym, że statek powietrzny automatycznie, bez udziału załogi, wysyła zakodowane binarnie informacje o swoim położeniu (pozycja, wysokość, kurs). Informacje te są odbierana przez satelitę telekomunikacyjnego i przesyłane do odpowiedniego centrum obsługującego ruch lotniczy. W centrum następuje dekodowanie informacji i jej zobrazowanie na odpowiednim wskaźniku. Dzięki łączności satelitarnej, ADS może mieć zasięg globalny i tym samym jest w stanie zapewnić kontrolę lotów nad oceanami i innymi obszarami, gdzie dotychczas nie było to możliwe. Z kolei, głównie w Szwecji i w Niemczech prowadzone są testy lotnicze z użyciem techniki DGPS w jednym z modułów automatycznego systemu nadzorowania ADS - B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), który jest pochodną ADS. Pokładowy odbiornik GPS jest wykorzystywany jako podstawowe źródło informacji o pozycji i czasie w tym systemie. Sieć ADS - B została utworzona i testowana w Europie Północnej w ramach projektu NEAN (Northern European ADS - B Network). Zgodnie z planami krajów objętych siecią ADS - B, system ten w niedalekiej przyszłości częściowo zastąpi tradycyjnie wykorzystywane w codziennej kontroli ruchu lotniczego radary. Istotnym elementem w tworzonych obecnie systemach staje się technologia satelitarna a szczególnie wprowadzany do użytku Globalny Nawigacyjny System Satelitarny określany jako GNSS (ang. Global Navigation Satellite System).

Światowe problemy związane z obsługą ruchu lotniczego nie ominęły również polskich służb. Dążenie Polski do unifikacji ze strukturami zachodnioeuropejskimi na płaszczyźnie gospodarczej i militarnej wymaga zintensyfikowania prac związanych z dostosowaniem systemu obsługi ruchu lotniczego do standardów Unii. Sojusz Polski z NATO stwarza obiektywną potrzebę dostosowania wojskowej struktury ruchu lotniczego do standardów Sojuszu Atlantyckiego.

Wymienione determinanty spowodowały opracowanie zleconej przez Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej, w porozumieniu z Ministrem Obrony Narodowej, „Koncepcji Jednolitego Zarządzania Ruchem Lotniczym w Polsce", która spełnia wymogi ICAO i NATO. Okazuje się, że wdrożenie koncepcji napotyka szereg trudności związanych między innymi z modernizacją systemów technicznych obsługujących ruch lotniczy. Funkcjonujące urządzenia są często przestarzałe, mają kończący się resurs eksploatacji i nie spełniają współczesnych wy-

magań. Problem ten szczególnie uwidacznia się w lotnictwie wojskowym, gdzie większość środków radiolokacyjnych wykorzystywanych do kontroli ruchu lotniczego wymaga modernizacji, bądź wymiany na nowe urządzenia. Obecnie podstawową informacją służącą do kontroli przemieszczających się statków powietrznych jest informacja wtórna, pochodząca z tzw. transponderów, przeważnie zobrazowana na wskaźniku stacji radiolokacyjnej. W szerokim zakresie wykorzystywana jest również informacja pierwotna z radarów klasycznych, ponieważ znaczna część statków powietrznych nie jest wyposażona w transponder. Głównymi wadami powyższego sposobu uzyskania informacji jest jej ograniczona dostępność, w dużej mierze zależna od dyslokacji stacji radiolokacyjnych, a także wysoka cena samych urządzeń i ich eksploatacji. Stąd aktualnie pełną kontrolę nad poruszającymi się statkami powietrznymi, wyposażonymi w transponder, w polskiej przestrzeni powietrznej posiadamy na wysokościach lotu powyżej 3000 m.

Przedstawienie „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+", obejmującej lata 2000 – 2015, w kontekście zautomatyzowanych systemów kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej wymaga zaprezentowania europejskiego programu, etapów jego realizacji oraz międzynarodowych standardów, instytucji i organizacji koordynujących prace oraz badania naukowe dotyczące zautomatyzowanych systemów zarządzania ruchem lotniczym. Zasadne jest podanie, że opracowana strategia zarządzania ruchem lotniczym „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+" składa się z dwóch zasadniczych części, które zawierają odpowiednio:

a) **tom pierwszy**: wprowadzenie, uzasadnienie potrzeb zmian i przedstawienie istotnych nowych inicjatyw, zarysowanie przyszłości zarządzania ruchem lotniczym w państwach członkowskich ECAC, ogólne i szczegółowe cele i strategiczne pryncypia, kierunki niezbędnych zmian w systemie zarządzania, akronimy używane w dokumencie, objaśnienia i definicje;
b) **tom drugi**: wprowadzenie, główne cechy strategii, konieczne zmiany i istotne nowe inicjatywy, wybrane zasadnicze cele z realizowanych i perspektywicznych programów, koncepcję operacyjnych i obronnych celów, kierunki zmian, etapy – kroki wprowadzania nowej strategii zarządzania ruchem lotniczym, akronimy używane w dokumencie, bibliografię, wyjaśnienia, 4 załączniki:
   - operacyjna poprawa , czynniki i korzyści;
   - przedsięwzięcia podejmowane dla wszystkich faz lotu;
   - rola zmian i odpowiedzialność finansowa;
   - wykaz możliwości wraz z analizą ekonomiczną tematu.

Na piątym spotkaniu Ministrów Transportu (MATSE/5) państw ECAC (European Civil Conference Aviation) 14th lutego 1997 w Kopenhadze przyjęto wniosek, że należy opracować strategię zarządzania ruchem lotniczym w obszarze Europy do 2015 roku. Jednocześnie zdecydowano, że tą problematyką zajmą się odpowiednio wyspecjalizowane komórki EUROCONTROL (the European Organisation for the Safety of Air Navigation). Podkreślić należy, że powyższą decyzję spowodowało praktyczne zatłoczenie komunikacyjnych szlaków lotniczych, wynikające z wzrastającego natężenia transportu lotniczego oraz materiały źródłowe zawierające ekspertyzy przewidujące jeszcze większy niż planowano wzrost ruchu lotniczego w Europie. Wobec takich faktów stało się oczywiste, że za wszelką cenę trzeba doprowadzić do znacznego wzrostu pojemności powietrznej przestrzeni lotniczej. Jednocześnie podczas wykonanych analiz okazało się, że istniejące systemy zarządzania ruchem lotniczym – ATM (Air Traffic Management), posiadające określone ograniczenia operacyjno – techniczne, już w niektórych regionach w zakresie pojemności i przepustowości zbliżają się do niebezpiecznej wartości granicznej. Ponadto stwierdzono, że osiągane obecnie korzyści w wyniku realizowania wcześniejszych strategii ECAC nie wystarczają, aby poradzić sobie z dynamiczną ekspansją transportu lotniczego.

Przedstawione powyżej trudności, przesłanki spowodowały, że pojawiło się zapotrzebowanie na całkowicie nowe podejście do zagadnień związanych z zarządzaniem ruchem lotniczym, w celu rozwiązania problemów związanych ze zwiększeniem pojemności i przepustowości zarówno portów jak i tras lotniczych oraz istniejących i perspektywicznych europejskich systemów ATM. W związku z tym opracowany został dokument „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+", wskutek połączonych wysiłków przedstawicieli reprezentujących wszystkie sektory europejskiego lotnictwa oraz w wyniku konsultacji z szeroką społecznością lotniczą. Istotny jest fakt, że głównym celem strategii jest zrealizowanie starej lotniczej ambicji europejskiej – stworzenie jednolitej przestrzeni powietrznej dla Europy. Prezentowana strategia dostarcza także precyzyjnych wskazówek i prezentuje efektywne środki, dzięki którym możliwe jest uporanie się ze współczesnymi problemami i skuteczne stawianie czoła wyzwaniom przez europejskie ATM w XXI wieku. Przedstawione rozwiązania pozwalają w praktyce wygenerować dodatkową pojemność lotniczych komunikacyjnych szlaków i tym samym sprostać żądaniom ruchu lotniczego oraz zmniejszyć koszty jednostkowe przy zwiększonym poziomie bezpieczeństwa.

Jednak opracowany dokument „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+", który jest bardzo korzystny dla transportu lotniczego, aby doczekać się pełnej realizacji musi uzyskać formalną akceptację i zostać zaimplementowany w każdym państwie. W związku z

tym przewiduje się, że jego implementacja nie będzie łatwym przedsięwzięciem, bowiem zakres przedsięwzięć w przedstawionym dokumencie, które powinny być zrealizowane wymagają wykonania ogromnych prac organizacyjno – funkcjonalnych i poniesienia znacznych kosztów. Przy założeniu, że przedstawiony dokument stanowi w chwili obecnej jedyny realny program przyszłościowego rozwoju europejskiego ATM. Spotkanie ministrów oznacza jednocześnie zakończenie strategii ECAC dla lat dziewięćdziesiątych XX wieku, które doprowadziły do znacznego postępu w uzyskaniu harmonizacji i integracji europejskiego systemu ATM. Zaproponowany w tym dokumencie kierunek musi być utrzymany a zmiany wykonane. Wynika z tego, że bardzo ważne są decyzje ministrów bowiem one określą kształt europejskiego ATM na początek tego tysiąclecia i tym samym przyczynią się do zaspokojenia popytu europejskich obywateli na bezpieczną, punktualną i skuteczną podróż powietrzną, zwiększą pojemność i przepustowość lotniczych komunikacyjnych szlaków.

Podkreślić należy, że „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+" to nowe spojrzenie, ale równocześnie kontynuacja i scalenie strategii ECAC rozwijanych od lat dziewięćdziesiątych XX wieku (1995-1999) oraz włączenie końcowej fazy EATCHIP (European Air Traffic Control Harmonisa-tion and Integration Programme) i zakresu działalności dawnego APATSI (Airport / Air Traffic Services Interface Programme).

Dyrektor Generalny EUROCONTROL założył w 1997 Komisję d.s. „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+", która opracowała i dostarczyła juz w 1998 strategiczną propozycję europejskiej sieci ATM dla początku XXI w. W składzie Komisji znaleźli się przedstawiciele szeregu specjalności lotniczych, użytkownicy przestrzeni powietrznej oraz przedstawiciele ECAC, ICAO, Europejskiej Komisji, Joint Authorities Aviation (JAA), NATO, Federal Aviation Administracja (FAA), European Association Aerospace Equipment Manufacturers (AECMA), European Organisation for Civil Equipment Aviation (EUROCAE), producentów przemysłowych, profesjonalnych stowarzyszeń lotniczych i EUROCONTROL. Powołana Komisja wnikliwie przeanalizowała wcześniejsze i bieżące prace studyjne, badania dotyczące ATM oraz przedstawione koncepcje i inicjatywy, które dotyczyły zarówno Europy jak i innych regionów. Następnie bazując na wiedzy specjalistycznej opracowano dokument, który poddany został wszechstronnemu procesowi konsultacji. Końcowa propozycja strategii opracowanej przez Komisję została także skonsultowana na forum Tymczasowej Rady EUROCONTROL oraz z grupami roboczymi zarówno na szczeblu globalnym CNS / ATM NATMC (Komisja działająca w Głównej Kwaterze NATO) jak i na regionalnym. W opracowanym dokumencie „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+" przewidziano trzy zasadnicze etapy implementacji nowego, europejskiego systemu ATM:

pejskim regionie w granicach od 20 do 40 procent w stosunku do zakładanych do osiągnięcia rezultatów w pierwszym etapie (do 2005r). Równocześnie przewidywana jest dalsza redukcja zużycia paliwa podczas wykonywania lotu do 3% (korzyści ekonomiczne i środowiskowe). Natomiast docelowo przewiduje się redukcję emisji zanieczyszczenia środowiska nawet w granicach od 15 do 30 procent. Zakłada się także, że wraz ze wzrostem lotniczej przestrzeni powietrznej nastąpi równoczesna poprawa bezpieczeństwa wykonywania lotów oraz ulegnie zmniejszeniu liczba niezbędnych ATM. Dalsze korzyści powinny nastąpić po całkowitej modernizacji naziemnej infrastruktury i likwidacji określonej liczby starszych systemów.

Trzeci etap realizacji programu „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+" (2010 - 2015), powinien charakteryzować się osiągnięciem pełnej zdolności do realizacji założonych w strategii zadań i celów. Stąd też w przedstawionych siedmiu działach (bezpieczeństwo, pojemność lotniczej przestrzeni powietrznej, elastyczność i wydajność, systemów ATM, komunikacja, nawigacja, nadzorowanie – radiolokacja) przewidziano do wykonania następujące przedsięwzięcia:

- wprowadzanie pełnej integracji transmisji danych telekomunikacyjnych;
- wprowadzanie pełnej integracji transmisji danych nadzorujących - radiolokacyjnych, zawierających lotniczą sytuację, dla określonej liczby ACC-ów/ UAC-ów, głównych portów lotniczych i TMA wraz z numerami i danymi dotyczącymi wyposażenia pokładowego statku powietrznego;
- optymalizacja procedur, procesów i algorytmów bazujących na dostępnych, precyzyjnych danych;
- szerokie użycie technologii komputerowo – satelitarnej zarówno w naziemnej infrastrukturze, jak i na pokładach statków powietrznych;
- pełne zintegrowanie systemów zarządzania, planowania i informacji;
- wykonywanie lotów „gate – to - gate" w przestrzeni powietrznej, traktowanych łącznie w planowaniu i zarządzaniu wraz z propozycjami kilku ograniczeń;
- wykonywanie większości lotów w tzw. paliwowo – efektywnych trasach, poprzez zastosowanie autonomicznych separacji w odpowiednich obszarach przestrzeni powietrznej;
- ciągły wzrost poprawy bezpieczeństwa podczas wykonywania lotów;
- poprawianie pojemności lotniczej przestrzeni powietrznej podczas wykonywania operacji, we wszystkich głównych portach lotniczych bez względu na warunki meteorologiczne;
- użycie techniki satelitarno - komputerowej dla sekwencjonowania i separacji;
- optymalne zarządzanie pojemnością lotniczej przestrzeni powietrznej;

- jednolite, zunifikowane, planowanie ruchu lotniczego dotyczące w całej europejskiej przestrzeni powietrznej;
- planowanie lotów „gate - to - gate";
- wprowadzenie autonomicznych operacji statków powietrznych;
- optymalizacja 4D narzędzi ATM;
- wprowadzenie wielosektorowego planowania;
- pełna integracja wspólnej sieci stacjonarnej i mobilnych ATN opartej o komunikacyjną infrastrukturę transmisji danych;
- RNP1 RNAV MASP lub lepszy;
- ciągła modernizacja naziemnej infrastruktury nawigacyjnej;
- przejście do nowej infrastruktury nadzorującej w zależności od miejscowych wymagań.

Przewidywane do wykonania zmiany w tym etapie powinny umożliwić uzyskanie dodatkowej pojemności lotniczej przestrzeni powietrznej w europejskim regionie w granicach od 20 do 40 procent w stosunku do planowanych do osiągnięcia rezultatów po realizacji drugiego etapu. W dalszych założeniach po 2015 r pojemność powinna nadal liniowo rosnąć. Natomiast powstałe odchylenia statku powietrznego od profilu podczas wykonywania lotu spowodowane różnorodnymi przyczynami powinny być zredukowane przez ATM do ich minimalnego poziomu i ta wyjątkowa interwencja będzie stanowiła normę. Jedyne ograniczenia w przyszłości powinny stanowić czynniki związane z szeroko pojętą problematyką środowiska i nasycenie pasa startowego. Więcej szczegółów zawierają odpowiednie załączniki zawarte w programie „Air Traffic Management Strategy for the years 2000+".

W prezentowanej powyżej literaturze pojawia się określenie „system systemów" europejskiej sieci zarządzania ruchem lotniczym „System Systems - European Network ATM". Stanowić on powinien kompleksowo zintegrowany, wysoce interakcyjny zespół w skład którego wchodzi szereg systemów, komponentów, czujników umieszczonych na ziemi, w powietrzu i w przestrzeni kosmicznej. To bardzo szerokie określenie zawiera wszelakie udogodnienia, różnorodne wyposażenie włącznie ze sprzętem komputerowym i oprogramowaniem a przede wszystkim ludzi, którzy tą całą infrastrukturę obsługują.

Od końca lat osiemdziesiątych Instytut Nawigacji Powietrznej EUROCONTROL w Brukseli, przy poparciu ICAO, prowadzi badania nad nawigacyjnym systemem przyszłości zwanym FANS (Future Air Navigation System), który jest częścią międzynarodowej koncepcji „Free Flight", czyli bezpiecznego użytkowania przestrzeni powietrznej bez konieczności korzystania z dróg lotniczych. Celem tego projektu było zapewnienie efektywniejszego wyko-

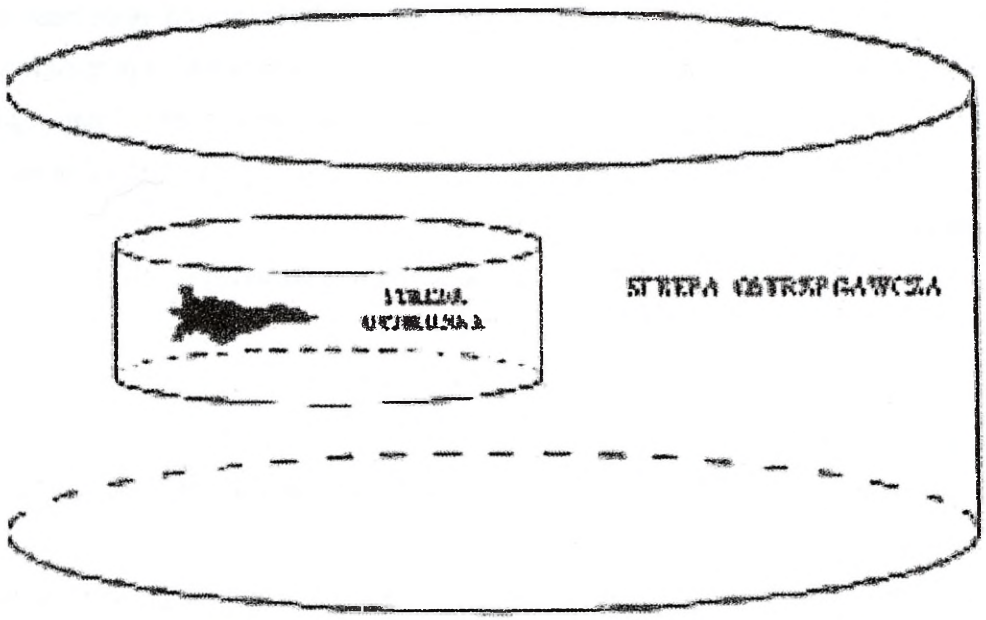
rzystania przestrzeni powietrznej, a tym samym uzyskanie znacznej poprawy w ekonomice transportu i komunikacji lotniczej. Biorąc pod uwagę obecną organizację ruchu lotniczego wiadomo, że lot statku powietrznego polega na realizacji złożonego wcześniej planu lotu, który wymaga wykonania lotu po ustalonej trasie, ograniczonej do wyznaczonych odcinków dróg lotniczych. W takim przypadku nawigacja prowadzona jest według naziemnych pomocy i systemów radionawigacyjnych. Oznacza to w praktyce, że struktura tras – dróg lotniczych oparta a wręcz uzależniona jest od lokalizacji tych środków radiotechnicznych. Natomiast w warunkach „Free Flight" personel latający będzie miał możliwość wyboru trasy i parametrów dotyczących wykonywania lotu powiadamiając jedynie kontrolera ruchu lotniczego o dokonanych zmianach. Jednak trzeba podkreślić, że ta dowolność wyboru będzie ograniczona tylko przez:

- konieczność zachowania przez statek powietrzny odpowiedniej poziomej i pionowej separacji;
- strefy wyjątkowego zagęszczenia ruchu (wielkie porty lotnicze);
- strefy zakazane i niebezpieczne;
- inne względy bezpieczeństwa, takie jak np. wykluczenie możliwości wykonywania manewrów niebezpiecznych przez statki powietrzne.

Koncepcja „Free Flight" polega na utworzeniu wokół statku powietrznego umownych dwóch stref: ochronnej i ostrzegawczej (rys. 5). Wokół statku powietrznego znajduje się strefa ochronna, jest to minimalny obszar, który powinien być zachowany. Oznacza to, że statek powietrzny nie może „zetknąć" się ze strefą ochronną innego statku powietrznego. Natomiast strefa ostrzegawcza rozciąga się znacznie dalej od strefy ochronnej. Zasadne jest podanie, że jeżeli strefy ostrzegawcze dwóch statków powietrznych zetkną się to zarówno personel latający jak i kontroler ruchu lotniczego, muszą ustalić czy konieczna jest korekta kursów. Jest sprawą oczywistą, że taka koncepcja organizacji ruchu lotniczego wymaga posiadania bardzo sprawnego systemu nawigacji lotniczej, odpowiednio precyzyjnego nadzoru ze strony ośrodków zarządzania ruchem lotniczym i niezawodnej komunikacji pomiędzy poszczególnymi użytkownikami funkcjonującymi w tym systemie.

W konsekwencji rozwijania koncepcji: „free flight", rozwinięty został projekt systemu FANS dla którego przyjęto założenia, że przewidywane do użycia technologie muszą charakteryzować się: wysoką niezawodnością, niezależnością od warunków atmosferycznych, ciągłością działania w całej przestrzeni powietrznej, pełną automatyzacją działania oraz całkowitą integracją podsystemów naziemnych i pokładowych. Podkreślić należy, że działanie syste-

mu FANS polega na połączeniu w obrębie jednego systemu aż trzech funkcji: nawigacji, łączności, nadzoru. Według ICAO, koncepcja ta jest określana mianem CNS/ATM (Communication, Navigation and Surveillance / Air Traffic Management). W literaturze przedmiotu obydwie nazwy występują zamiennie, z tendencją powszechniejszego używania nazwy CNS/ATM. Podobną nazwę posiada Grupa Robocza działająca w Głównej Kwaterze w Brukseli – CNS/ATM NATMC (NATO AIR TRAFFIC MANAGEMENT COMMITTEE).



Rys. 5. Umowne strefy tworzone wokół samolotu wg koncepcji: „free flight"

4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA EUROPEJSKIEGO ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA RUCHEM LOTNICZYM

Dokonując analizy środków i urządzeń technicznych, zautomatyzowanych systemów, które mają zastosowanie w obsłudze ruchu lotniczego, celowe jest umiejscowienie ich w naczelnej strukturze zajmującej się ruchem lotniczym, czyli w europejskim systemie zarządzania ruchem lotniczym – ATM (Air Traffic Management). W związku z tym konieczne jest ogólne scharakteryzowanie poszczególnych komponentów europejskiego systemu zarządzania ruchem lotniczym, ze szczególnym zwróceniem uwagi na podział przestrzeni powietrznej oraz służbę kontroli ruchu lotniczego, której funkcjonowanie jest oparte o bezpośrednie wykorzystanie środków, urządzeń, systemów, służących do kontroli ruchu lotniczego. Podkreślić należy, że prezentowana w niniejszym rozdziale struktura organizacyjna systemu zarządzania

ruchem lotniczym jest rekomendowana ICAO, co nie znaczy, że każde państwo będące członkiem tej organizacji posiada identycznie zorganizowany system ATM. Wręcz nawet dowodzą tego przeprowadzone analizy funkcjonujących europejskich systemów zarządzania ruchem lotniczym. Okazuje się, że nie istnieje jeden wspólny międzynarodowy system ATM a każde państwo posiada praktycznie swój narodowy system oparty jedynie o wspólne dla wszystkich wymagania i standardy międzynarodowe, które zostały opracowane zgodnie z międzynarodowym prawem lotniczym.

Biorąc pod uwagę obowiązujące standardy ICAO, zarządzanie ruchem lotniczym jest pojęciem bardzo szerokim, składającym się z trzech zasadniczych komponentów:

- zarządzania przestrzenią powietrzną – ASM (Airspace Management);
- zarządzania przepływem ruchu lotniczego – ATFM (Air Traffic Flow Management);
- służby ruchu lotniczego – ATS (Air Traffic Services).

Zarządzanie ruchem lotniczym realizowane jest w oparciu o odpowiednie procedury planowania i użytkowania przestrzeni powietrznej, koordynacji ruchu lotniczego a do kontroli położenia i przemieszczania się statków powietrznych niezbędne są odpowiednie urządzenia, systemy radarowe, zautomatyzowane systemy oraz środki umożliwiające wzajemne komunikowanie się kontrolerów ruchu lotniczego i personelu latającego. Wszystkie wymienione elementy tworzą określony system zarządzania ruchem lotniczym, który pomimo, że różnie jest definiowany w poszczególnych opracowaniach to w istocie stanowi zespół wzajemnie skorelowanych struktur, procedur, personelu, metod działania, środków, urządzeń i systemów, niezbędnych do zapewnienia bezpiecznego przemieszczania się statków powietrznych w przestrzeni powietrznej i na lotniskach, utrzymania uporządkowanego przepływu ruchu lotniczego oraz optymalnego i zgodnego z potrzebami użytkowników wykorzystania przestrzeni powietrznej. Zasadne jest podanie, że pojęcie system zarządzania ruchem lotniczym jest stosunkowo nowe w naszym kraju i zostało zaadoptowane ze struktur organizacyjnych ruchu lotniczego państw zrzeszonych w ECAC, aby dostosować Polskę do standardów ICAO. W związku z tym polski system zarządzania ruchem lotniczym jest bardzo rzadko definiowany przez różnego rodzaju krajowe wydawnictwa popularno – naukowe, encyklopedyczne, specjalistyczne. Natomiast bardzo często możemy spotkać się z określeniami:

- system kierowania ruchem lotniczym – zawiera się w pojęciu systemu zarządzania ruchem lotniczym (oprócz elementów typowych dla systemu kierowania ruchem lotniczym zawiera istotny składnik - zarządzanie przestrzenią powietrzną);
- system kontroli ruchu lotniczego – integralna część systemu zarządzania ruchem lotniczym

i też jest pojęciem węższym. Stanowi element służby kontroli ruchu lotniczego, związany głównie z systemami, urządzeniami technicznymi, wykorzystywanymi do kontroli ruchu lotniczego. Bardzo często te systemy, środki, pomoce i urządzenia określane są jako infrastruktura techniczna (systemy radarowe, środki łączności powietrzno - naziemnej, przetwarzania danych i inne), dzięki której zapewniana jest kontrola lotów;

- służba kontroli ruchu lotniczego - ściśle określony odpowiednimi przepisami standard usług związanych z ruchem lotniczym;
- system kontroli przestrzeni powietrznej - związany jest ściśle z obroną powietrzną państwa.

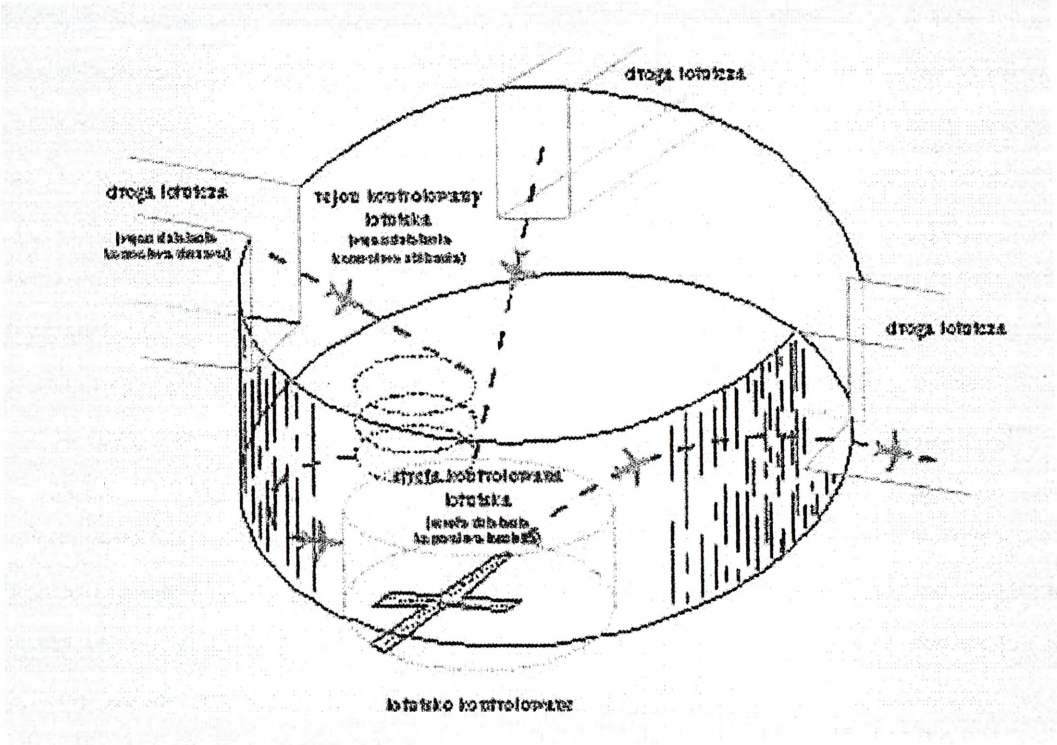
Zarządzanie przestrzenią powietrzną (ASM) to proces przydzielania przez komórkę AMC (Airspace Management Cell), określonych obszarów powietrznych zainteresowanym użytkownikom w celu umożliwienia im realizacji zadań lotniczych z zachowaniem warunków pełnego bezpieczeństwa i maksymalną swobodą działania. Z tego wynika, że zasadniczym celem zarządzania przestrzenią powietrzną jest jej udostępnienie dla wszystkich użytkowników i optymalne wykorzystanie. W związku z tym system zarządzania przestrzenią powietrzną składa się z trzech zasadniczych poziomów zarządzania:

- ASM 1 – POZIOM 1, strategiczny poziom zarządzania przestrzenią powietrzną, kształtowanie polityki w dziedzinie strategicznego zarządzania przestrzenią powietrzną (Komitet ds. Przestrzeni Powietrznej);
- ASM 2 – POZIOM 2, przedtaktyczny poziom zarządzania przestrzenią powietrzną, działalność operacyjna, planowanie przedtaktyczne, przydział elastycznych struktur przestrzeni powietrznej 24 godz. przed wykonywaniem lotów oraz koordynacja wykorzystania przestrzeni pomiędzy cywilnymi a wojskowymi użytkownikami (Ośrodek Zarządzania Przestrzenią - AMC);
- ASM 3 – POZIOM 3, taktyczny poziom zarządzania przestrzenią powietrzną, bieżąca działalność operacyjna i koordynacja w zakresie zarządzania przestrzenią powietrzną w dniu wykonywania lotów (ACC + AMC), codzienna operacyjna działalność służb ruchu lotniczego w oparciu o systemy radarowe, zautomatyzowane i odpowiednią łączność. Głównie na tym poziomie kontrolerzy wykorzystują systemy radarowe i łączności do kontroli ruchu lotniczego. Dzięki informacji o sytuacji powietrznej w czasie rzeczywistym możliwe jest zarządzanie określonymi częściami przestrzeni powietrznej oraz koordynacja ruchu lotniczego pomiędzy różnymi rodzajami lotnictwa. Ma ona na celu bieżące rozwiązywanie problemów pojawiających się na styku ruch cywilny – ruch wojskowy oraz niedopuszczenie do powstawania sytuacji kolizyjnych.

W przestrzeni powietrznej przemieszczają się wszelkie obiekty latające, więc w tym środowisku działają również systemy zarządzania ruchem lotniczym. Biorąc pod uwagę fakt, że jest to część atmosfery ziemskiej nad obszarem danego państwa, która stanowi jego „własność" i traktowana jest jako dobro narodowe wynika, że musi ona podlegać szczególnej ochronie i być precyzyjnie zarządzana zarówno w czasie pokoju, kryzysu, jak i wojny. Natomiast z punktu widzenia obronności kraju istotne jest zapewnienie sprawnej kontroli wszystkich obiektów poruszających się w jego przestrzeni powietrznej a trzeba wiedzieć, że użytkownikami przestrzeni powietrznej są nie tylko posiadacze statków powietrznych (ich interesuje sprawność i bezpieczeństwo ruchu lotniczego), ale też wojska rakietowe i artyleria (różnych klas), twórcy eksperymentalnych systemów uzbrojenia, instytucje badające atmosferę ziemską (kosmos). Jeżeli założy się, że przestrzeń powietrzna jest kategorią prawną to oznacza, że podlega międzynarodowej i krajowej ochronie prawnej. W związku z tym nakłada to na rządy poszczególnych państw obowiązek tworzenia instytucjonalnych rozwiązań w sprawie jej wykorzystania, które obejmują między innymi organizację (podział) przestrzeni powietrznej, organizację systemu służb ruchu lotniczego, przepisy w sprawie ruchu lotniczego, procedury lotów, konieczność zapewnienia odpowiedniej infrastruktury.

Sprawowanie opieki nad ruchem statków powietrznych jest obowiązkiem każdego państwa i polega na powoływaniu i utrzymywaniu wyspecjalizowanych służb, których celem jest zapewnienie bezpieczeństwa wszystkim statkom powietrznym wykonującym loty w przestrzeni powietrznej lub manewrującym na lotniskach. Jednak międzynarodowe prawo lotnicze nie narzuca szczegółowych rozwiązań w dziedzinie organizacji zabezpieczenia ruchu lotniczego. Każde państwo ma prawo stosować takie rozwiązania, które zabezpieczają interesy lotnictwa i są zgodne z jego narodową racją stanu. Jednak ICAO rekomenduje określoną klasyfikację, według której przestrzeń powietrzna dzieli się na: kontrolowaną (wyróżnia się pięć klas: A, B, C, D i E) i niekontrolowaną (wyróżnia się dwie klasy: F i G). Wprowadzenie w każdym państwie klasyfikacji rekomendowanej przez ICAO prowadzi w efekcie do funkcjonowania jednolitego, globalnego podziału przestrzeni powietrznej oraz jednakowych zasad ruchu lotniczego. Oznacza to, że personel latający posiadając informację w jakiej klasie przestrzeni wykonuje lot, wie jednocześnie jakie występują tam ograniczenia, na jakie służby może liczyć, czy musi utrzymywać łączność radiową oraz co jest podstawą wykonania lotu (czy wystarczy zezwolenie ATS czy konieczny jest plan lotu). Jednak różnorodność zadań wykonywanych przez lotnictwo uniemożliwia utworzenie jednolitej i powszechnej metodyki kontroli ruchu lotniczego. Stąd też przestrzeń kontrolowana została wydzielona głównie dla lotnictwa komunikacyjnego, którego cechą charakterystyczną jest wykonywane lotów po ustalonych trasach - w drogach lotniczych, na względnie stałych

w drogach lotniczych, na względnie stałych wysokościach i itp. Natomiast sens pojęcia „przestrzeń kontrolowana" polega na tym, że wszystkie statki powietrzne wykonujące loty w tej przestrzeni podporządkowane są jednolitym przepisom (w skali międzynarodowej) oraz mają zapewniony jednakowy standard w zakresie służb ruchu lotniczego. W skład przestrzeni powietrznej kontrolowanej wchodzą (rys. 6): drogi lotnicze - AWY (Airways), rejony kontrolowane lotnisk – TMA (Terminal Control Area lub Terminal Manoeuvre Area), rejony kontrolowane węzłów lotnisk cywilnych i wojskowych – MTMA (Military Terminal Manoeuvre Area), strefy kontrolowane lotnisk – CTR (Control Zone), strefy - rejony kontrolowane lotnisk wojskowych dopuszczonych do ruchu międzynarodowego, strefy oczekiwania (Holding Area).



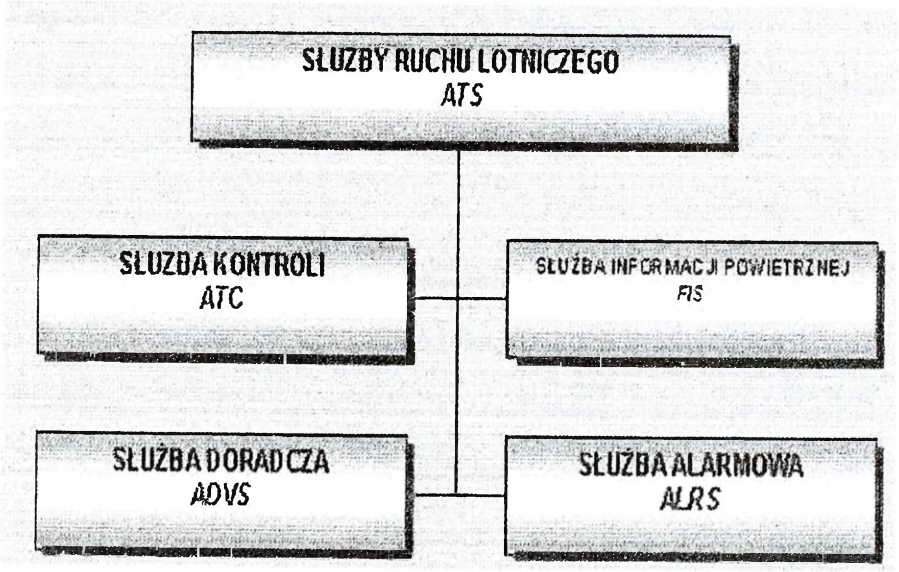
Rys. 6. Elementy przestrzeni kontrolowanej

Dynamiczny rozwój lotnictwa, zapoczątkowany w połowie lat osiemdziesiątych spowodował powstanie światowego kryzysu w kontroli ruchu lotniczego, najbardziej widoczny był w Zachodniej Europie, gdzie straty spowodowane niedostateczną wydajnością systemów kontroli ruchu lotniczego szacowano w setkach milionów dolarów. Dwie pozycje największych strat ponoszonych przez towarzystwa wynikały z opóźnień lotów i zmian przebiegu (wydłużania) tras. Powyższe czynniki spowodowały podjęcie prac nad opracowaniem i wdrażaniem „Europejskiego Programu Harmonizacji Kontroli i Integracji Ruchu Lotniczego" – EATCHIP

(European Air Traffic Control Harmonization and Integration Programme). Program ten został opracowany przez EUROCONTROL, Europejską Komisję Lotnictwa Cywilnego (ECAC) oraz Komitet ds. Koordynacji Europejskiej Przestrzeni Powietrznej NATO – CEAC (Committee for European Airspace Coordination) a jego realizacja miała się przyczynić do osiągnięcia następujących celów:

- zwiększenie bezpieczeństwa ruchu lotniczego;
- efektywniejsze wykorzystanie europejskiej przestrzeni powietrznej;
- polepszenie jakości sprawowania służb ruchu lotniczego;
- zmniejszenie kosztów utrzymania służb i infrastruktury technicznej.

Zarządzanie przepływem ruchu lotniczego ATFM (Air Traffic Flow Management) stanowi jeden ze składników ATM i w zasadzie jego zadanie polega na optymalizowaniu przepływu ogólnego ruchu lotniczego (GAT) oraz niedopuszczeniu do takiego stanu rzeczy aby nastąpiło przekroczenie dopuszczalnej pojemności krajowych systemów kontroli ruchu lotniczego. Jest sprawą oczywistą, że zgodnie z wymaganiami państw ECAC zadania te realizuje się w oparciu o trójpoziomowy system ATFM z udziałem organów krajowych i międzynarodowych oraz ASM.



Rys. 7. Służby ruchu lotniczego wg ICAO

Jednak najistotniejszą częścią składową ATM stanowią służby ruchu lotniczego – ATS (Air Traffic Services), powołane do zapewnienia bezpiecznego i bezkolizyjnego ruchu lotniczego oraz efektywnego i elastycznego wykorzystania przestrzeni powietrznej. Biorąc pod uwagę rodzaj ruchu lotniczego oraz przestrzeń powietrzną, w której funkcjonują służby ruchu

lotniczego, dzieli się na cywilne i wojskowe. Natomiast do głównych zadań służb ruchu lotniczego należy:

- zapobieganie zderzeniom statków powietrznych zarówno podczas wykonywania lotu jak i poruszania się po polu manewrowym lotniska (również zapobieganie zderzeniom z wszelkimi przeszkodami);
- usprawnianie i utrzymywanie uporządkowanego przepływu ruchu lotniczego oraz jego nadzór;
- koordynowanie bezkolizyjnego wykorzystania przestrzeni powietrznej przez różne rodzaje lotnictwa;
- udzielanie wskazówek oraz informacji użytecznych dla bezpiecznego i sprawnego wykonywania lotów;
- zbieranie informacji o zagrożeniu statków powietrznych i dostarczanie ich organom odpowiedzialnym za uruchomienie systemu ratownictwa lotniczego oraz współdziałanie z tymi organami w przypadku prowadzenia akcji ratowniczej.

Dokonując analizy podstawowych zadań, które realizują służby ruchu lotniczego dojść można do wniosku, że ich działalność oznacza szeroki wachlarz usług świadczonych załogom statków powietrznych. Tym bardziej, że zgodnie z przepisami ICAO (Aneks 11), państwa organizujące swą przestrzeń jako FIR i/lub UIR są zobowiązane do zapewnienia minimum służb informacji powietrznej i alarmowej.

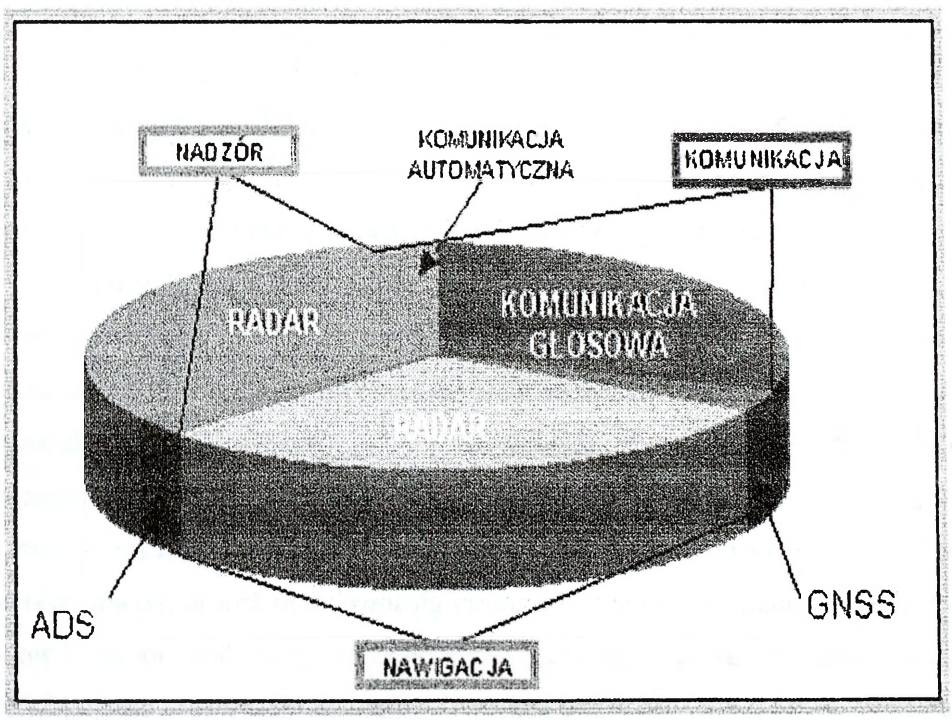
Służba kontroli ruchu lotniczego – ATC (Air Traffic Control) zajmuje naczelne miejsce w hierarchii służb ruchu lotniczego z racji swojego znaczenia. Jednocześnie jest jedną z ważniejszych służb wchodzących w skład zarządzania ruchem lotniczym. W praktyce oznacza to, że funkcjonująca służba ruchu lotniczego musi odpowiadać określonym standardom i zawierać również usługi oferowane przez pozostałe służby (np. służbę informacji powietrznej oraz służbę alarmową). Stąd też ATC charakteryzuje się największymi wymaganiami organizacyjno – personalno - technicznymi. Wiadomo, że głównymi elementami, biorącymi udział w procesie kontroli ruchu lotniczego, są: statki powietrzne, lotniska, systemy nawigacyjne, systemy radarowe, systemy komunikacyjne, informacje różnych służb lotniczych i meteorologicznych, przepisy i procedury. Złożoność tych elementów zmienia się w zależności od czasu, miejsca, kwalifikacji personelu, intensywności lotów, warunków atmosferycznych, korzyści ekonomicznych, a czasami i uwarunkowań politycznych. Stąd też odpowiednie służby, organizacje, powołane do sprawowania kontroli ruchu lotniczego powinny tak operować wymienionymi elementami, by zapewnić bezpieczeństwo, sprawne wykonanie przelotu, pomoc stat-

kom powietrznym w przypadku wystąpienia zagrożenia. Natomiast tam, gdzie natężenie ruchu jest małe, potrzebna jest minimalna kontrola, ponieważ wystarczające są standardowe procedury stosowane przez personel latający. W przestrzeniach o dużym zagęszczeniu lotów niezbędne jest płynne i elastyczne regulowanie przepływu ruchu lotniczego. Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej różnorodne uwarunkowania, w zależności od rodzaju przydzielonej do kontroli przestrzeni powietrznej, ATC dzieli się na służbę kontroli: obszaru, zbliżania, lotniska (w warunkach dużego natężenia ruchu można wydzielić jeszcze dodatkowo służbę kontroli ruchu naziemnego). Zasadne jest podanie, że na lotniskach wojskowych organizuje się również w ramach służby kontroli lotniska - służbę kontroli precyzyjnego podejścia.

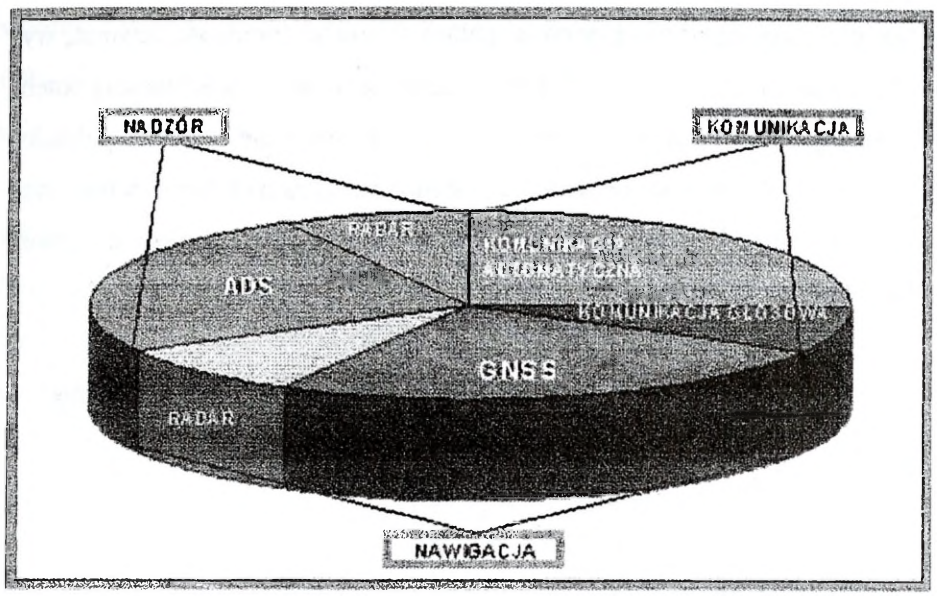
Przeprowadzone analizy, wykonane ekspertyzy i ukończone prace badawcze upoważniają do dokonania podsumowania przedstawionej powyżej charakterystyki europejskiego systemu zarządzania ruchem lotniczym. Na podstawie zgromadzonych materiałów można stwierdzić, że w chwili obecnej systemu ATM ewoluuje w kierunku dążenia do zaspokojenia rosnących potrzeb coraz większego natężenia ruchu lotniczego. Toteż główne zmiany w obrębie ATM koncentrują się wokół ścisłej koordynacji cywilno - wojskowych służb ruchu lotniczego, co w efekcie końcowym powinno doprowadzić do utworzenia jednolitego, europejskiego systemu zarządzania ruchem lotniczym oraz przyczynić się do wprowadzenia zasad elastycznego użytkowania przestrzeni powietrznej.

Dokonując różnorodnych organizacyjno – personalnych zmian założono również pilną potrzebę wymiany istniejącej infrastruktury technicznej, która przecież w stopniu zasadniczym warunkuje poprawność funkcjonowania systemu zarządzania ruchem lotniczym. Zanim zostaną przedstawione przykładowe rozwiązania europejskich, zautomatyzowanych systemów kontroli ruchu lotniczego i przestrzeni powietrznej, konieczne jest zaprezentowanie procentowego udziału poszczególnych elementów infrastruktury technicznej w aktualnych (rys. 8) i planowanych (rys. 9) systemach. Godnym uwagi jest wniosek, do którego dochodzi się podczas porównywania rys. 8 i rys. 9, że planowane wprowadzanie nowych technologii znacząco zmienia udział poszczególnych elementów składowych w ATM. Obecnie elementy składowe systemu, przedstawione na rys. 4 są w pełni ze sobą zintegrowane – nie stanowią jednego systemu. Oznacza to, że nawigacja jest głównie realizowana w oparciu o klasyczne systemy, komunikacja opiera się w znacznej mierze na łączności głosowej, a nadzór to głównie wykorzystanie radaru wtórnego. Jednak już zaznaczają swoją obecność takie elementy jak: komunikacja automatyczna, ADS, GNSS. W miarę realizacji kolejnych programów europejskich, stan obecny ulegnie zmianie, bowiem znacząco ulegają zwiększeniu udziały wymienionych wyżej składników. Toteż zwiększa się obszar stosowania automatycznej transmisji danych w

relacji statek powietrzny - ośrodek kontroli lotów, co pozwoli ograniczyć komunikację głosową. Również zwiększa się znaczenie Globalnego Satelitarnego Systemu Nawigacyjnego GNSS (Global Navigation Satellite System), który z pomocniczego systemu stanie się niewątpliwie podstawowym źródłem informacji dotyczących przestrzennego położenia statku powietrznego i czasu oraz znajdzie szersze zastosowanie w obsłudze ruchu lotniczego. Podobnie wygląda sprawa z systemami ADS, które zastąpią w znacznej części tradycyjny radar, głównie pierwotny. W dalszym ciągu wzrastać będzie znaczenie zautomatyzowanych systemów a postęp w dziedzinie automatyzacji pozwoli wyeliminować szereg żmudnych, kalkulacyjnych i czasochłonnych dotychczasowych działań człowieka, i tym samym przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa ruchu lotniczego oraz do znacznego zwiększenia możliwości operacyjnych systemów. Z przedstawionych rozważań wynika, że międzynarodowe badania zmierzają w kierunku opracowania jednolitego systemu, który zabezpieczałby zarówno nawigację jak i kontrolę statku powietrznego we wszystkich fazach lotu i rodzajach przestrzeni powietrznej a także w bardzo szerokim pojęciu rozumiane komunikowanie się wszystkich użytkowników tego systemu. Taka koncepcja już powstała i określana jest mianem „gate-to-gate". Jednak kluczem do osiągnięcia tak sprecyzowanych celów są systemy satelitarne (obecnie amerykański system GPS a przyszłościowo europejski Galileo oraz GNSS) i oczywiście cyfrowe łącza transmisji danych.



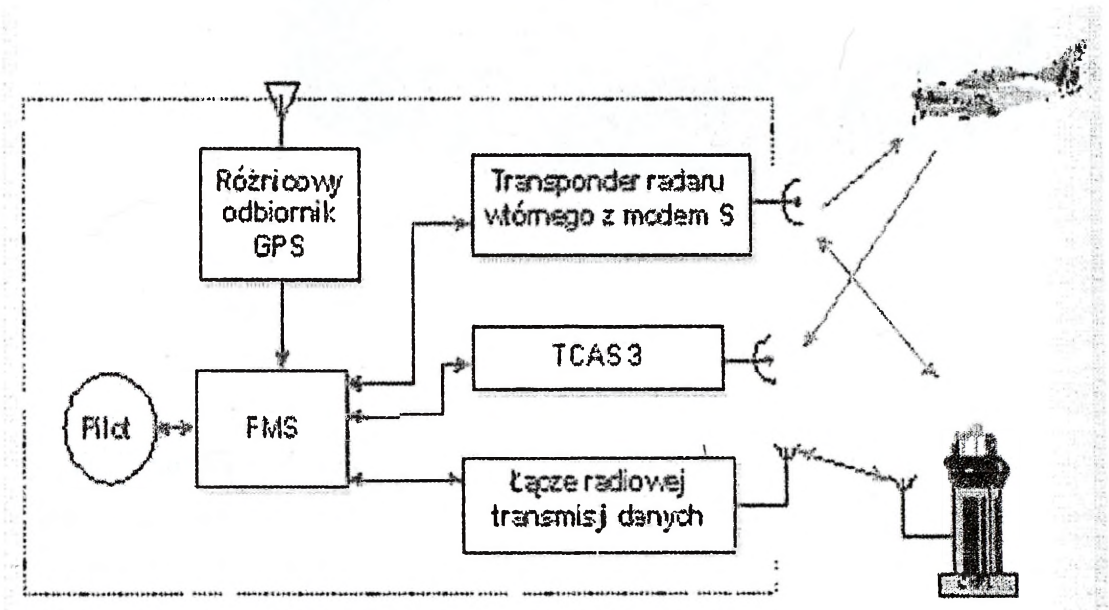
Rys. 8. Udział poszczególnych elementów w aktualnym systemie zarządzania ruchem lotniczym



Rys. 9. Prognozowany udział poszczególnych elementów w systemie zarządzania ruchem lotniczym w przyszłości.

Automatyczny System Nadzoru – ADS (Automatic Dependent Surveillance) oraz jego północnoeuropejska odmiana ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), stanowią podstawę funkcjonowania systemu „gate-to-gate". Stąd też wiele krajów europejskich (Niemcy, Szwecja, Włochy, Dania) oraz USA inwestuje w rozwój, badania, ocenę i standaryzację jednolitego systemu technicznego, który zabezpieczałby obsługę ruchu lotniczego we wszystkich fazach lotu, wszystkich rodzajach przestrzeni oraz uwzględniał potrzeby użytkowników. Takim systemem w chwili obecnej jest ADS (rys. 10), który pozwala na automatyczne (bez udziału załogi) przesyłanie różnorodnych informacji - danych, zawierających co najmniej położenie przestrzenne statku powietrznego, jego identyfikację oraz przesyłanie tych danych do ośrodków naziemnych i innych statków powietrznych wyposażonych w odpowiednie urządzenia peryferyjne tego systemu. Komunikacja w tym systemie może odbywać się zarówno w relacji stacja naziemna – statek powietrzny jak i pomiędzy samymi stacjami naziemnymi (ADS-B). Tym samym stworzone są szerokie możliwości dostarczania i prezentowania wszelkich niezbędnych informacji każdemu użytkownikowi w określonej chwili. Natomiast zastosowanie łączy satelitarnych w systemie ADS powoduje globalizację jego zasięgu, a tym samym umożliwia kontrolę nad obszarami oceanicznymi czy pustynnymi - miejscami, gdzie lokalizacja naziemnych czy nawodnych systemów radiolokacyjnych jest niemożliwa lub wręcz nieopłacalna. W zależności od klasy statku powietrznego, związanego z nią wyposażenia pokładowego oraz zdolności systemu, transmitowane dane dotyczące wybrane-

go obiektu mogą zawierać: trójwymiarową pozycję, parametry ruchu (prędkość, azymut, wysokość), identyfikację, zapowiedź przyszłego manewru, ostrzeżenie przed możliwością potencjalnego konfliktu i szereg innych. Stąd też architektura ADS-B obejmuje składniki pokładowe i naziemne a najważniejsze z nich to: pokładowe systemy zarządzania lotem lub inne systemy zdolne zabezpieczyć potrzebne dane, linie transmisji danych, stacje naziemne odbiorczo-nadawcze, retlanslacyjne.



Rys. 10. Architektura systemu ADS wg FANS.

System zarządzania lotem FMS (Flight Management System) tworzą zintegrowane, pokładowe systemy: nawigacyjne, sterowania, napędowe i łączności. Znajdują się one na pokładach współczesnych statków powietrznych, głównie komunikacyjnych i nowoczesnych bojowych. FMS umożliwia zautomatyzowanie wielu czynności związanych z obsługą i kontrolą systemów statku powietrznego. Jedną z ważnych funkcji FMS jest pośrednictwo w wymianie danych z innymi systemami, w tym przygotowanie danych dla systemu ADS. Obecnie opracowywane systemy zarządzania lotem dla statków powietrznych komunikacyjnych nowej generacji muszą spełniać wymagania FANS. Zasadne jest podanie, że przy ścisłej integracji pokładowych FMS z naziemnymi systemami zarządzania ruchem lotniczym (np.: ABS-B) będzie możliwość operowania tzw. czterowymiarowym profilem lotu, w którym każdy punkt trasy jest determinowany czterema parametrami: pozycją statku powietrznego (współrzędne), jego wysokością i czasem. W celu uzyskania żądanej precyzji określone dane zbierane są z wszystkich dostępnych systemów pokładowych statku powietrznego a następnie porównywane. Biorąc pod uwagę aktualny stan rozwoju techniczno – technologicznego, zakłada się, że

wysoką dokładność i wiarygodność mogą zapewnić satelitarne systemy lokalizacyjne typu GPS, więc uważa się je za podstawowe źródło informacji o pozycji i czasie również w systemie ADS

W przygotowywanych i realizowanych europejskich programach dużo uwagi i miejsca poświęca się zagadnieniom linii transmisji danych, gdyż wymiana informacji za pomocą głosu ludzkiego nie jest w stanie sprostać aktualnym wymaganiom. Cechuje się ona zbyt wieloma wadami, takimi jak: częste przekłamania, szczególnie przy komunikowaniu się personelu różnych narodowości, a przede wszystkim zbyt małą wydajnością (ilość informacji przekazywana w jednostce czasu) powodującą ograniczenia jej roli w łączności pomiędzy użytkownikami. Stąd też powstało zapotrzebowanie na poszukiwanie innych sposobów komunikacji, które zapewniałyby jednoczesne dostarczanie różnorodnych danych do potencjalnych użytkowników w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego. W związku z tym rozpoczęto i prowadzi się do tej pory badania nad cyfrową technologią przetwarzania danych, i możliwościami ich przesyłania różnymi łączami. Obecnie bierze się pod uwagę trzy zasadnicze, niezależne metody przesyłania danych poprzez zastosowanie: transponderów radarów wtórnych włącznie z modem S, dwustronnych łącz VHF - VHF data link, łącz KF lub satelitarnych. Podkreślić należy, że w zależności od zaawansowania prac badawczych oraz osiąganych wyników, preferowane są różne metody. Dla przykładu w USA zalecane jest używanie transponderów radaru wtórnego z modem S, podczas gdy w Europie nacisk kładzie się na VHF ze szwedzką technikę wielodostępu z podziałem czasu określaną jako STDMA (Self-Organised Time Division Multiple Access). Nie oznacza to wszakże, że w Europie nie dostrzega się potrzeby wprowadzenia też Modu S. Obecnie pod przewodnictwem EUROCONTROL prowadzone są prace nad implementacją Modu S i już nawet są określone cezury czasowe, podpisane stosowne umowy międzynarodowe.

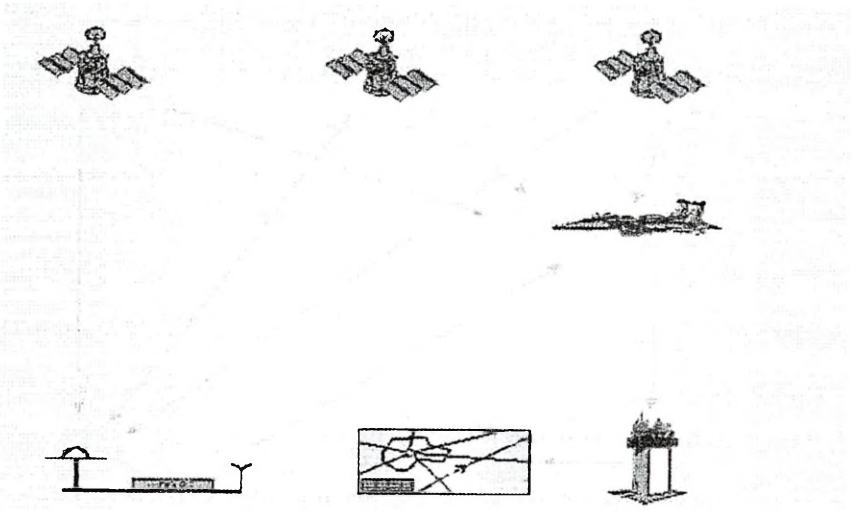
Idea modu S wywodzi się z potrzeby transmitowania coraz większej ilości informacji w odpowiedzi na zapytanie radaru wtórnego oraz konieczności zwiększenia ograniczonej do 4096 ilości możliwych kodów, które są przydzielane każdemu kontrolowanemu statkowi powietrznemu. Z chwilą zwiększania się natężenia ruchu lotniczego, ograniczona liczba kodów stanowi poważną barierę dla systemów kontroli ruchu lotniczego, opartych na klasycznym SSR. W związku z tym założony został nowego trybu pracy SSR, czyli selektywne aktywowanie transponderów i stąd przy Modzie pojawiła się litera „S" (Selective). Termin ten został międzynarodowo przyjęty również dla określenia równoważnych systemów, opracowywanych 15 lat temu pod nazwami: ADSEL (Address Selective) w Europie i DABS (Discreet Address Beacon System) w USA. Nowy typ odpowiedzi transpondera z modem S umożliwia

użycie aż 16777216 kodów, co stanowi w chwili obecnej więcej możliwości niż liczy sobie światowa flota statków powietrznych. Mod S używa do identyfikacji 24 impulsów, zatem maksymalna liczba kodów wynosi: 2^{24} = 16777216. Taka ilość wolnych kodów pozwala przydzielić inny kod każdemu statkowi powietrznemu i to w dodatku na cały okres czasu jego eksploatacji technicznej. Kod może być przydzielany na etapie rejestracji statku, pełniąc jednocześnie rolę identyfikatora, podobnie jak numer rejestracyjny. Ponadto jest on bardzo wydajnym łączem transmisji danych, opartym na radarze wtórnym, umożliwiającym dwustronną wymianę danych. Oznacza to, że nie tylko kontroler miałby możliwość inicjacji transmisji danych z samolotu, ale również załoga otrzymywałaby automatycznie różnorodne dane od kontrolera. W zależności od potrzeb, za pomocą modu S można: prowadzić typową korespondencję pomiędzy użytkownikami i w sytuacjach szczególnych, kontrolować przydzielone poziomy lotów oraz inne parametry lotu, podawać zezwolenia na lot, określoną operację oraz różnego typu ostrzeżenia, prezentować informacje pogodowe i związane z zarządzaniem przepływem ruchu lotniczego.

ACAS to kolejne urządzenie przyczyniające się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa lotów oraz ułatwiające wykonywanie operacji przez statki powietrzne a tym samym pośrednio wpływające na zmniejszenie obciążenia kontrolera w warunkach ciągle wzrastającego natężenia ruchu lotniczego. Pokładowy system zapobiegania kolizji, standaryzowany przez ICAO jako ACAS (Airborne Collision Avoidance System) jest rozwijany w ramach systemu FANS. Bardzo często bywa on określany wywodzącym się z USA akronimem TCAS (Traffic Collision Avoidance System). Zasadniczo system ten jest przeznaczony do ostrzegania pilotów o wykryciu w pobliżu własnego statku powietrznego obecności innego, wyposażonego w transponder oraz wspomagające wyposażenie, które informuje zarówno o możliwości wystąpienia, jak i sposobów uniknięcia potencjalnej kolizji. Rozróżnia się trzy typy systemów: TCAS I, TCAS II i TCAS III. W dniu 11 listopada 1993 TCAS II został uznany przez ICAO jako międzynarodowy standard pod nazwą ACAS II. Natomiast ACAS III jest nadal w fazie prób, i w zasadzie jest ulepszonym ACAS II. Przewiduje się, że ACAS III będzie wykorzystywał poziom trzeci (lub wyższy) Modu S dla sygnalizowania własnej pozycji samolotu, określanej według GPS oraz będzie dysponował większymi możliwościami współpracy z systemem kontroli ruchu lotniczego.

W Szwecji opracowano urządzenie VDL Mode 4 (VHF Digital Link Mode 4), na którym oparty jest system ADS-B. Idea funkcjonowania VDL Mode 4 wpisuje się w koncepcję ADS (rys. 11). Polega ona głównie na transmisji danych dotyczących położenia statku powietrznego a uzyskanych z odbiornika GPS, po odebraniu i zobrazowaniu ich na ekranie kontrolera

ruchu lotniczego. Dane te mogą być odbierane przez wszystkich użytkowników będących wewnątrz zasięgu, wyposażonych w transponder GNSS oraz monitor do prezentacji danych. Oznacza to, że dane te mogą odbierać zarówno stacje naziemne, jak i statki powietrzne. W celu umożliwienia korzystania z tej możliwości, w kabinach statków powietrznych instaluje się specjalne wskaźniki zobrazowania sytuacji powietrznej CDTI (Coockpit Display Traffic Information). Dla umożliwienia zrealizowania jednoczesnego odbioru danych przez poszczególnych użytkowników wykorzystuje się uprzednio wymienioną technikę STDMA. Należy zaznaczyć, że w marcu 2001 roku technika STDMA została wystandaryzowana przez ICAO.



Rys. 11. Idea funkcjonowania VDL Mode 4

Biorąc powyższe względy pod uwagę, dogłębną analizę literatury przedmiotu, osiągnięte rezultaty europejskich prac badawczych, uzasadnione jest stwierdzenie, że implementacja nowych technologii w systemie zarządzania ruchem lotniczym odbywa się w kilku projektach i kierunkach a decyduje o tym założony cel. Przedmiotem badań są pojedyncze urządzenia, zestawy urządzeń pracujące w ramach określonego systemu, a często nawet sieci, jak w przypadku programu NEAN czy NEAP. W projektach tych partycypuje wiele międzynarodowych organizacji lotniczych, linii lotniczych, agend rządowych wielu krajów, instytutów naukowych, a także wielu producentów osprzętu lotniczego. Fakt ten świadczy o wielkim znaczeniu, jakie przywiązuje się do działań mających na celu unowocześnienie systemów technicznych ATM. Charakteryzując podstawowe projekty w obrębie systemu ADS-B należy przede wszystkim uwzględnić projekt NEAN (North European ADS Broadcast Network). W ramach realizacji tego projektu prowadzono w latach 1996-98 badania głównie na terenie Szwecji, Danii i Niemiec a ich celem była ocena technologii VDL Mode 4 w sieci systemu CNS/ATM. O skali przeprowadzonych eksperymentów najlepiej świadczy fakt, że w badaniach brało

udział 17 naziemnych stacji bazowych oraz 25 statków powietrznych, wyposażonych w transpondery GNSS. Podkreślić należy również fakt, że Szwecja przoduje wśród państw europejskich w rozwijaniu i ocenie omawianej technologii. W ramach kilku projektów wykonano około 60000 godzin nalotu, testując prototypy VDL Mode 4 zamontowane na takich samolotach jak: Lufthansa 747, F-18 lotnictwa Marynarki Wojennej USA, SAS Fokker 28, DC-9 i innych. Dość znanym przedsięwzięciem badawczym w ramach którego ocenia się VDL Mode 4, jest przedsięwzięcie określane jako GP&C (Global Positioning and Communications). Uzyskane wyniki potwierdziły przydatność systemu ADS-B w różnych fazach lotu, szczególnie dla służb ruchu lotniczego. Okazało się, że samolot można kontrolować w operacjach związanych z ruchem nadlotniskowym (start, odlot na trasę, zbliżanie oraz nieprecyzyjne podejście do lądowania), w drogach lotniczych, a także w pozostałych rodzajach przestrzeni powietrznej, jeśli tylko samolot znajduje się w zasięgu działania systemu. Bardzo ważnym testem, zakończonym pozytywnym wynikiem, była jedna z funkcji systemu, której zadaniem jest ostrzeganie kontrolerów wieżowych przed przypadkowym wkołowaniem samolotu na drogę startową, która aktualnie jest zajęta. Podobnym projektem w stosunku do NEAN jest projekt NEAP (North European CNS/ATM Applications Project). Natomiast Ich kontynuację stanowił dopiero co ukończony projekt NUP (North Update Project). Cały program podzielony był na dwie fazy. W pierwszej zamierzano i dokonano dalszej oceny wyposażenia opartego na technologii VDL Mode 4, serwisu DGNSS oraz analizy planowanych korzyści po wprowadzeniu systemu w życie. Ta faza zakończyła się sprawozdaniem, stwierdzającym gotowość systemu do użycia. Natomiast podczas drugiej fazy nastąpiła implementacja północnoeuropejskiej sieci ADS-B. Badania głównie : przygotowania do wprowadzenia systemu ADS-B jako podstawy działania ATM, zaangażowania przemysłu lotniczego w organizowane przedsięwzięcia, zbadania warunków możliwości objęcia siecią ADS-B innych obszarów w Europie, koordynacji badań z innymi, podobnymi programami, rozwoju architektury sytemu, mającego na celu zwiększenie możliwości nadzoru sprawowanego przez ATC, wzrostu ilości obsługiwanych statków powietrznych w sieci, wprowadzenia serwisu DGNSS zgodnie z koncepcją „gate-to-gate". Znamienny jest fakt i z przykrością trzeba stwierdzić, że Polska nie partycypuje w tego rodzaju projektach, mimo swojego sąsiedztwa z Niemcami czy Szwecją, czołowymi przedstawicielami omawianych projektów. Zasięg ADS-B sięga naszych zachodnich granic. Przyglądanie się z boku, jak kraje sąsiednie modernizują swój ATM z pewnością nie zbliża nas do Unii Europejskiej. Postawa taka sprzyja chociażby zwiększeniu kosztów wprowadzania nowych technologii do systemu ATM, a przecież zmian tych wcześniej, czy później nie unikniemy. Również podniesienie standardu obsługi to zwiększenie wartości

opłat, a tym samym większe zyski z oferowanych usług w lotnictwie komercyjnym. Należy pamiętać, że jeśli nie podejmiemy badań, a w ich konsekwencji zmian modernizacyjnych infrastruktury technicznej polskiego systemu ATM, to najprawdopodobniej będziemy zmuszeni do kupienia gotowych rozwiązań decyzją ICAO, czy NATO.

SYSTEM AUTOMATYCZNEJ OBSŁUGI I ZARZĄDZANIA SATCAS – 2000 przeznaczony jest dla służb ATC (rys. 12). Do jego opracowania SATCAS – 2000 wykorzystane zostały doświadczenia uzyskane z wielu funkcjonujących systemów ATC, które zostały wcześniej wyprodukowane przez Alenia Marconi Systems. Podkreślić należy, że SATCAS – 2000 oprócz wartości użytkowych ma jednocześnie wskazywać drogę do całościowego rozwijania nowego podejścia tzw. inteligentnej dystrybucji systemu, wszędzie tam gdzie komputerowa moc jest zdecentralizowana i usytuowana na strategicznych stanowiskach – pozycjach i przeznaczona do dostarczania optymalnych danych dotyczących użycia środków i unikania sytuacji kolizyjnych, rozwiązywania problemów związanych z zatłoczeniem lotniczych komunikacyjnych szlaków. Ważne jest, że SATCAS 2000 zajmuje pozycję jako pełno zakresowego systemu o modułowych komponentach dopasowujących się do wymagań każdego ATC i ponadto jest przystosowany do różnorodnych specyficznych potrzeb. Stąd też do podstawowych składników architektury SATCAS 2000 zalicza się: pierwotne i wtórne radarowe sensory, wieloformatowy lokalny główny procesor radarowy - RHP (Radar Head Processor), zaawansowane przetwarzanie danych nadzorowania, wieloradarowy tracker jako część radarowego procesora danych - RDP (Radar Data Processor), zintegrowany lub pracujący samotnie processor danych lotniczych - FDP (Flight Data Processor) i zakres cyfrowych wskaźników z wbudowanymi procesorami wyświetlaczy - DP (Display Processors). Jest sprawą oczywistą, że wymienione powyżej elementy są zintegrowane przez sieć LAN (Local Area Networks) i w pełni spełniają standardy komunikacyjne zawarte w 150 ISO/OSI i TCP/IP. Natomiast powszechnie stosowany jest ASTERIX dla radarowej wymiany danych oraz OLDI dla bezpiecznej wymiany danych lotniczych (kompatybilnej wymiany danych z państwowymi i międzynarodowymi FIR-ami). Takie podejście do konfiguracji całego systemu umożliwione jest przez wyznaczenie umiejętności postępowania w polu radarowych sensorów, wyświetlaczy, komputerów, systemów planów lotów oraz zastosowanych różnorodnych oprogramowań i również sprawdzonych doświadczalnie sytuacji lotniczych w systemach ATS, szczególnie z operacyjnego punktu widzenia. W systemie SATCAS 2000 każdy pojedynczy moduł, czy sprzęt w określonej konfiguracji lub oprogramowanie, spełniają ściśle określone cele i zadania, które też są całkowicie zdefininiowane. Bierze się pod uwagę przemysłową seryjną produkcję z uwzględnieniem ekonomicznej skali i krótkiego rzeczywistego czasu dostarczenia.

Modułowość systemu z całkowitym zdefiniowaniem i użyciem standardowych interfejsów również zapewnia extremalnie wysoki poziom elastyczności z możliwością wykorzystania pełnego potencjału w przyszłościowej ekspansji systemu. Zakładana jest procedura, według której pojedyncze elementy systemu będą mogły być uaktualniane i modernizowane w miarę swojego czasu zużycia i starzenia się systemu. Taki stan rzeczy umożliwia właśnie modułowa budowa systemu. Do zasadniczych cech charakterystycznych systemu SATCAS 2000 zalicza się:

- otwarta architektura systemu;
- szeroki zakres konfiguracji;
- wysokomodułowa, skalowalność i rozszerzalność;
- niezawodność, bezpieczeństwo (niezawodność, czułość, zdolność)
- bardzo wysoka rzetelność systemu;
- niskie nakłady finansowe podczas eksploatacji.

Natomiast do głównych komponentów systemu SATCAS 2000 zalicza się:

a) radarowy segment złożony z:
   - pierwotnych radarów nadzorujących;
   - kanałów pogodowych;
   - wtórnych radarów nadzorujących;
   - głównego procesora radarowego;
   - radarowych wskaźników;
   - systemu lokalnego kontrolowania i monitorowania;
   - zintegrowanych radarów pogodowych;

b) transmisyjny segment złożony z:
   - zmniejszonej liczby danych połączeń (link);
   - szeroko pasmowych danych połączeń (link);
   - światłowodowego optycznego wyposażenia;
   - satelitarnych połączeń (link);
   - telefonicznych linii;
   - kierunkowych kabli;

c) segment operacyjnego centrum, które składa się z:
   - zawansowanych, nadzorowania danych procesorów – ASP/RDP (Advanced Surreillance Data Processor);
   - procesorów lotniczych danych (FDP);

- AFTN od uzyskiwania wiadomości i rozsyłanie komunikatów w sieci – SAFE;
- radarowych i systemowych symulatorów lotu;
- Areonautical Information Servis i wyświetlaczy SAIS;
- wielokanałowego trackera;
- rastrowego skanera wysokiej rozdzielczości stacji roboczej;
- wieżowego wskaźnika;
- integratora wieżowego;
- sieci LAN;
- systemu zcentralizowanej kontroli i monitorowania;
- komunikacyjne wyjścia do szeroko obszarowych sieci – WAN (Wide Area Networks);
- przetwarzania danych pogodowych i ich dystrybucji.

Architektura i funkcje spełniane przez system SATCAS 2000 powinny stawić czoła problemom związanym z procesem automatyzacji ATC, biorąc pod uwagę globalny punkt widzenia. Możliwe stało się to do osiągnięcia poprzez szerokie zastosowanie nowoczesnych technik i technologii: inteligentnej dystrybucji (spełnia żądania związane z uaktualnieniami funkcjonalności systemu), sieci LAN (pozwala w bardzo łatwy sposób rozszerzać, rozwijać infrastrukturę systemową w warunkach przetwarzania ośrodków i stacji roboczych, powoduje tzw. otwartość całej architektury SATCAS 2000), inteligentna dystrybucja (otwarta systemowa architektura – uwzględniająca wysoką elastyczność konfiguracji, zapewniająca autonomiczność oprogramowania ze sprzętem. W typowym systemie SATCAS 2000 możliwe jest połączenie 16 bezzałogowych radarowych stanowisk do operacyjnych miejsc poprzez system transmisji danych. W SATCAS 2000 używane są przystosowane radary pierwotnego nadzorowania Alenia Marconi Systems ATCR – 33 i ATCR – 44 oraz radary wtórnego nadzorowania SIR – M i SIR – S. . Wszystkie wymienione radary mają wbudowane ekstraktory. Zasadne jest podanie, że każdy inny radar może być zintegrowany z tym systemem. Operacyjna miejscowa konfiguracja zawiera określoną liczbę procesorów (RDP, FDP, SIM, i inne) i stacji roboczych połączonych pomiędzy sobą siecią LAN, która używa standardowych protokołów (TCP – IP). Procesor danych radarowych otrzymuje określone parametry z odległych miejsc, wykonuje wieloradarowe trasowanie MRT (Multiradar Tracking) z dynamicznym uśrednianiem i zobrazowaniem wszystkich dostępnych informacji. Procesor lotniczych danych zarządza gromadzeniem planów lotów, dostarcza automatycznych zapisów (drukuje każdy na papierze lub elektronicznie na stacji roboczej), AFTN interfejs dekoduje trasę i wszystkie inne funkcje żądane do implementacji pełnej automatyzacji uaktualnianej trajektorii lotu, planuje i

kontroluje przepływ ruchu lotniczego. Radarowe plany lotu zawierają dane (włącznie z dodatkowymi danymi takimi jak meteorologiczne, AIS i inne) i są symultanicznie gromadzone przez kontrolera stacji roboczej w oparciu o zastosowanie techniki okien. Dostępne są także inne funkcje, do których należy symulacja, systemowy monitoring i kontrola, nagrywanie i odtwarzanie, STA, wiadomości AFTN i rozsyłanie komunikatów i szereg innych. Są również dostępne i inne funkcje dając systemowi możliwość do zawierania wszystkich państwowych wymagań zautomatyzowanego systemu ATC. Toteż w systemie SATCAS 2000 można wyróżnić w zakresie:

a) zasadniczego radarowego przetwarzania danych: ekstrakcja danych radarowych, PSR i SSR lub ich kombinację monoradarowe trasowanie z automatyczną inicjacją, trasowanie Mod – C, filtrowanie radarowych danych, antyrozpraszanie i antyodbijanie, konwersja współrzędnych – koordynat, zarządzanie połączeniem danych dla Modu S, format ASTERIX ze znakowaniem czasu, serwer;
b) przetwarzania danych nadzorowania: wieloradarowe trasowanie (MRT) dla 16 radarów, zaawansowane omijanie MRT, STCA (Short Term Conflict Alert) – krótki czas alarmowania konfliktowego, MSAW (Minimum Safe Altitude Warning) – ostrzeganie o minimalnej bezpiecznej wysokości, ostrzeganie przed naruszeniem niebezpiecznej strefy, trasowanie planu lotu, interfejs ADS, zarządzanie połączeniem danych dla Mod – S, połączenie danych radarowych/plan lotu/ADS/Mod – S, kalibracja błędów kompensacją w sieci komputerowej, wyjście danych MRT z filtrowaniem;
c) przetwarzanie danych lotniczego środowiska: automatyczne przetwarzanie FPL i RPL, interfejs AFTN i CIDIN, ekstrakcja trasowych planów lotów, kalkulacja lotniczej trajektorii, automatyzacja planów lotów/trasowej korelacji, papierowe lub elektroniczne utrwalanie i dystrybucja list, średni i długi termin konfliktowej detekcji, zróżnicowana detekcja, stosowanie monitorowania, zarządzanie przestrzenią powietrzną, MET – przetwarzanie danych meteorologicznych, funkcje zarządzania przepływem, SSR kodowe zarządzanie;
d) stacja robocza kontrolera: integracja radaru/planowania stacji roboczej, wielookienna technika, prezentacja radarowych danych (ploter, trasowanie), prezentacja list lotniczych danych, elektroniczna rejestracja, tabularyczna lub graficzna prezentacja danych meteorologicznych, CPDLC, ADS układ zarządzania, dodatkowa prezentacja potrzebnych informacji, płynna zmiana rozmiarów okien do selekcji radarowych zobrazowań, DARD (Direct Access Radar Data), statyczne i dynamiczne mapy, ostrzegające i alarmujące zobrazowanie, operacyjna rekonfiguracja sektorów, dynamiczna relokacja w czasie rzeczywistym, symulacyjne i odtwarzające funkcje;

e) nagrywanie i odtwarzanie: nagrywanie non - stop z niezbędnych mediów (radarowe dane, dane planów lotów, kontrolerskie zapisy, supervisor i SMC zapisy, diagnostyczne wiadomości, konfiguracyjne dane), symultaniczne nagrywanie i odtwarzanie, odtwarzanie z wybranej - wylesekcjonowanej stacji roboczej, lotnicze dane statystyczne, radar, trasowanie i szacowane zestawy narzędzi (PSR, SSR, ADS & Mode-S);

f) kontrola i monitorowanie systemu: prezentacja statusu systemu, obsługiwanie systemu alarmowania, ręczne i automatyczne rozsyłanie komunikatów redundancyjnych jednostek, modyfikacja parametrów systemu, operacyjna rekonfiguracja stacji roboczej, odległa kontrola pierwotnego i wtórnego radaru, scentralizowanie diagnostycznego zarządzania, wpisywanie i statystyka systemowego funkcjonowania;

g) trening symulacyjny: egzekwowanie i planowanie kontrolerskich treningów, wieloradarowe funkcje, FDP funkcje, ćwiczeniowe i środowiskowe scenariusze, złożona symulacja, PAR i DF symulacja, przyjazne zarządzanie bazą danych, nagrywanie i odtwarzanie pracy urządzeń, rekonfiguracja podczas wykonywania operacji;

h) system dla miejscowej wymiany areonautycznej SAFE (System For Aeronautical Fixed Exchange): adresowe rejestrowanie skróconych adresów, krótki i długi termin przechowywania, odzyskiwanie wiadomości dla krótkich i długich terminów przechowywania, skonfigurowanie w sieci komputerowej, kanały monitorowania w sieci komputerowej, automatyczne zarządzanie usługowymi wiadomościami, rozległa statystyka;

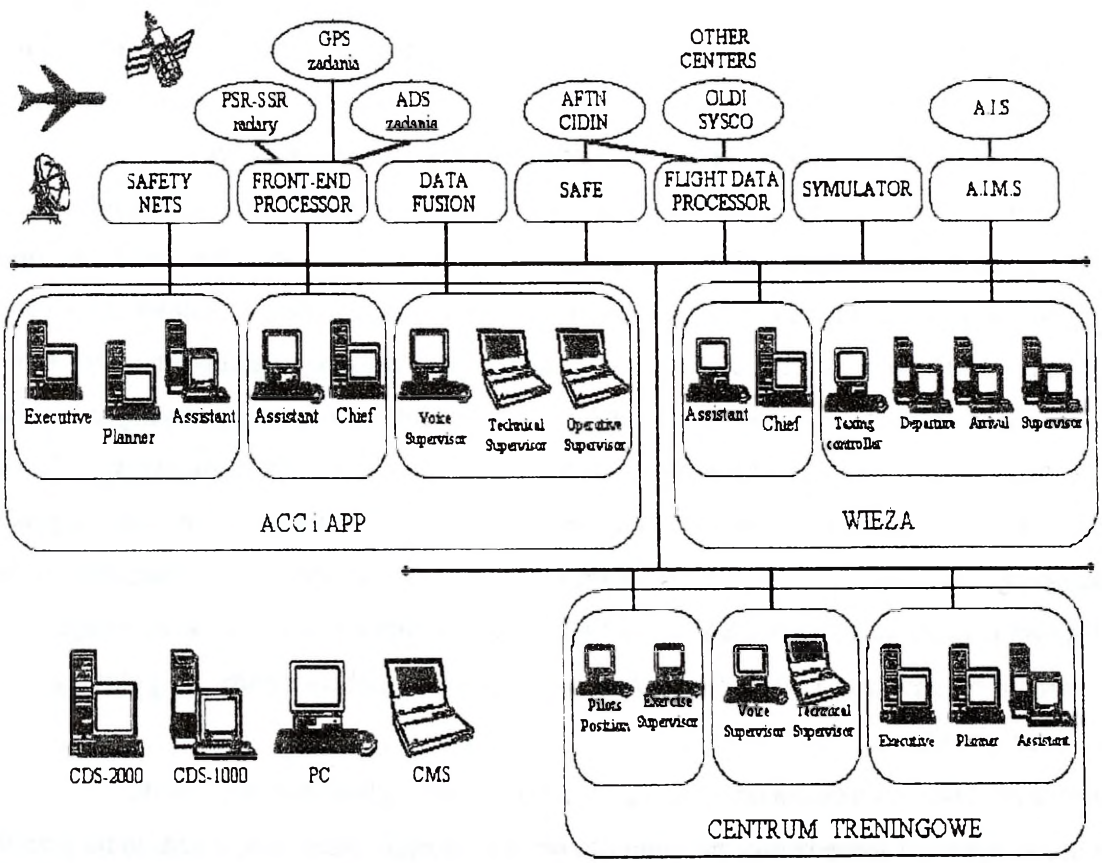
i) system dla służby informacji aeronautycznej SAIS (System for Aeronautical Information Services): baza danych NOTAM, towarzyszące produkty i wydawnictwa NOTAM, opracowania przedlotowych informacyjnych biuletynów, lista zmian i zestawienie wydawnictw NOTAM, baza danych meteorologicznych, baza danych dodatkowych informacji.

Alenia Marconi Systems SATCAS 2000 posiada modułową budowę, pozwalającą się bardzo łatwo konfigurować – dostosowywać do specyficznych potrzeb użytkownika z bardzo wysokim stopniem elastyczności. Systemowa konfiguracja skierowana jest przede wszystkim na operacyjne scenariusze (kompleksowość przestrzeni powietrznej) i duże natężenie ruchu. Typowa konfiguracja systemu SATCAS 2000 zależy od potrzeb i przeważnie obejmuje:

- mały autonomiczny TWR/APP/TMA z ograniczonym ruchem oparty na pokryciu pojedynczego radaru;
- rozległe TMA-y i trasowa przestrzeń powietrzna z wieloradarowym pokryciem;
- automatyczny i narzędziowy program dla obróbki danych planu lotu, zarządzania przepływem, MET/AIS danymi, konfliktowej detekcji, współpracy z innymi urządzeniami ATC;

- symulacyjno/treningowe środowisko zawierające w sobie funkcje nagrywania i odtwarzania;
- integracja nowych CNS/ATM funkcji kierowania do większego kompleksu komunikacyjnych interfejsów i zaawansowanych automatycznych protokołów (np. ADS protokół)

Systemowa ekspansja SATCAS 2000 jest adekwatna do filozofii systemu i sieciowej jego struktury. Ponadto system ten jest ekspansywny w każdym czasie z pierwszego poziomu do następnych i co jest bardzo ważne przy użyciu tych samych standardów budowanych bloków. Koszt ekspansji jest limitowany dodatkowym wyposażeniem, nie wpływa jednak znacząco w stosunku do zasadniczej inwestycji. Natomiast możliwość dokonywania ciągłych zmian w definiowaniu systemowego interfejsu i ciągłej ewolucji poszczególnych urządzeń zapewnia bardzo długi żywot systemu. Pojedyncze jednostki mogą być zastępowane innymi (nowszymi) bez wpływu na pracę całego systemu. To gwarantuje bardzo niski koszt eksploatacji np. podczas wykonywania ćwiczeń ze statkami powietrznymi. Zastosowane rozwiązania techniczne, urządzenia, interfejsy i oprogramowanie przyczyniają się niewątpliwie do kreowania najlepszych z możliwych warunków pracy dla ATC w systemie SATCAS 2000.



Rys. 12. System Automatycznej Obsługi i Zarządzania SATCAS – 2000

Wymagane warunki codziennej pracy, które są oryginalne, wspólnie z ergonomicznymi warunkami, ściśle poszukują wiarygodnych ekstrakcji danych radarowych, w związku z tym wskazują kierunek do realizacji dalszej części koncepcji trasowania z inteligentną dystrybucją danych jako logiczną konsekwencją tego procesu. Podkreślić należy, że poszukiwana wiarygodność i ergonomika w relacji interfejsów człowiek – maszyna, wspiera dodatkowe wymagania dla inteligentnych radarowych wyświetlaczy i w związku z tym przyczynia się do rozwijania bardzo zaawansowanych operacyjnych procedur systemu SATCAS 2000, które minimalizują manualnie wykonywanie zadań przez kontrolera ATC. Również pod tym samym kątem była opracowywana i rozwijana konsola ATC, którą testowano na wszystkich stacjach roboczych ATC. W ten sposób rozwinięte urządzenie potraktowano jako całodzienne środowisko pracy kontrolera i prowadzono prace studyjne, aby uzyskać możliwie jak najlepsze warunki do pracy. Mimo tego, że konsola jest standardowa, to również posiada modułową budowę, która umożliwia implementację do każdej konfiguracji lotniczego środowiska dla potrzeb kontroli ruchu.

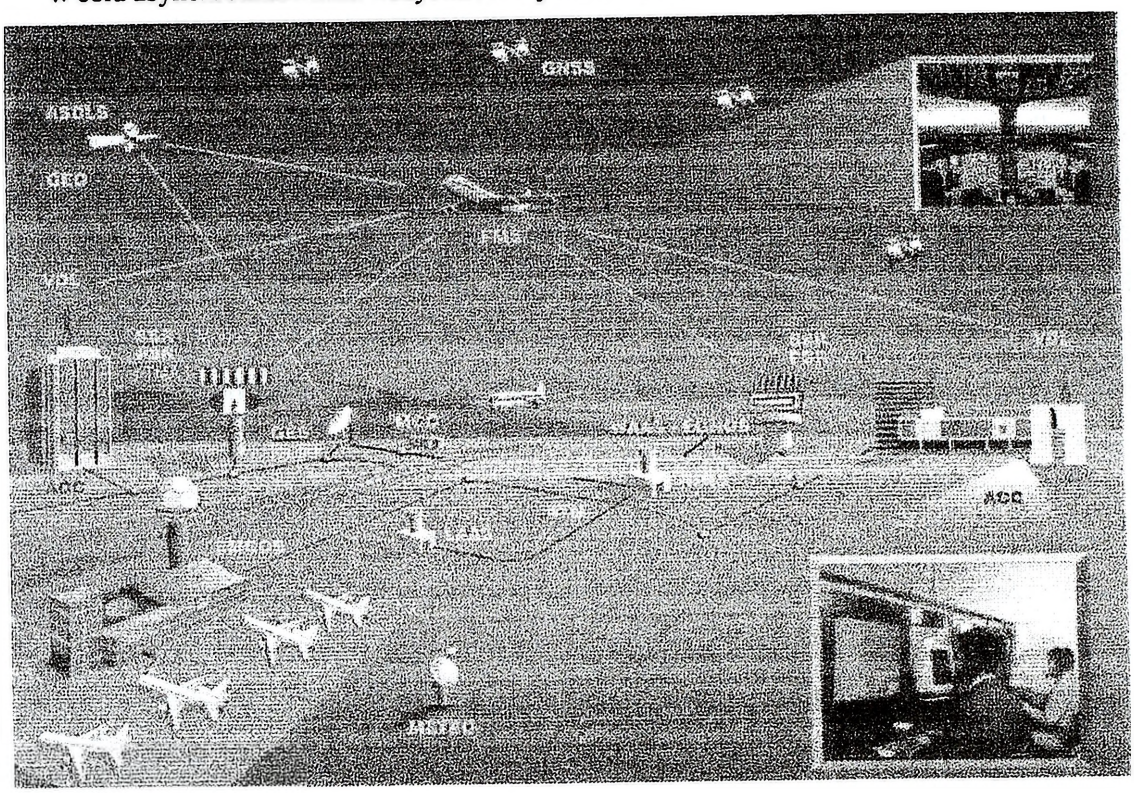
Zintegrowany system ATC/ADS (rys. 13) to kolejne rozwiązanie techniczno – technologiczne firmy Alenia Marconi Systems. Z początkowo zastosowanego połączenia danych zalecanego przez ICAO przystąpiono do pełnego rozwinięcia ATM, stosując następujące elementy składowe:

- ADS – C;
- ADS – B;
- CPDLC.

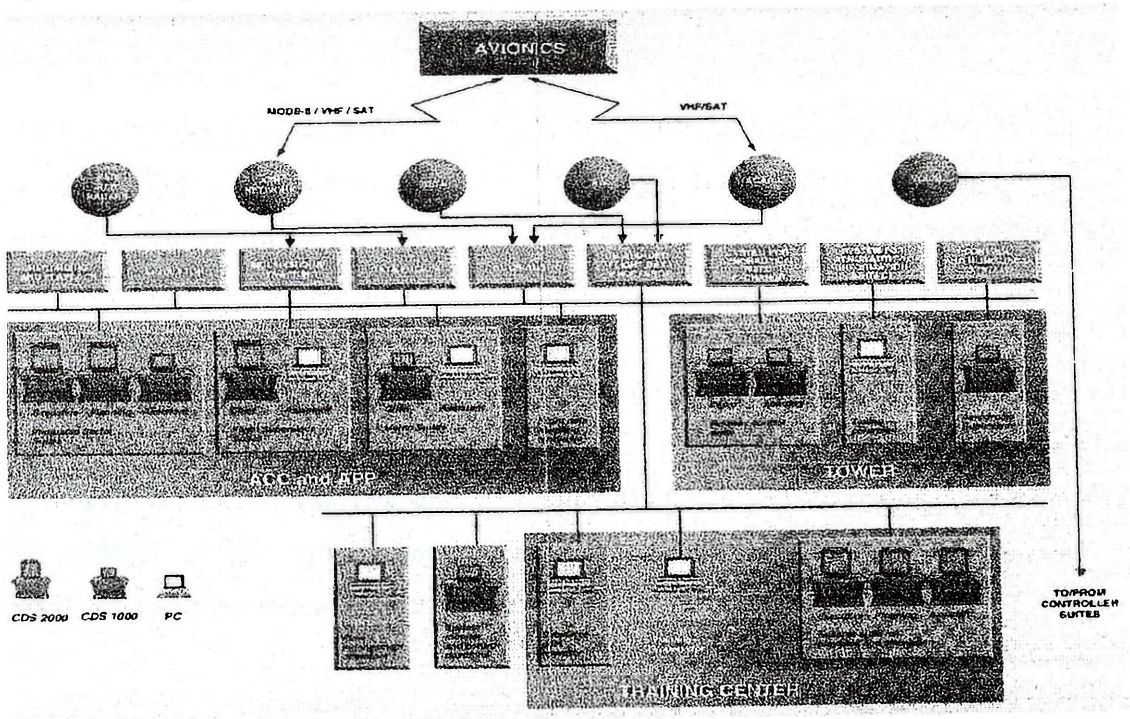
ADS to technika stosowana podczas nadzorowania (w radiolokacji) dzięki której statek powietrzny automatycznie dostarcza przez łącze umożliwiające przesyłanie danych, pochodzących bezpośrednio z pokładowych nawigacyjno – sterujących systemów. Dane te zawierają między innymi: identyfikację statku powietrznego, cztery współrzędne określające przestrzenne położenie statku powietrznego (współrzędne, wysokość i czas), dodatkowe dane lotnicze w zależności od potrzeb. Podkreślić należy, że występują dwa tryby operacyjne podczas zwracania się przez ADS:

ADS - Contract, dostarcza szerokich możliwości do udzielania instrukcji, informacji załodze statku powietrznego ze zobowiązań prawnych i korzysta punkt po punkcie z transmisyjnego protokołu jak chociażby ACARS lub ATN (aktualnie w eksperymentalnej fazie) przez VHF i satelitę.

ADS – Broadcast, na inny sposób dostarcza w czasie rzeczywistym wymienionego protokołu, używając techniki wielodostępu z podziałem czasu i korzysta z czasu podawanego z GPS w celu zsynchronizowania wszystkich użytkowników.



Rys. 13. Zintegrowany system ATC/ADS



Rys. 14. Schemat funkcjonalny systemu ATC/ADS

Natomiast CPDLC (Controller Pilot Data Link Communication) może być zastosowany do wymiany rutynowych wiadomości i swobodnego tekstu, prowadzenia na wysokim poziomie automatyzacji w przeprowadzanej przez ATC operacji.

Uwzględniając powyższe przesłanki okazuje się, że zintegrowany system ATC/ADS przewidziany jest jako perspektywiczny, ogólnoświatowy standard (rys. 14). Jest rzeczą znamienną, że znaczenie oraz wzrastające zaufanie do ADS będzie pełnić kluczową rolę podczas implementacji koncepcji systemu ATC/ADS. Stąd też przewidywane jest jego wprowadzanie w relatywnie krótkim okresie czasu i to nie tylko w obszarach gdzie nie dostępne są i nie będą instalowane radary, ale również i tam gdzie w chwili obecnej radary znajdują zastosowanie podczas wykonywania operacji lotniczych. Natomiast uwzględniając potrzeby współczesnego ATM, do zasadniczych funkcji systemu ADS/ATC zalicza się:

a) serwer powietrzno – naziemnej komunikacji AGCS (Air Grodnu Communication Serwer), umożliwiający wymianę danych z/do statku powietrznego przez używaną sieć komunikacyjną np. ACARS/ATN;

b) obsługujący trasowanie ADS – ATH (ADS Track Handling), dostarczający traków używanych przeważnie do dostarczania połączonych danych lub kierunkowych, które będą prezentowane na ekranie kontrolerskim. Ta funkcja adaptuje korzystanie z wydzielonych danych statków powietrznych w procedurach i jednocześnie precyzyjnie uporządkowuje traki w globalnei skali.

c) ADSP, który integruje kontekstowe i zgodne z prawem funkcje zarządzania, wymagane do ustalenia i posługiwania właściwymi zasadami prawnymi wraz ze statkami powietrznymi;

d) udoskonalony FDP, który funkcjonuje w zakresie: pozycyjnych raportów, analiz profilów lotów statków powietrznych i ich zgodności z planami lotów, używanie dla statku powietrznego meteorologicznych danych (wiatr) do wyliczenia przewidywanego czasu osiągnięcia określonej pozycji, używanie lotniczych planów lotów i zastosowanie udoskonalonej funkcji zarządzania przepływem, integracja CPDLC przetwarzania do automatycznych zapisów;

e) połączenie danych, które integruje radarowe i ADS pozycje w pojedynczy system traków, który stanowi przyszłościowe przetwarzanie dla konfliktowego detekcyjnego algorytmu – STCAMSAW (Short Term Conflict Alert and Minimum Safe Altitude Warning);

f) CWP (Controller Working Position), który integruje zespoły podsystemów ostatnio rozwijanych i określanych jako HMI przez Alenia Marconi Systems;

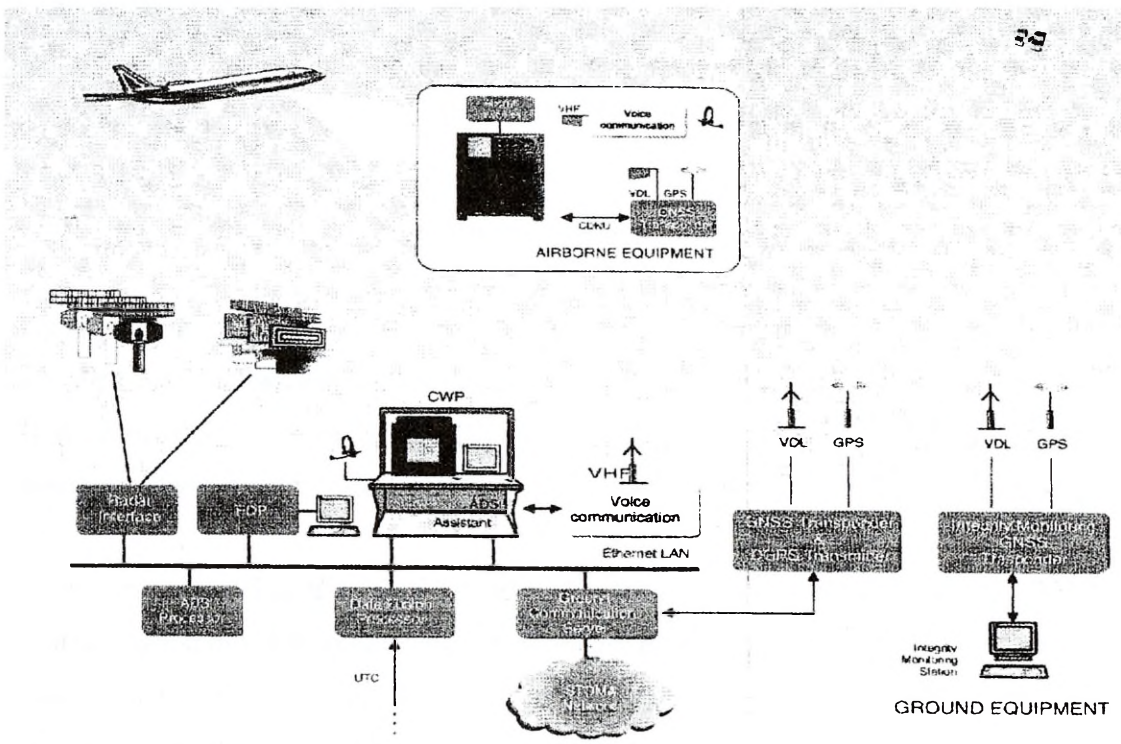
g) nagrywanie - odtwarzanie;

h) system kontrolowania i monitorowania;

i)trenażer symulatorowi.

Alenia Marconi Systems SATCAS 2000 o modułowej budowie pozwala łatwo i efektywnie integrować nowe funkcje takie jak ADS i CPDLC. Każdy system potrafi dopasować się w zależności do specyficznych potrzeb z bardzo wysokim stopniem elastyczności. Toteż następująco sklasyfikowane systemy powinny być rozpatrywane jako:

- podstawowe systemy radarowe;
- podstawowy system ADS;
- zintegrowany system ADS/radar.



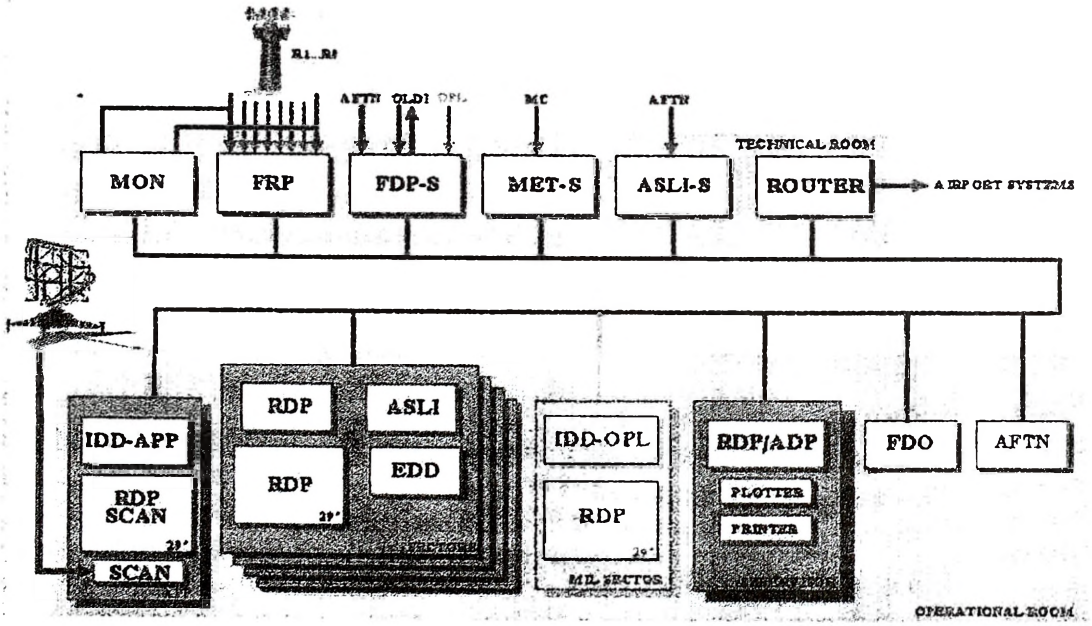
Rys. 15. Projekt Faraway

„Projekt Faraway" (rys. 15) jest kolejnym, wprowadzanym aktualnie w Europie zautomatyzowanym systemem dla potrzeb ATM, który w zasadzie opiera się na dwóch telemetrycznych podpisanych kontraktach dla powietrznego transportu (TR 1025 i TR 3186), finansowanych przez Unię Europejską DGXII. Całe to przedsięwzięcie jest realizowane przez międzynarodowe konsorcjum w oparciu o Alenia Marconi Systems (na bazie scenariusza CNS/ATM). W „Projekcie Faraway" szczególną uwagę poświęcono zagadnieniom łączy telemetrycznych, toteż rozpatruje się w nim ulepszenie operacyjnej wydajności naziemnych i znajdujących się na pokładach statków powietrznych środków wykorzystywanych dla potrzeb ATS. W związku z tym preferowane jest użycie VDL mod 4/S-TDMA, dwu torowe przesyła-

nie danych TWDL (Two-Way Data Link), wspierane przez naziemną infrastrukturę, która równocześnie pełni rolę centrum łączącego szereg komórek S-TDMA. Prezentowany program przewidziano do realizacji w dwóch zasadniczych etapach:

FARAWAY I (TR 1025) – ewoluuje w kierunku ulepszenia łączy telemetrycznych poprzez połączenie nadzorujących radarów z danymi dotyczącymi pozycji i wysokości a uzyskiwanymi z pokładów statków powietrznych, w oparciu o system ADS/B i użycie S-TDMA jako radiowej transmisji danych. Operacyjna i funkcjonalna analiza użytkownika i usługowo dostarczanych wymaganych danych, wspiera rozwijane demonstracyjne miejsce wyposażone w nowoczesny, umożliwiający syntezę danych procesor i systematycznie rozwijana awionika pokładowa ADS/B. Ten projekt stanowi weryfikację do wprowadzenia systemu ADS/B jako nadzorującego standardu szczególnie w obszarach, gdzie brak jest pokrycia zarówno przez pierwotne jak i wtórne radary nadzorowania. Założono również, że korzyści będą również osiągane w obszarach pokrywanych przez MSSR.

FARAWAY II (TR 3186) – stanowi kontynuację projektu FARAWAY I a jednocześni obejmuje fazę testowej implementacji. Głównie podejmuje problematykę związaną ze standaryzacją przemysłową wyposażenia rozwijanego w ramach 'Projektu Faraway" i tym samym dostarcza argumentów przemawiających za uzyskaniem standaryzacji na poziomie ICAO poprzez uzyskanie stosownych certyfikacji ETSI i EUROCAE. Głównym tematem proponowanym jest przesyłanie usług ATM poprzez VDL Mod 4/S-TDMA i w ramach tworzonej infrastruktury wykorzystanie do tego celu szeroko rozwiniętej sieci komórek.

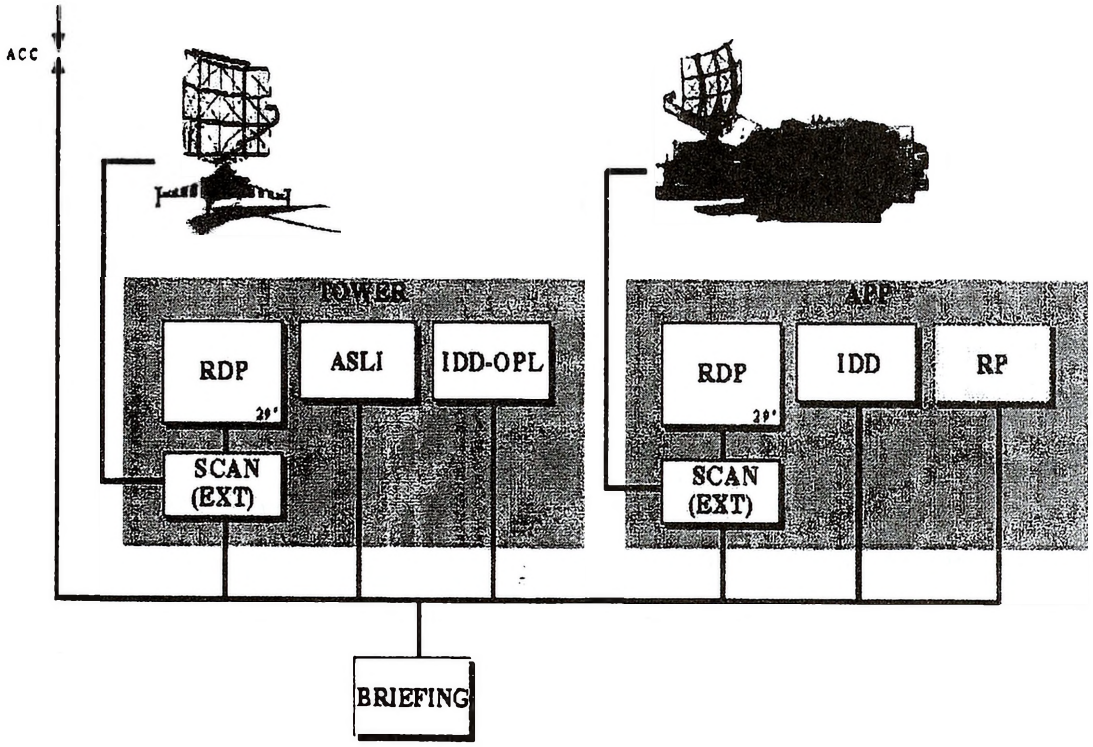


Rys. 16. System ATC/ATM LETVIS

System ATC/ATM LETVIS jest kolejnym europejskim rozwiązaniem umożliwiającym stosowanie zautomatyzowanych systemów w zarządzaniu przestrzenią powietrzną (rys. 16). Natomiast architekturę systemu dla stanowiska pracy dla precyzyjnego podejścia (APP) i wieży (TWR), prezentuje rys.17 Do jego podstawowych parametrów zalicza się: multiradarowe przetwarzanie danych pochodzących od 16 radarów i 20 innych łączy, przetwarzanie FDP (wiadomości definiowane przez L4444, ADEXP, TSGA 90, wiadomości AFTN podawane w protokołach IA-5 i IA-2, wiadomości OLDI – standard EUROCONTROL dla OLDI No. 001-92) określanie położenia i szereg innych. Spełniane przez system funkcje wymagają następującego wyposażenia:

- EXT – S (Extractor/Scan-converter) – przetwarzanie radarowych danych pochodzących z pierwotnych i wtórnych źródeł informacji;
- RFP (Radar Front Procesor) – wtórne przetwarzanie radarowych danych;
- MRT (Multiradar Tracker) – wtórne i trzeciorzędowe (multiradarowe) przetwarzanie radarowych danych;
- FDP/S (Flight Data Procesor, Serwer) – serwer dla zscentralizowanego przetwarzania lotniczych danych;
- LEDIS/S (Information System Serwer) – serwer dla zscentralizowanego przetwarzania aeronautycznych AIS i meteorologicznych danych MET;
- COM (Communicator) – HUB/Router/Bridge/Gateway;
- MC (Master Clock) – główny zegar precyzyjnego czasu;
- ODS (Operational Data System) – miejsce pracy z funkcjami RDP, FDP i LEDIS;
- RDP (Radar Data Procesor) – radar kontrolera pracującej stacji;
- FDP/FDO (Flight Data Procesor/Flight Data Operator) – asystent przetwarzania danych operacyjno – lotniczych i wiadomości FPL;
- FDP/EDD (Flight Data Procesor/Electronic Data Display) – proceduralna kontrola przez elektroniczne zobrazowanie danych;
- FDP/OPL (Flight Data Procesor/Operative Planning) - asystent przetwarzania danych operacyjno – lotniczych dla operacyjnego planowania ruchu lotniczego;
- LEDIS/ATC (Information System, Workstation) – stacja robocza do prezentacji danych AIS i MET;
- AWS (Automatem Warning) – miejsce pracy dla wspierania operacji poszukiwawczo – ratowniczych;
- SMC (System Monitoring and Control) – monitorowanie i otwieranie modułów LETVIS-a;

- MON (Monitoring) – archiwizacja przychodzących danych, przetwarzanych danych i głosowej komunikacji;
- ADP ((Archived Data Procesor) – odtwarzanie i nagrywanie danych;
- SIM/PSP (Symulator, Pseudo-pilot) – stanowisko pracy pseudopilotów dla potrzeb symulatora;
- SIM/INS (Symulator, Instruktor) - stanowisko pracy instruktorów dla potrzeb symulatora;
- Calls (Komputer Aided Language Learning System) – nauczający system.

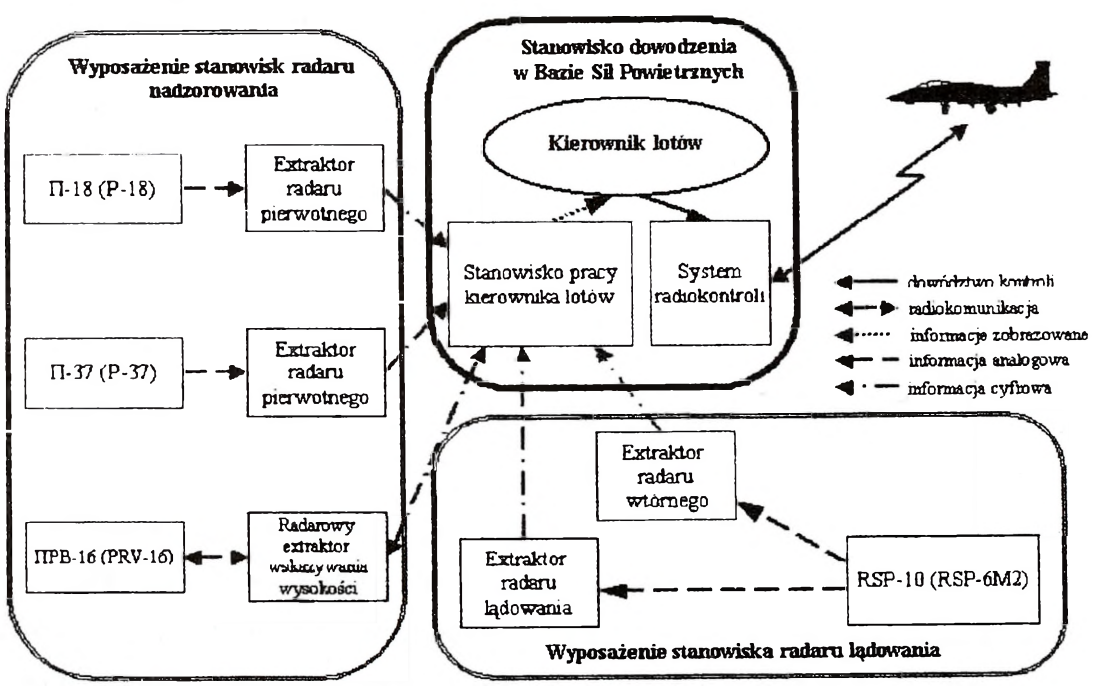


Rys.17. Stanowiska pracy precyzyjnego podejścia (APP) i wieży (TWR)

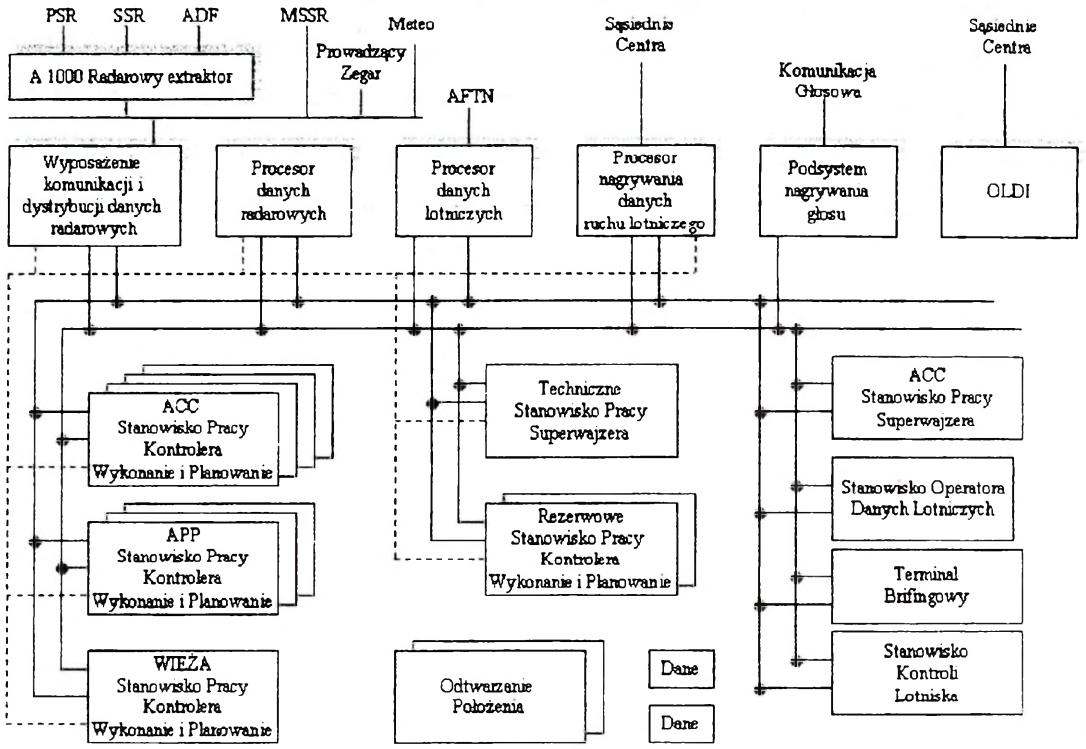
System kontroli ruchu lotniczego „XENYA" jest kolejnym europejskim rozwiązaniem umożliwiającym stosowanie zautomatyzowanych systemów w zarządzaniu przestrzenią powietrzną (rys. 18). System ten oferuje różnorodne rozwiązania, które spełniają kluczowe wymagania ATC ICAO a do zasadniczych należy:

- polepszenie bezpieczeństwa w FIR/TMA poprzez ciągłe monitorowanie aktualnych tras (dróg lotniczych) statków powietrznych i zapobieganie kolizjom pomiędzy statkami powietrznymi, alarmowanie kontrolerów także statków powietrznych na małych wysokościach i statków powietrznych penetrujących niebezpieczne - ograniczone obszary (strefy);

- wzrost i przyspieszenie przepływu ruchu lotniczego, głównie za sprawą redukowania opóźnień lotów;
- polepszenie wydajności kontrolerów, odpowiednia ergonomika i automatyczny interfejs Man Machine Interface z bardzo krótkim systemem odpowiedzi czasu;
- zautomatyzowane pobieranie, wysyłanie, przetwarzanie planów lotów i danych lotniczych, które pracują intersektorowo i intercentrowo ułatwiając koordynację (pozwala to znacznie zredukować ilość pracy niezbędnej do wykonania przez kontrolera):
- polepszenie organizacji przestrzeni lotniczej, przez ciągłe analizowanie i archiwizowanie utrwalonych sytuacji lotniczych (powietrznych);
- zapobieganie powstawaniu sytuacji kolizyjnych poprzez zwiększenia zobrazowania wewnątrz sektorów dla różnych okresów czasu;
- adaptacja do środowiska przez systemową parametryzację, pozwala oceniać systemowi odpowiednio do struktury pokrywanej przestrzeni powietrznej i ruchowych charakterystyk (liczba i typ kontrolowanych sektorów);
- szybki i dynamiczny przydział odpowiednich sektorów w zależności od zmian obciążenia ruchu;
- optymalizację operacji i utrzymywanie minimalnych kosztów należnych do zapewnienia wysokiej niezawodności (wiarygodności systemu) i koniecznych do zredukowania utrzymywanych współpracujących zespołów.



Rys. 18. System kontroli ruchu lotniczego „XENYA"



Rys. 19. Schemat funkcjonalny systemu „XENYA"

W zasadzie system XENYA realizuje dwa typy zadań, z których pierwsze powinno dostarczać wszelkiej pomocy, niezbędnej dla operacyjnej działalności personelu lotniczego (kontrola ruchu lotniczego - ATC i zarządzania przestrzenią powietrzną, zwiększenie bezpieczeństwa i polepszenie pracy ATC/ATM). Drugie zadanie jest typowo techniczne i zawiera różnorodne analizy, testy operacyjne a przez cały czas czuwa nad utrzymaniem systemu w stałej gotowości do działania. Jest sprawą oczywistą, że te wyznaczone zadania są realizowane przez różnorodne funkcje systemowe i odpowiednie urządzenia. W związku z tym wyróżnić można następujące funkcje: zestawianie i łączenie danych otrzymywanych z wtórnych radarów dozorowania, w celu syntetycznego zobrazowania sytuacji powietrznej dla kontrolerów ATC, łączenie i dystrybucja lotniczych danych z sąsiednimi jednostkami ATS dla zapewnienia koordynacji lotów, doradcze i alarmowe funkcje (określane jako„narzędzia ATC"), utrzymywanie informacji dotyczącej środowiska lotniczego (aeronautycznej, meteorologicznej), nagrywanie i archiwizowanie danych dla odtwarzania nagranego materiału i jego analizowania w razie wystąpienia sytuacji kolizyjnej, incydentu oraz do prowadzenia różnorodnych analiz statystycznych, wykonywanie stosownych przeliczeń. Natomiast do analizowania i utrzymania systemu w gotowości do pracy służą następujące elementy: odtwarzające urządzenia, podsys-

tem monitorowania i diagnozowania, podsystem kontroli, analizowanie danych lotniczych, HMI. Automatyczne pozyskiwanie danych, przetwarzanie i prezentowanie ich na wskaźniku też realizowane jest w systemie „XENYA" a dogodna funkcja HMI z bardzo krótkim czasem odpowiedzi znacząco redukuje to co mają kontrolerzy do zrobienia i dostarcza możliwych, efektywnych i bezpiecznych rozwiązań niezbędnych do zarządzania statkami powietrznymi. System „XENYA" jest całkowicie zautomatyzowany i umożliwia (rys. 19):

- odbiór i przetwarzanie danych radarowych i ADF;
- odbiór i przetwarzanie danych planów lotów (ICAO i ADEXP formaty, AFTN i OLDI);
- kalkulację tras w wyniku wieloradarowego śledzenia;
- wykonanie i realizację planu lotu;
- wykrywanie i alarmowanie o konfliktowych sytuacjach (STA, MSAW, APW, MTCD);
- generowanie i prezentacja odpowiednich ostrzeżeń;
- monitorowanie drogi statku powietrznego z wykrywaniem odchyleń od rzeczywistych parametrów lotu z danych planu lotu;
- dystrybucję danych do komponentów ATCS;
- prezentację radarowych, planów lotów, map, ADF i innych danych;
- monitoring i przedstawianie na wskaźniku systemowych komponentów dostępnych i przetworzonych modów a w sieci komputerowej danych wejściowych kanałów kontroli;
- nagrywanie danych radarowych, ADF-ów, planów lotu, meteorologicznej informacji, monitoringu i danych diagnostycznych;
- nagrywanie danych głosowych;
- inne.

Mimo pełnej automatyzacji system potrzebuje minimalnej ludzkiej ingerencji, kiedy konieczne jest sprecyzowanie wejściowych parametrów urządzeń w postaci: przekazywania, zapoczątkowania, przyjmowania kontroli, uaktualnianie lotniczych danych, nieaktywne generowanie RPL i inne wejścia, koordynacja intersektorowa, wyświetlane parametry nastawienia (zasięg, mapa, itp.), odtwarzanie modowego zarządzania. Sieć komputerowa systemu przeznaczona jest również do wspierania w zakresie: przygotowywania i dystrybucji parametrów przestrzeni powietrznej, wejściowych parametrów operacyjnych systemu, zarządzania konfiguracją systemu. Bardzo istotną sprawą są dane źródłowe ATCS (rys. 19), które pochodzą między innymi z: pierwotnych i wtórnych nadzorujących analogowych i cyfrowych radarów, ADF, meteorologiczne dane źródłowe, informacje pochodzące z sąsiednich i innych centrów ATC (protokół OLDI), IFPS systemu (przez AFTN), zewnętrznych agencji, jednostek obrony powietrznej (system dystrybucji tras), sieci AFTN (wiadomości, lotnicze dane, wiadomości

MET, NOTAM), synchronizującego zegara. Podkreślić należy fakt, że sprzęt i oprogramowanie bazują na standardowych interfesjach i protokołach, które są używane w otwartej architekturze systemu. To pozwala i ułatwia modernizację programów komputerowych i rozszerzanie perspektywicznych możliwości systemu. Komputerowy osprzęt światowych renomowanych firm, nowoczesne zobrazowania i transmisja danych to narzędzia, które są używane w systemie a uzyskane certyfikaty świadczą o ich międzynarodowych standardach. Trzeba zaznaczyć, że awaria jakiegokolwiek komponentu systemu nie wpływa ujemnie na wadliwą pracę innego podzespołu. Zastosowane oprogramowanie komputerowe jest rozwijane z użyciem modułowych pryncypiów, struktur i przedmiotowo – zorientowanych metod. To jest łatwe do instalacji, administrowania i uaktualniania. Dublowana sieć LAN (Local Area Network) dostarcza systemowych komponentów komunikacyjnych. W przypadku awarii jednego elementu jest on automatycznie eliminowany i zastępowany rezerwowym. Również szerokookienna grafika HMI jest zapewniana na stanowiskach pracy kontrolera a trzy przyciski manipulatora i klawiatury są używane do selekcji i wyboru różnorodnych funkcji HMI. Extraktor radarowy A 1000 dostarcza wyjściowych danych radarowych do automatycznego przetwarzania i zarządzania operacyjnymi modami, monitoringu i diagnostyki tych komponentów wraz z wejściowymi sygnałami. Do istotniejszych danych specyfikujących system należy:

- liczba podłączonych radarów i ADF danych źródłowych – 16;
- liczba miejsc pracy kontrolerów ACC – 5 + 1 rezerwowy;
- liczba miejsc pracy kontrolerów APP – 3 + 1 rezerwowy;
- liczba systemowych tras – 255;
- liczba lokalnych tras dla radaru – 300;
- liczba otrzymywanych radarowych wykresów w ciągu jednego obrotu – 400;
- maksymalny rozmiar systemowego obszaru przetwarzania 1000 x 1000 NM (mil nautycznych);
- liczba aktywnych planów lotu – 1000;
- maksymalna liczba RPL-ów – 1000;
- pojemność bazy danych planów lotniczych – 5000;
- okres archiwacji nagrywanych danych radarowych – nie mniej niż 30 dni;
- czas startu systemu – mniej niż 10 minut;
- czas restaru komponentów systemu – mniej niż 2 minuty;
- czas odpowiedzi systemu: działanie jest lokalne do HMI dla przykładowej zmiany ogniskowej kontrolowanej przestrzeni powietrznej – nie więcej niż 300 ms, działanie jest kra-

jowe do systemu (dla przykładowego planu lotu z HMI pozycji) – nie więcej niż 2000 ms, działanie jest interaktywne z zewnętrznym interfejsem (dla przykładu odbiór nowego planu lotu i wyświetlanie odpowiednie pasma /pasa/) – nie więcej niż 3000 ms;

- parametry wiarygodności, niezawodności: znaczące czasy pomiędzy awariami - czasy pracy bezawaryjnej (system – nie mniej niż 15 000 godzin, podsystem – nie mniej niż 10 000 godzin, CWP jednostka – nie mniej niż 9 000 godzin, mysz/klawiatura – nie mnie niż 5 000 godzin, wskaźnik(wyświetlacz) – nie mniej niż 8 000 godzin, okres operacyjny systemu – 10 lat lub 80 000 godzin), dostępność (systemu – 0,9999, jednostki – 0,999), stabilność (systemu – znaczący czas do przywrócenia – 30 minut, komponentów systemu – czas do przywrócenia – 30 minut);
- operacyjne wymagania: moc – zasilanie (moc dostarczana: 220 V AC (+10%), 50 Hz + 1 Hz, moc zużywana: 8 000 VA);
- ATCS jest przeznaczony dla ciągłego 24 godzinnego, operacyjnego działania w warunkach stacjonarnych z dopuszczalnymi klimatycznymi warunkami (temperatura powietrza + 10^{o} powyżej do 35 ^{o} C, ciśnienie powietrza 86 k PA powyżej do 106 k PA, rzeczywista wilgotność od 35% powyżej do 75%).

Powyżej przedstawione zostały jedynie wybrane aspekty dotyczące ogólnej charakterystyki przedsięwzięć, programów związanych z europejskimi zautomatyzowanymi systemami zarządzania ruchem lotniczym. Wiadomo, że mogą one funkcjonować jedynie dzięki sprawnej komunikacji – łączności, więc celowe jest przedstawienie współczesnych tendencji i w tym zakresie. W chwili obecnej, w siłach zbrojnych państw NATO, na szczeblu taktycznym wykorzystywane są cyfrowe wąskopasmowe systemy łączności, bazujące na technologiach TDM (Time Division Multiplexing). Opracowane one zostały w większości zgodnie z obowiązującymi w krajach NATO standardami: EUROCOM (w zakresie rozwiązań wewnątrz systemowych) i STANAG (w zakresie współpracy systemów). W związku z tym przyjęto za podstawowy, standardowy kanał o prędkości przepływu 16 kbit/s, a do kodowania głosu wykorzystywana jest modulacja delta typu CVSD. Systemy spełniające te wymagania zabezpieczają potrzeby wymiany informacji dla dotychczas eksploatowanych systemów dowodzenia, zapewniając realizację przede wszystkim usług fonicznych i wolnej transmisji danych. Jednak w systemach tych wprowadzane są zmiany, które mają na celu dostosowanie ich do aktualnych i perspektywicznych potrzeb. Stąd też zaobserwować można działania polegające m.in.na różnorodnych rozszerzeniach dotyczących prędkości przepływu kanału podstawowego oraz zakresu usług - w tym wideofonicznych. Systemy dowodzenia nowej generacji (przynajmniej klasy C4I oraz wyższych) stawiają znacznie większe wymagania systemom teleinformatycz-

nym i infrastrukturze telekomunikacyjnej. Stąd też usługi podstawowe związane są z danymi zalicza się do nich: szybki transfer danych, przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym, bezpośredni dostęp do baz danych i szereg innych. Przewiduje się również wykorzystywanie w szerokim zakresie usług wideofonicznych. Toteż w związku z przedstawionymi powyżej uwarunkowaniami, w krajach NATO trwają od kilku lat intensywne prace projektowe nad nową generacją systemów teleinformatycznych, które mogłyby sprostać rosnącym wymaganiom przyszłych użytkowników i charakteryzowałyby się między innymi:

- większą mobilnością i dostosowaniem do dynamicznych zmian sytuacji;
- większą odpornością technicznych środków dowodzenia na wojnę radioelektroniczną;
- wysokim bezpieczeństwem informacji (kryptograficznym i elektromagnetycznym);
- elastycznością wykorzystania dostępnych pasm i przepływności oraz zarządzania częstotliwościami zgodnie ze standardami międzynarodowymi;
- wykorzystaniem komercyjnych technologii telekomunikacyjnych i teleinformatycznych (COTS - commercial off the shelf) adaptowanych do wymagań wojskowych;
- modułowością rozwiązań zapewniającym elastyczność wykorzystania według różnych scenariuszy działań;
- zapewnieniem pełnego współdziałania jednostek różnych państw oraz zgodnością sprzętu i podsystemów;
- przezroczystością i elastycznością połączeń międzysystemowych, zarówno z systemami wojskowymi jak i cywilnymi;
- podatnością na rozwój z uwzględnieniem indywidualnych wymagań i mozliwości poszczególnych krajów.

Zasadne jest podanie, że przewidywane jest zastosowanie w systemach CIS (Communications and Information Systems) przede wszystkim szerokopasmowych technik i technologii telekomunikacyjnych, takich jak ATM (Asynchrous Transfer Mode), ISDN (Integrated Services Digital Network) oraz technologii informatycznych opartych na rodzinie protokołów IP (Internet Protocol). Najbardziej znanymi rozwiązaniami tego typu są m.in. rozwiązania proponowane w projektach:

- NATO - TACOMS Post - 2000 (Tactical Communications for the Land Combat Zone - Post 2000);

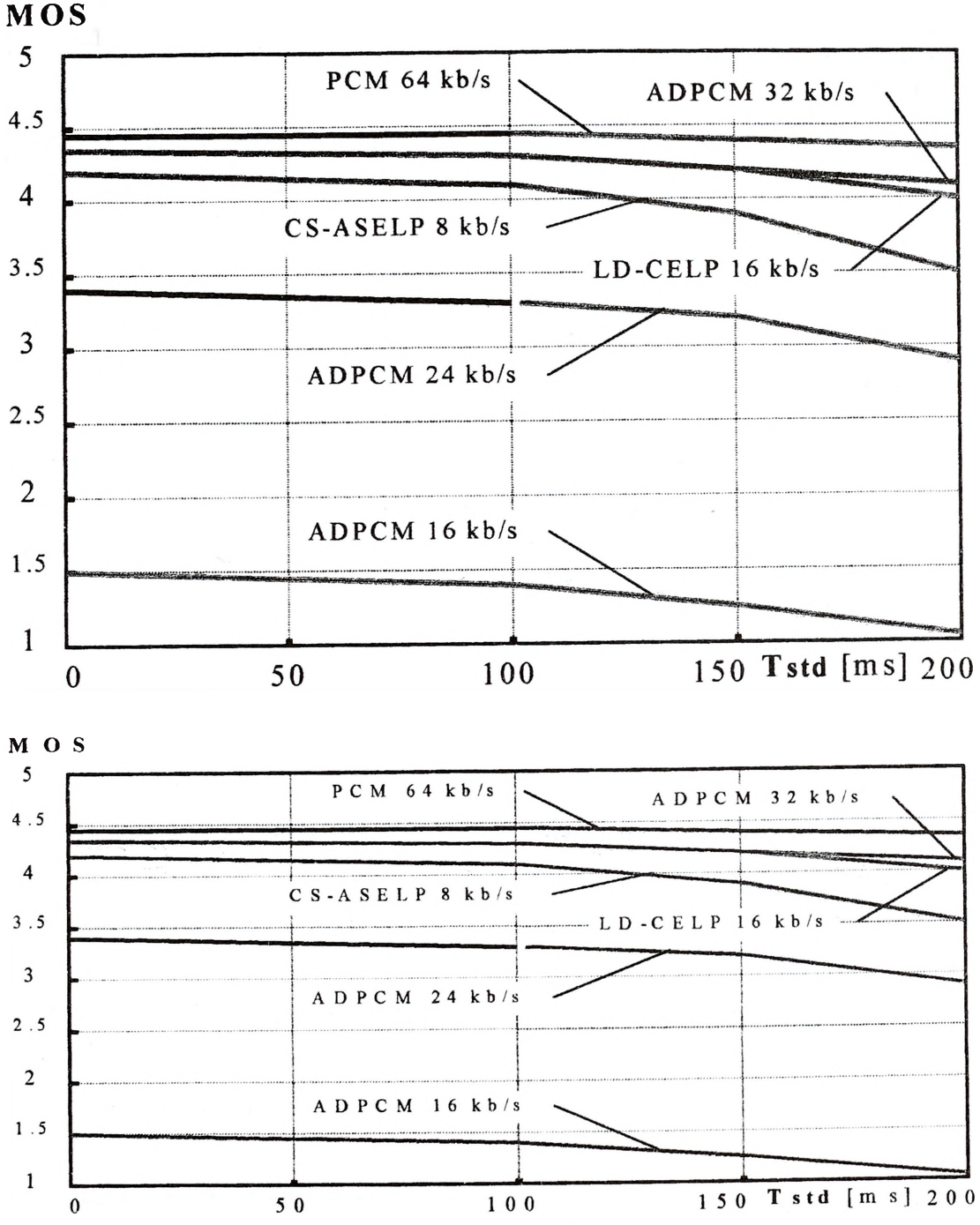
- amerykańskim WIN - T (Warfighter Information Network - Tactical):
- francuskim – RITA – 2000;
- innych realizowanych przez liczące się państwa członkowskie NATO.

Kolejnym zagadnieniem związanym z powyższą problematyką jest jakość mowy. W obecnie eksploatowanych cyfrowych systemach łączności zasadniczym podsystemem wykorzystywanym do przekazu informacji fonicznych (mowy) jest podsystem komutacji kanałów. W taktycznych systemach łączności wykorzystuje się metody kodowania sygnałów mowy typu delta i PCM zapewniające wystarczająco dobry poziom jakości mowy (zrozumiałość, odporność na błędy i inne). W ramach szeroko zakrojonych prac nad nowymi generacjami wojskowych systemów łączności prowadzone są również prace nad wykorzystaniem do przekazu mowy podsystemu komutacji pakietów. Zasadniczym ich celem jest zapewnienie jakości przekazu mowy na identycznym jak dotychczas poziomie, z zastosowaniem technik, które pozwolą na pełniejsze i efektywniejsze wykorzystanie dysponowanych przepływności w podsystemach komutacji pakietów oraz komórek ATM. Podkreślić trzeba, że tego typu zagadnieniami zajmuje się grupa VToA a szczególnie skupia swój wysiłek wokół problematyki przekazu mowy w sieciach ATM. Pełni ona równocześnie funkcję standaryzacyjną wypracowując dane dotyczące ustanowienia nowych norm dla zastosowań cywilnych i wojskowych. Oprócz „klasycznych" metod kodowania mowy (PCM - Pulse Code Modulation, ADPCM - Adaptive Differential PCM), w chwili obecnej prowadzone są zakrojone na szeroką skalę badania dotyczące możliwości zastosowania nowszych, bardziej efektywnych metod kompresji (LD - CELP - Linear Delay Code Excited Linear Prediction, CS - ACELP - Conjugate Structure Algebraic CELP) w różnych warstwach AAL. Podkreślić należy, że w sieciach ATM istotny wpływ na jakość przekazu mowy ma opóźnienie transferu komórek przez sieć oraz straty komórek. Poniżej przedstawiono charakterystyki jakościowe wyznaczone w skali MOS (Mean Opinion Score) oraz wpływ utraty komórek na jakość mowy transmitowanej w sieci ATM, dla kodowania PCM, które zostały uzyskane w wyniku przeprowadzonych badań.

Do chwili obecnej jakość mowy była oceniana za pomocą czasochłonnych i kosztownych metod subiektywnych. Współcześni specjaliści coraz częściej stosują metody obiektywne. Natomiast wśród metod subiektywnych najczęściej są używane metody oparte na ocenie segmentalnej lub pomiarach jakości całkowitej, w których uwzględnia się:

- średni wynik opinii MOS;
- diagnostyczny pomiar akceptowalności DAM (Diagnostic Acceptability Measure).

Natomiast najczęściej spotykane metody obiektywne bazują na pomiarach błędu średniokwadratowego MSE (Mean Squared Error) sygnału mowy. Najbardziej popularnym wskaźnikiem jest stosunek sygnał/szum SNR (Signal Noise Ratio). Inne obiektywne pomiary jakości mowy opierają się głównie na określeniu odpowiednich parametrów w dziedzinie częstotliwości (np. odległość widmowa, Euklidesowa lub częstotliwościowa).



Rys. 20. Charakterystyki jakościowe

Typ pogorszenia transmisji	CLR	MOS	Uwagi
Zaniki rzędu kilka ms	$\leq 10^{-2}$	4.1	Dobra jakość mowy, bez istotnych pogorszeń
Zaniki rzędu 10÷50 ms	$\leq 2\times10^{-3}$	4.1	Dobra jakość mowy, bez istotnych pogorszeń
Ucinanie początków wypowiedzi rzędu 10 ms z dodatkowymi zanikami (kilkanaście na minutę)	$\leq 5\times10^{-3}$	> 4	Dobra lub wyśmienita jakość mowy
Ucinanie początków wypowiedzi rzędu 50 ms z dodatkowymi zanikami (kilka na minutę)	$\leq 5\times10^{-3}$	ok. 4	Dobra jakość mowy, bez istotnych pogorszeń

Tabela 4. Typy pogorszenia transmisji

Zwrócić należy uwagę na kolejny ważny element, związany z ATM a jest nim protokół IP wersja 6. Zasadne jest podanie, że obecnie w sieciach opartych o stos TCP/IP wykorzystywany jest protokół IP w wersji 4, w którym wykorzystywane są 32-bitowe adresy. Jednak szybkie wyczerpywanie się wolnych adresów IP spowodowało, że został opracowany protokół IP nowej generacji (IPv6), w którym przestrzeń adresowa jest 128 - bitowa. Ten nowo opracowany protokół IPv6 charakteryzuje się również innymi własnościami, których brakuje w wersji 4. Toteż celowe jest podanie zalet IPv6 w stosunku do IPv4, do których zalicza się:

- rozszerzone adresowanie i rutowanie – powiększenie adresu IP z 32 do 128 bitów pozwala zaadresować znacznie więcej węzłów sieci, stworzyć więcej poziomów w hierarchii adresów, definiowanie nowych typów adresów itd.;
- uproszczony format nagłówka – eliminuje lub umożliwia opcjonalny wybór niektórych pól nagłówka IPv4, co pozwala zredukować ilość dodatkowej informacji przesyłanej w pakiecie i w efekcie kompensuje przyrost spowodowany dużymi adresami. Mimo że adresy są cztery razy dłuższe, to nagłówki IPv6 mają długość tylko 40 bajtów (z tego 32 bajty adresowe) w porównaniu z 20 bajtami nagłówków w IPv4 (8 bajtów adresowych);
- rozszerzone nagłówki i opcje – opcje IPv6 umieszczone w oddzielnych nagłówkach znajdujących się po zasadniczym nagłówku IPv6, dzięki czemu nie muszą być przetwarzane przez wszystkie systemy pośredniczące w przesyłaniu pakietu na drodze od nadawcy do odbiorcy;
- weryfikowanie autentyczności i prywatność – we wszystkich implementacjach IPv6 wymagana jest obsługa weryfikowania autentyczności nadawcy pakietu oraz szyfrowanie zawartości pakietu, jeśli zachodzi taka potrzeba;

- możliwość obsługi QoS – dodana jest nowa funkcja pozwalająca na oznaczenie pakietów w zależności od rodzaju ruchu, jaki „przepływa" przez sieć, w szczególności ruchu, dla którego nadawca zażądał specjalnych parametrów obsługi.

W zastosowaniach wojskowych najważniejsze są dwie ostatnie właściwości IPv6, tzn. mechanizmy weryfikacji autentyczności oraz obsługi QoS. Szerokopasmowe sieci łączności przeznaczone do zastosowania w wojsku powinny być systemami opartymi na bazie komercyjnych rozwiązań technicznych zgodnie z zasadą COTS (Commercial-of-the-shelf). W metodologii badań sieci opartych o rozwiązania komercyjne powinno się uwzględnić trzy podstawowe obszary badawcze, dla których opracowuje się wzorce procedur badawczych zwanych testami. Są to odpowiednio:

- testy zgodności, służące do oceny poprawności funkcjonowania sieci zgodnie z określonym wzorcem funkcjonowania. Wzorce te opracowywane są przez międzynarodowe organizacje standaryzujące system lub jego elementy w postaci zestawów zaleceń. Testy zgodności zwane również walidacyjnymi wykorzystują aktywną metodę badania polegającą na wprowadzeniu do systemu urządzenia (testera) stanowiącego otoczenie badanego elementu, które generując wzorcowe sekwencje informacji umożliwia ocenę zgodności zaimplementowanych protokołów z zaleceniami międzynarodowych organizacji standaryzacyjnych;
- testy współdziałania, służące do oceny możliwości współpracy sprzętu sieciowego pochodzącego od różnych producentów, a w szczególności oceny poprawności współpracy implementacji zastosowanych protokołów. Do przeprowadzenia testów współdziałania stosuje się metody bierne (monitorowania) polegające na monitorowaniu ruchu w badanej sieci oraz zachowania współpracujących elementów sieci;
- sprawności, służące do oceny jakości oferowanych usług przez badaną sieć telekomunikacyjną lub jej elementy składowe.

Badania sieci w oparciu o powyższe testy powinny być realizowane na trzech płaszczyznach: użytkownika, sterowania i sygnalizacji oraz zarządzania w celu uzyskania kompletnej informacji na temat przydatności badanej sieci. W badaniu sieci szerokopasmowych wyróżnia się jeszcze wiele innych obszarów badawczych, dla których opracowuje się odpowiednie procedury testowe. Można tu wyróżnić aplikacje procedur badawczych związanych ze skalowalnością sieci, takie jak testy skalowalności sieci, przyłączania nowych instalacji czy konfiguracji nowych przyłączeń. Również ważną rolę odgrywają procedury badawcze błędów transmisji informacji sygnalizacyjnych, czy badanie odporności sieci na błędy oraz stopnia korekcji. W płaszczyźnie zarządzania można wyróżnić testy możliwości diagnostycznych, których ce-

lem jest zbadanie w jakim stopniu sieć jest zdolna wykryć, zlokalizować i poddać diagnozie różne problemy komunikacyjne.

5. CHARAKTERYSTYKA POLSKIEGO ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA RUCHEM LOTNICZYM

Dążenie Polski do unifikacji ze strukturami zachodnioeuropejskimi na płaszczyźnie gospodarczej i militarnej, wymogło podjęcie prac związanych z dostosowaniem polskiego systemu zarządzania ruchem lotniczym do standardów Unii Europejskiej. Podobnie sojusz Polski z NATO stwarza obiektywną potrzebę dostosowania wojskowej struktury ruchu lotniczego do określonych standardów. Toteż wymienione determinanty spowodowały, że już w 1998 roku, pod patronatem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej oraz Ministra Obrony Narodowej rozpoczęły się prace związane z realizacją „Koncepcji Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym w Polsce", która jest zgodna z zaleceniami zawartymi w Aneksach ICAO, ustawą Sejmu RP „Prawo lotnicze" oraz wymaganiami NATO. Przyjęcie właściwych założeń systemu ATM jest podstawowym warunkiem jego skutecznego i efektywnego funkcjonowania. Proponowany w koncepcji system jest jednolity, narodowy, powstały w wyniku integracji dwóch niezależnych systemów istniejących obok siebie – cywilnego i wojskowego, oraz zgodny z koncepcją FUA, przyjętą przez państwa ECAC i NATO jako standard europejski. Zarządzanie ruchem lotniczym w obrębie struktur i procedur zdefiniowanych w aktach prawnych dotyczących lotnictwa, rozporządzeniach i przepisach ruchu lotniczego (zarządzanie operacyjne) realizują organa wykonawcze wchodzące w skład Polskiej Agencji Ruchu Lotniczego oraz podległe Szefostwu Służby Ruchu Lotniczego Sił Zbrojnych RP. Strategia wdrażania polskiego ATM została wyrażona w odpowiednich decyzjach wykonawczych, których realizacja powinna zaowocować utworzeniem sprawnego, jednolitego systemu zarządzania ruchem lotniczym w Polsce. Jest oczywiste, że osiągnięcie tego celu wymaga wielu zmian organizacyjno-funkcjonalnych w istniejącym systemie, modernizacji infrastruktury technicznej, pozyskania i przeszkolenia personelu, szczególnie ze strony komponentu wojskowego. Przedsięwzięcia te będą realizowane przez co najmniej kilkanaście lat (do około 2005 roku) i pochłoną bardzo znaczne nakłady finansowe. Przystępując do realizacji „Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym" w Polsce przyjęto założenia przedstawione w tabeli 5.

Na podstawie danych zawartych w tabeli można wnioskować, że przyjęte założenia koncepcyjne budowy ATM w Polsce są zgodne z trendami światowymi. Dotyczy to zwłaszcza

kwestii koncepcji FUA oraz ujednolicenia przepisów lotniczych z wymogami ICAO. Ważną sprawą jest także uwzględnienie aspektu bezpieczeństwa i suwerenności państwa w systemie ATM. Tak sprecyzowane założenia pozwoliły opracować strukturę systemu, zgodną z wymogami państw ECAC. Realizacja niektórych przedsięwzięć zawartych w tabeli zaowocowała szeregiem zmian organizacyjnych wielu elementów dotychczasowego systemu ATM. Najważniejsze z nich to tworzenie organów wojskowych portów lotniczych według standardów ICAO/NATO oraz takich komponentów ATM jak Centrum Zarządzania Przestrzenią Powietrzną. Organa narodowej służby ruchu lotniczego muszą obsługiwać wszystkich użytkowników przestrzeni powietrznej w sposób profesjonalny, jednolity i zgodny z wymogami międzynarodowych organizacji, zwłaszcza ICAO, NATO i ECAC. Przyjęcie założenia, że służby ruchu lotniczego będą zapewniane w sposób jednolity lotnictwu cywilnemu i wojskowemu, zmobilizowało MON do podjęcia działań mających na celu dostosowanie funkcjonujących struktur wojskowej SRL do wdrażanych programów jednolitego systemu ATM. Utworzenie Centrum Kontroli Ruchu Lotniczego WLOP było pierwszym krokiem w kierunku osiągnięcia europejskich standardów w zakresie cywilno-wojskowej kontroli przestrzeni powietrznej. Na bazie Centralnego Ośrodka Koordynacji Ruchu Lotniczego utworzono Centrum Planowania Ruchu Lotniczego, stanowiące fundament wojskowego zespołu w Centrum Zarządzania Przestrzenią Powietrzną. Funkcjonowanie organów wojskowych w strukturze jednolitego systemu ATM jest niezbędne ze względu na ich rolę w systemie obronnym państwa. Wprawdzie demokratyczne państwa dowiodły, że w okresie pokoju zarządzanie ruchem lotniczym może być sprawowane przez organa cywilne lub cywilno-wojskowe, jednak pozostaje problem zarządzania ruchem lotniczym w stanach kryzysu i wojny. Jest oczywiste, że w czasie działań wojennych dowódcy odpowiedzialnemu za kierowanie systemem obrony powietrznej musi zostać podporządkowane zarządzanie ruchem lotniczym. Kontrolerzy wojskowi w regionalnych lub wysuniętych centrach kontroli powietrznej będą zabezpieczać wszystkie operacje lotnicze. Świadczą o tym chociażby ostatnie konflikty zbrojne (Zatoka Perska, Kosowo). Zarówno w czasie pokoju, zagrożenia wojennego, jak i wojny służby ruchu lotniczego stanowić będą ważny komponent „systemu kontroli przestrzeni powietrznej", który jest definiowany jako ACS (Airspace Control System) a oznacza zespół organizacji, personelu, polityk, procedur i urządzeń, jakie są wymagane dla sprawowania funkcji kontroli przestrzeni powietrznej.

Ważnym składnikiem ATM jest infrastruktura techniczna, bowiem dzięki niej cały system może funkcjonować zgodnie z przyjętymi założeniami. Toteż do głównych urządzeń technicznych funkcjonujących w ramach podstawowej infrastruktury zalicza się: systemy radaro-

we, środki łączności, systemy przetwarzania informacji. Zgodnie z przedstawioną wcześniej „Koncepcją Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym w Polsce" infrastrukturę techniczną stanowić będą obecnie wykorzystywane, zmodernizowane oraz pozyskiwane w miarę potrzeb i możliwości nowe urządzenia. Natomiast pewną nowością będzie wykorzystanie niektórych wojskowych systemów radarowych, czy środków łączności do obsługi lotnictwa cywilnego i odwrotnie w ramach integracji. Takie podejście sprawiło, że konieczne było przeprowadzenie inwentaryzacji i oceny dalszej przydatności obecnej infrastruktury technicznej dla potrzeb kontroli ruchu lotniczego w Polsce.

L.p.	Decyzja strategiczna	Uwagi
1	Przestrzeń powietrzna jest dobrem narodowym i powinna być elastycznie użytkowana – zmiana ustawy „Prawo Lotnicze".	Zasada ta jest stosowana przez państwa ECAC od marca 1996.
2	Służby ruchu lotniczego powinny być zapewniane cywilnym i wojskowym użytkownikom w jednolity sposób według przepisów ICAO i standardów NATO.	Wymóg integracji europejskiej i interoperacyjności z NATO.
3	Zasady wykonywania lotów przez lotnictwo cywilne i wojskowe powinny być ujednolicone za pomocą norm międzynarodowych, z wyjątkiem wykonywania zadań specjalnych	Wymóg stosowania norm międzynarodowych.
4	Podczas kryzysu obowiązuje priorytet uwzględnienia wymagań wojskowych.	Wymóg zapewnienia bezpieczeństwa państwa.
5	Podczas wojny DWLOP przejmuje zarządzanie ruchem lotniczym.	Wymóg suwerenności i bezpieczeństwa państwa.
6	DWLOP odpowiada za opracowanie i wdrożenie dodatkowych, uzupełniających systemów technicznych niezbędnych w czasie wojny.	Wymóg systemu OP.

Tabela 5. Założenia dla polskiego ATM

Ważnym składnikiem ATM jest infrastruktura techniczna, bowiem dzięki niej cały system może funkcjonować zgodnie z przyjętymi założeniami. Toteż do głównych urządzeń technicznych funkcjonujących w ramach podstawowej infrastruktury zalicza się: systemy radarowe, środki łączności, systemy przetwarzania informacji. Zgodnie z przedstawioną wcześniej „Koncepcją Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym w Polsce" infrastrukturę techniczną stanowić będą obecnie wykorzystywane, zmodernizowane oraz pozyskiwane w miarę potrzeb i możliwości nowe urządzenia. Natomiast pewną nowością będzie wykorzystanie niektórych wojskowych systemów radarowych, czy środków łączności do obsługi lotnictwa cywilnego i odwrotnie w ramach integracji. Takie podejście sprawiło, że konieczne było przeprowadzenie inwentaryzacji i oceny dalszej przydatności obecnej infrastruktury technicznej dla potrzeb kontroli ruchu lotniczego w Polsce.

Z przeprowadzonej analizy systemów radarowych wynika, że do zapewniania służb radarowych ruchu lotniczego wymagane są zdublowane informacje z radarów wtórnych w kontroli obszaru. W kontroli zbliżania wymagane są informacje z radarów pierwotnych i wtórnych. Dla celów radarowej służby doradczej, radarowej służby informacji powietrznej oraz monitorowania aktywności w strefach czasowo wydzielonych niezbędna jest informacja z radarów pierwotnych. W tym celu „Koncepcja Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym" zakłada stworzenie pola radiolokacyjnego ATS, opartego o wykorzystanie źródeł informacji radarowej z cywilnych i wojskowych radarów pierwotnych i wtórnych, spełniających wymagania Aneksu 10 ICAO. Istniejące stacje radiolokacyjne – wojskowe i cywilne, zapewniają pokrycie radarowe, za wyjątkiem rejonu południowo-wschodniego. Konieczne staje się zainstalowanie dodatkowego radaru pierwotnego, np. w Rzeszowie, wówczas pole radiolokacyjne będzie wystarczające do zapewniania służby radarowej. Obecnie istniejące pokrycie radarowe (wtórne) jest wystarczające do pełnienia funkcji kontroli ruchu lotniczego w górnej przestrzeni. Wymagane zdublowane pokrycie będzie możliwe po instalacji stacji radiolokacyjnej we Wrocławiu oraz w rejonie Augustowa. Konieczne jest uzupełnienie pokrycia radiolokacyjnego (wtórnego) w dolnej przestrzeni północno-zachodniej i południowowschodniej części kraju poprzez instalację radarów wtórnych, np. w Świdwinie i Rzeszowie. Natomiast do utrzymywania łączności radiowej pomiędzy służbami ruchu lotniczego, a statkami powietrznymi będą wykorzystywane posiadane środki łączności pracujące, w paśmie VHF 118-137 MHz z separacją międzykanałową 25 kHz oraz pracujące w paśmie UKF wykorzystywanym przez NATO. Podkreślić należy, że dokładna analiza upoważnia do stwierdzenia, że pokrycie radarowe jest zapewniane od wysokości 3000 m. Oznacza to, że ruch lotniczy poniżej wysokości 3000 m nie może mieć zapewnionych służb radarowych w całej przestrzeni powietrznej naszego kraju. Oznacza to, że przestrzeń poniżej FL 100 nie może być w pełni wykorzystana we wszystkich warunkach meteorologicznych.. Ponadto wszystkie statki powietrzne, które chcą wykonywać loty w polskiej przestrzeni powietrznej, w której zapewniona jest (lub będzie zapewniana) służba kontroli ruchu lotniczego, powinny być wyposażone w kompatybilne z ICAO transpondery w modzie 3/A i C. Celowe jest zapewnienie transmisji danych z wszystkich stacji do centrum i umożliwienie korzystania z danych lotniczych wszystkim użytkownikom.

Z dostępnych materiałów wynika, że organizacja wojskowych lotnisk kontrolowanych wymaga uzupełnienia infrastruktury lotniskowej w radary wtórne oraz wyposażenia wszystkich wojskowych statków powietrznych w transpondery radaru wtórnego. Problem dotyczy głównie śmigłowców oraz samolotów szkolno - bojowych. Stworzenie pola radiolokacyjnego

dla potrzeb służb ruchu lotniczego wymaga połączenia w sieć istniejących radarów cywilnych i spełniających określone kryteria radarów wojskowych. Obecnie możliwe jest włączenie jedynie stacji radiolokacyjnej typu AVIA-W, która spełnia wymagania przepisów cywilnych. Istniejące wojskowe, automatyczne radionamierniki należy wyposażyć w środki łączności pracujące na częstotliwościach 243 MHz (częstotliwość NATO). Ponadto konieczne jest przeszkolenie kontrolerów wojskowych do obsługi ruchu lotniczego wg procedur cywilnych. Połączenie w sieć radarów cywilnych i wybranych radarów wojskowych zabezpieczy pokrycie radiolokacyjne Polski, ale dopiero od wysokości 3000 m. Należy również stworzyć sieć ATS łączącą cywilne i wojskowe elementy i organa jednolitego systemu ATM. Już w chwili obecnej można zaobserwować działania zmierzające do utworzenia pola radiolokacyjnego ATS w oparciu o:

- istniejące radary pierwotne (przede wszystkim na lotniskach wojskowych);
- istniejące radary wtórne (przede wszystkim na lotniskach cywilnych);
- zaplanowane inwestycje (np.: instalacja radaru we Wrocławiu, transmisja z Wilna);
- wspólne cywilno-wojskowe przedsięwzięcia wynikające z integracji ATS.

Uwzględniając powyższe uwarunkowania oraz przeprowadzone analizy uzasadnione jest stwierdzenie, że opracowana „Koncepcja Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym w Polsce" spełnia wymagania ICAO/NATO przede wszystkim od strony organizacyjno- strukturalnej. Natomiast jest również faktem, że terminy realizacji poszczególnych przedsięwzięć są zbyt krótkie, a więc w konsekwencji nie są dotrzymywane. Budowany system opiera się głównie na obecnie wykorzystywanych środkach radiolokacyjnych, które w znacznej mierze, szczególnie po stronie wojskowej są przestarzałe, nierzadko z kończącym się resursem. Występują braki chociażby ciągłości pola radiolokacyjnego poniżej 3000 m, określenia resursów eksploatacji środków radiolokacyjnych, planów perspektywicznych związanych z wymianą, modernizacją radiolokacyjnych systemów precyzyjnego podejścia na lotniskach wojskowych w celu zapewnienia kompatybilności i interoperacyjności. Z przykrością trzeba stwierdzić, że brak jest również uwzględniania w naszym kraju światowych tendencji rozwoju zautomatyzowanych systemów ATM oraz planów włączenia Polski w międzynarodowe programy badawczo-wdrożeniowe dotyczące tychże systemów i nowych technologii w ATM. Jednak i w naszym kraju zwraca się uwagę na rosnące znaczenie zautomatyzowanych systemów w procesie zarządzaniu przestrzenią powietrzną.

System AMS–2000 Plus (AMS – Air Management System) zainstalowany jest w porcie lotniczym Warszawa – Okęcie i pracuje dla potrzeb ARL (Agencja Ruchu Lotniczego). Jest to nowoczesny system wykorzystywany do kontroli ruchu lotniczego w rejonie odpowie-

działności FIR Warszawa a przeznaczony jest do wspomagania kontrolerów ruchu lotniczego podczas realizowania procedur kierowania ruchem statków powietrznych, wykrywania obiektów powietrznych, przetwarzania danych oraz zapewnienia bezpieczeństwa podczas wykonywanych lotów. W składzie systemu AMS - 2000 Plus znajdują się następujące elementy:

- stacje radiolokacyjne;
- urządzenia sprzęgające stacje radiolokacyjne;
- komputerowy system przetwarzania i transmisji danych;
- sieć stałej łączności lotniczej AFTN;
- stanowiska kontrolerów radarowych (RCW);
- stanowiska techniczne do monitorowania sytuacji powietrznej;
- system do zapewnienia bezpiecznej separacji wysokościowej, odległościowej oraz bocznej.

Aktualnie do systemu podłączone są stacje radiolokacyjne rozmieszczone w następujących miejscowościach: Poznań, Kraków, Pułtusk, Warszawa, Gdańsk, Szczecin, Wrocław, Rzeszów. Stacje te dostarczają informację radiolokacyjną wtórną z wyjątkiem radaru umiejscowionego w Warszawie (ASR-9), który dostarcza informację radiolokacyjną pierwotną. Słabsze pokrycie radiolokacyjne w północno – wschodniej części odpowiedzialności FIR Warszawa planuje wzbogacać w informację radiolokacyjną zakupioną od Litwy w zamian za informację z Gdańska. Stacje rozmieszczone są w ten sposób, że swoim zasięgiem wzajemnie się pokrywają. Ma to szczególne znaczenie w przypadku awarii jednej z nich – pokrycie zostaje automatycznie zastąpione przez sąsiednią.

Każde stanowisko pracy kontrolera obszaru i zbliżania (RCW) wyposażone jest w 2 kolorowe monitory (w tym 1 zapasowy) zobrazowania sytuacji powietrznej o przekątnej 40''. Na ekranie monitora kontroler ma możliwość odczytania wielu cennych informacji dotyczących statku powietrznego a niezbędnych do zarządzania przestrzenią powietrzną:

- identyfikację statku powietrznego;
- wysokość lotu;
- prędkość lotu;
- kurs;
- trasę lotu z wyliczeniem czasowym PZK i PKT;
- ostrzeżenie o możliwej kolizji oraz zmianie warunków lotu;
- posiadanych urządzeniach pokładowych (np. rdst. Rdest separacją 8,33 kHz);
- zmianie planu lotu.

System AMS-2000 Plus posiada szeroki zakres możliwości, do których zalicza się m.in.:

- jednoczesną współpracę z maksymalnie 14 źródłami informacji radiolokacyjnej;

- automatyczne wykrywanie i przetwarzanie danych lotu dla 500 obiektów wykonujących jednocześnie loty (pozostałe obiekty są wykrywane bez obróbki danych);
- zobrazowanie sytuacji powietrznej z możliwością wyboru skali;
- identyfikację statków powietrznych;
- współpracę z siecią AFTN;
- zapewnienie bezpieczeństwa lotów zgodnie z koncepcją RVSM;
- podkład graficzny (mapa) zobrazowanie między innymi: granic państwa, korytarzy powietrznych, ważniejszych miast, stref;
- wykrywanie niebezpiecznych zjawisk atmosferycznych;
- archiwizację informacji o sytuacji powietrznej.

Stosowane w kontroli i kierowaniu ruchem lotniczym radary dzielą się na: kontroli obszaru, kontroli lotniska, kierowania lądowaniem na ścieżce zniżania, kontroli ruchu na lotnisku. Do najbardziej znanych na świecie firm produkujących radary należą: francuski CSBI THOMSON, holenderski PHILIPS, angielska DECCA i MARCONI, amerykański TEXASS, niemiecki TELEFUNKEN, WESTINGHOUSE. Rola radaru w kontroli ruchu lotniczego wzrasta wraz ze wzrostem intensywności lotów. Stał się on nieodzownym źródłem informacji dla służb kontroli ruchu lotniczego i systemów obrony powietrznej wielu krajów. Umożliwia on we współpracy z radarem wtórnym dokładne zobrazowanie sytuacji powietrznej na stanowisku pracy kontrolera oraz odbiór informacji przekazywanej przez transpondery, na statkach powietrznych o wysokości lotu jak i o niebezpiecznych sytuacjach w locie (utrata łączności, obca ingerencja, itp.). Ponadto personel naziemny kontroli lotów może ostrzegać załogi w powietrzu o grożącym im niebezpieczeństwie ze strony innych użytkowników przestrzeni powietrznej lub niebezpiecznych zjawiskach pogody. Sprawne funkcjonowanie organów kontroli ruchu lotniczego uzależnione jest od jakości i ilości posiadanego wyposażenia technicznego, osiągnięcia wymaganego pokrycia radiolokacyjnego środków łączności radiowej i przewodowej oraz środków automatyzacji przetwarzania danych. Wymaganiom tym jak dotychczas sprostała jedynie cywilna służba kontroli na sprzęcie, której funkcjonuje wojskowe centrum kontroli obszaru. Wspomniane elementy kontroli bazują na systemie AMS-2000, który składa się z trzech segmentów, nazywanych w literaturze podsystemami. Należą do nich część radarowa łączności i automatyzacji. Źródłem danych o sytuacji powietrznej dla tego systemu są:

- dwa radary pierwotne AVIA – CM z ekstraktorami firmy TELEFUNKEN, zainstalowane w Pułtusku i Poznaniu
- trzy monoimpulsowe radary wtórne WESTINGHOUSE zainstalowane w Warszawie, Pułtu-

sku i Poznaniu

- zbliżeniowy radar pierwotny ASR - 9 zainstalowany w Warszawie
- dwa obszarowo zbliżeniowe radary pierwotne i wtórne zainstalowane w Gdańsku i Krakowie.

Informacje pochodzące z wymienionych powyżej radarów przekazywane są na Okęcie i przetwarzane w systemie komputerowym według algorytmu wielowarstwowego śledzenia, co zapewnia zachowanie ciągłości i dokładności identyfikacji, poprawę oceny odległości i rozróżnialności. Jest to system, który odpowiada wymaganiom współczesnej kontroli ruchu lotniczego.

System TRACER – 500 jest też jednym z najnowszych systemów kontroli ruchu lotniczego. Jest on wzorowany na światowych rozwiązaniach typowych dla systemów przeznaczonych do obsługi ruchu lotniczego o średnim natężeniu . System ten zbudowany jest w oparciu o dostępny na rynku sprzęt komputerowy klasy IBM PC/486 renomowanych firm światowych. Zastosowane w systemie monitory kolorowe o dużej rozróżnialności wyposażone są w lampy obrazowe firmy SONY .Sprzężenie ze stacją AVIA (zmodernizowaną) zrealizowane jest za pośrednictwem ekstraktora sygnałów radiolokacyjnych B 3X-10 .

System TRACER-500 jest przeznaczony dla lotniskowych i okręgowych obiektów ruchu lotniczego. Transmisja informacji radiolokacyjnej odbywa się łączami wąsko - pasmowymi (telefonicznymi) co umożliwia umieszczenie systemu w praktycznie dowolnej odległości od stacj radiolokacyjnej. Podstawową jednostką konfiguracji sprzętowej jest stanowisko pracy kontrolera składające się z następujących elementów: komputera kompatybilnego IBM PC/486 zawierającego specjalizowaną kartę grafiki, monitora kolorowego wyposażonego w lampę obrazową firmy SONY, klawiatury, manipulatora kulowego. System TRACER-500 może składać się z dowolnej liczby wymienionych powyżej stanowisk pracy. W przypadku, gdy stanowiska pracy w tym systemie są oddalone od źródła informacji radiolokacyjnej i transmisja odbywa się poprzez dzierżawione łącza telefoniczne, w konfiguracji sprzętowej trzeba uwzględnić modemy (dwie sztuki dla każdej linii telefonicznej). Ze względów niezawodnościowych zaleca się korzystanie z przynajmniej dwóch niezależnych linii telefonicznych. W celu kontroli ekstraktora oraz poprawności przesyłanych do systemu TRACER-500 informacji radiolokacyjnych, w skład konfiguracji może wchodzić stanowisko techniczne składające się z: komputera kompatybilnego z IBM PC/386, monitora kolorowego SVGA 14, klawiatury, myszy. Rolę stanowiska technicznego może pełnić jedno wydzielone stanowisko operacyjne wzbogacone o funkcje kontrolne. System TRACER-500 powinien realizować następujące funkcje :

- zapewniać śledzenie co najmniej 100 obiektów;
- zastosowane algorytmy śledzenia powinny umożliwiać śledzenie samolotów komunikacyjnych (w zakresie prędkości od 160 do 3000 km/h i prędkości kątowej 3°/sek) jak również manewrujących (maksymalne przyspieszenie dośrodkowe 6g, liniowe 2g);
- podtrzymywać śledzenie w przypadku utraty danych z radaru przez okres równy sparametryzowanej liczbie obrotów anteny (1 - 5);
- umożliwiać przerwanie śledzenia wszystkich obiektów lub wskazanych przez operatora;
- udostępniać zawartość i umożliwiać uzupełnianie bazy informacji dotyczącej planów lotów, realizowanych ćwiczeń , zawodów lotniczych , stanów pogody itp.;
- umożliwiać zobrazowanie obiektów;
- zapewniać możliwość odznaczenia obiektu znajdującego się na przykład w niebezpiecznej sytuacji;
- zapewniać zobrazowanie systemowe (czas , datę, skalę odległości) oraz komunikaty systemowe (ostrzeżenia, informacje o błędach);
- umożliwiać zmianę skali zobrazowania od l0 km do 220 km ze skokiem co l0 km;
- umożliwiać przesuwanie środka zobrazowania w położenie wskazane kursorem;
- zapewnić możliwość zobrazowania mapy dróg lotniczych, pomocy nawigacyjnych, przeszkód terenowych itp. oraz siatki azymutalno – odległościowej;
- realizować archiwizację pracy systemu.

Radar zbliżeniowy ASR - 9 jest jednym z elementów systemu AMS - 2000 Plus. Zapewnia on najwyższej klasy kontrolę przestrzeni powietrznej poprzez zaoferowanie nowych opcji jeszcze do niedawna nie spotykanych w radarach kontroli ruchu lotniczego. Dzięki tym opcjom kontroler ma możliwość jednoczesnego, jasnego i przejrzystego zobrazowania wszystkich statków powietrznych znajdujących się w przestrzeni powietrznej. Zapewnia to maksimum bezpieczeństwa każdemu personelowi latającemu, pasażerom i statkom powietrznym przelatującym codziennie przez strefę nadzorowaną przez kontrolera. ASR - 9 dostarcza bardzo dokładnej informacji o położeniu statków powietrznych w całym swym zasięgu 60 mil nautycznych i to nawet w skrajnie ciężkich warunkach pogodowych, w przypadku występowania przeszkód terenowych, naturalnych i sztucznych interferencji oraz ruchu pojazdów. Zastosowany algorytm dokonuje porównania danego echa radarowego z oczekiwanym echem odniesienia dla jednego statku powietrznego i jeżeli echo nie pasuje do szerokiego wachlarza ech porównawczych to system zgłasza wykrycie dwóch oddzielnych obiektów. W ten sposób kontroler może bezpiecznie odseparować wszystkie statki powietrzne wykonujące lot blisko siebie na jednakowym azymucie. Równie ważna dla wykrycia każdego statku powietrznego w

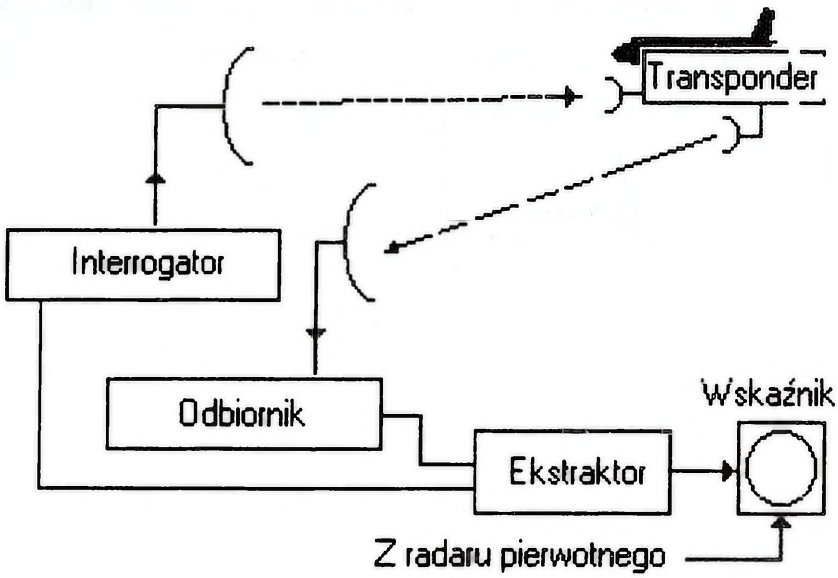
przestrzeni jest zdolność rozdzielcza w odległości. Metoda przetwarzania danych dotyczących odległości stosowana w ASR - 9 zapewnia wykrycie statku powietrznego zarówno w bezpośredniej bliskości jak i w dużym oddaleniu. Toteż system ma możliwość zobrazowania kontrolerowi małego samolotu w bezpośredniej bliskości dużego, co stanowi podstawowy wymóg zachowania bezpieczeństwa w zatłoczonej przestrzeni powietrznej. W ASR-9 zastosowano detektor obiektów ruchomych, który składa się z podwójnych dopplerowskich filtrów (500 tysięcy komórek) dających pewność , że wszystkie statki powietrzne zostały wykryte i stale są wskazywane. Dodatkowo ASR - 9 daje przeciętnie najwyżej jedno fałszywe echo na jeden cykl przeszukiwania od źródeł takich jak: zakłócenia bierne, pogoda i ruch uliczny .Wszystkie te udogodnienia składają się na przedstawienie kontrolerowi klarownych pozbawionych zakłóceń wskazań z zawartymi wszystkimi informacjami, zwiększając bezpieczeństwo pasażerów poprzez wyeliminowanie rozproszenia i zmęczenia kontrolerów. Wykrycie, obróbka i wyświetlenie informacji o pogodzie jest ważne dla kontrolera i prowadzącego statek powietrzny. Radar łączy w sobie możliwości liniowej i kołowej polaryzacji oraz realizuje pełen proces detekcji obiektów ruchomych, co poprawia wykrywalność statku powietrznego w stosunku 1000/1 względem obecnych systemów. ASR - 9 prezentuje dwa stopnie natężenia warunków pogodowych na wyjściu. Informacja o pogodzie jest prezentowana poprzez dwa poziomy jasności na ekranie. Oddzielne kanały analizy pogody tworzą podział warunków na sześć stopni, z których każde dwa mogą być wybrane przez kontrolera do wyświetlenia na ekranie. ASR - 9 osiąga bezawaryjność około 99.98% lub cztery godziny możliwości wystąpienia awarii na rok. W radarze zastosowano technikę dwukanałową ze wspólną anteną, co oznacza dla przykładu, że modulator może pracować z pełną mocą pomimo utraty 20 % swoich elementów przełączeniowych. Ponadto połączenie z wbudowanym w każdy podzespół detektorem usterek daje średni czas między przestojowy równy 3500 godzin. ASR - 9 zawiera w sobie system zdalnego utrzymania, który jest wbudowanym skomputeryzowanym „specjalistą dozom technicznego", a jego zadanie polega na ciągłej kontroli radaru, jego wydolności, mocy zasilania. ASR - 9 może współpracować z innymi współczesnymi radarami wtórnymi a jego zasadnicze parametry to: częstotliwość 2700 - 2900 MHz, zasięg 60 NM, nadajnik klistron, moc impulsu 1,3 MW na kanał, wzmocnienie 55 dB.

MSSR firmy WESTINGHOUSE jest monoimpulsowym wtórnym radarem przeznaczonym do kontroli ruchu lotniczego, który umożliwia wykrywanie statków powietrznych wyposażonych w transpondery (ATCRBS). Radar ten dostarcza o wiele bardziej dokładniejsze dane niż obecnie stosowane niemonoimpulsowe radary wtórne. Przyczyną takiego stanu rzeczy są udoskonalone rozwiązania techniczne elementów składowych. Zasadne jest podanie, że do

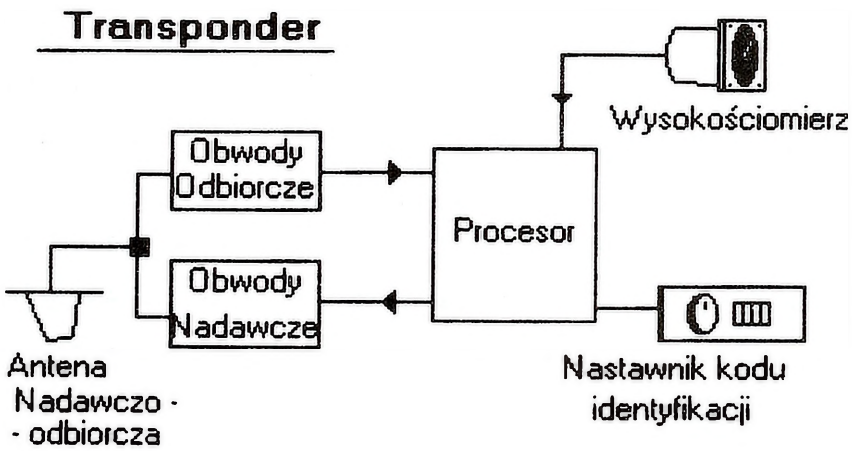
podstawowych nowości w radarze MSSR zalicza się m.in.: udoskonaloną metodę wysyłania promieniowania, identyfikację i edycję obiektów fałszywych, zredukowane tempo wysyłania zapytań. System radarowy MSSR posiada zespół antenowy, dwa kanały wysyłania impulsów sondujących, których zadaniem jest dostarczenie treści zapytań do urządzeń pokładowych statków powietrznych, zdublowany układ do przetwarzania określonych danych oraz zestaw służący do zobrazowania numerów podzespołów wymagających konserwacji. Bardzo rozbudowany jest układ przetwarzania danych, który zawiera procesory do obróbki odpowiedzi otrzymanych od obiektów, dekoderów , układów scalonych do wyznaczania kątów wysyłania i odbioru impulsów oraz tzw. tracker'a czyli układu do minimalizowania efektów związanych z powstawaniem fałszywych wskazań obiektów śledzonych. Kluczowym elementem radaru MSSR jest monoimpulsowy odbiornik i procesor, które służą do odbioru odbitych fal elektromagnetycznych oraz przetwarzania zawartych w nich informacji do postaci danych w określonym formacie. Obliczanie azymutu w radarze oparte jest na sumowaniu odczytów z poszczególnych segmentów antenowych. Technika monoimpulsowa pomiaru azymutu pozwala na uzyskiwanie większych dokładności. Eksperymentalne pomiary dotyczące porównywania sprzętu monoimpulsowego do obecnie stosowanych radarów wtórnych wykazały, że metoda pomiaru oparta na wysyłaniu pojedynczych impulsów pozwala uzyskać pięciokrotnie większą dokładność pomiaru azymutu (0.1°) a także znaczny wzrost niezawodności w nanoszeniu zobrazowania na ekran .

Zasada pracy radaru wtórnego MSSR (rys. 21) polega na tym, że nadajnik wysyła kierunkowo ciągi impulsów (identycznie jak w radarze pierwotnym) – zapytania na częstotliwości 1030 MHz. Poprzez antenę transpondera znajdującą się na statku powietrznym, zapytanie zostaje odebrane i następnie jest analizowane na pokładzie statku powietrznego. Jeżeli zostanie zidentyfikowane jako prawidłowe to transponder (rys. 22) udziela odpowiedzi innym ciągiem impulsów na częstotliwości 1090 MHz. Udzielona odpowiedź odebrana jest przez radar wtórny i trafia do urządzenia zwanego ekstraktorem radaru wtórnego, którego zadaniem jest odrzucenie tzw. "śmieci", czyli zniekształconych odpowiedzi czy przypadkowo odebranych odpowiedzi na zapytania innych radarów. Następnie odbywa się proces sprawdzenia współrzędnych statku powietrznego, jego kodu i wysokości (o ile użytkownicy posiadają na swoich pokładach urządzenia pracujące w modach C i S) i po tej wstępnej obróbce określone dane trafiają do komputera systemu kontroli ruchu lotniczego, który pozwoli w odpowiedni sposób zobrazować żądane dane na ekranie kontrolera (rys. 23). Podkreślić należy, że w takim przypadku obok echa radaru pierwotnego zostanie wyświetlony kod, wysokość i wyliczona prędkość. Natomiast w przypadku, gdy kod odpowiada któremuś złożonemu planowi lotu lub

zgłoszonemu i wprowadzonemu do systemu to w specjalnej tabeli, na ekranie wskaźnika lub na oddzielnym monitorze (w zależności od konkretnego rozwiązania), zostanie wyświetlony także skrócony plan lotu i inne potrzebne dane. Stosowane aktualnie mody zostaną zaprezentowane w kolejnym rozdziale, podczas prezentacji transponderów.



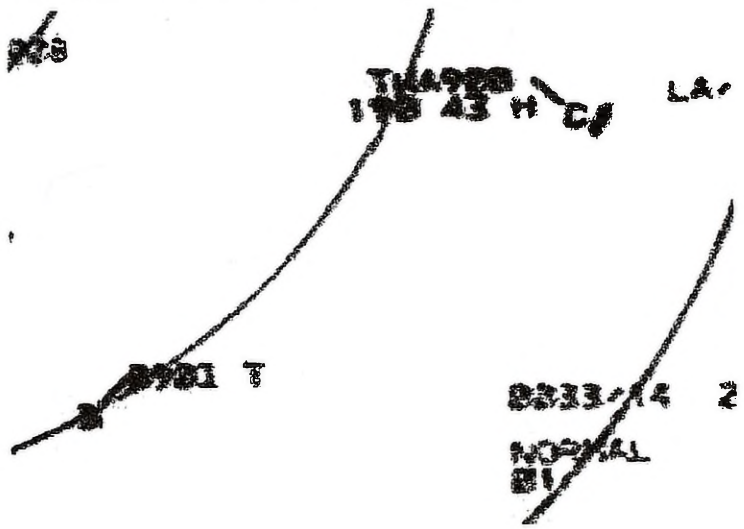
Rys. 21. Zasada pracy radaru wtórnego MSSR



Rys. 22. Transponder współpracujący z radarem wtórnym

Dla przykładu przedstawiony jest wybrany wycinek z ekranu radarowego (rys. 23). Dla lepszego zobrazowania została zrobiona konwersja tego wycinka, bowiem wiadomo, że ekran radarowy nie jest koloru białego. W lewym dolnym rogu można zauważyć statek powietrzny o kodzie 0901udzielający odpowiedzi modem 3/A. Natomiast nieco wyżej i bardziej w prawo

zobrazowany jest statek powietrzny i możliwe jest odczytanie następujących jego parametrów: rejs TWA 900, poziom lotu 190 (podawany w setkach stóp, czyli faktyczna wysokość wynosi 19000 stóp), prędkość 430 węzłów (wielkość podawana w dziesiątkach), litera H oznacza klasę samolotu "heavy" (ciężki np. Boeing 747). Natomiast ukośna plamka wskazuje dokładną pozycję statku powietrznego - widoczne świeżo podświetlone echo pierwotne. Jeszcze podana jest litera przy znaczniku echa radarowego, która informuje, że łączność z tym statkiem powietrznym utrzymywana jest przez kontrolera pracującego na stanowisku C.



Rys. 23. Informacje dotyczące statku powietrznego na wycinku ekranu kontrolera

Powyżej przedstawiony został typowy, cywilny radar wtórny. Jednak w wojsku również wykorzystuje się do nadzoru cywilnego i wojskowego ruchu lotniczego systemy działające na zasadzie radaru wtórnego. Toteż podobnie jak w radarze wtórnym wysyłane są zapytania i odbierane odpowiedzi z transponderów. Różnica polega na tym, że służą do tego zespoły nieruchomych anten kierunkowych, a same zapytania wysyłane są znacznie rzadziej. Za cały system obróbki i zobrazowania danych służy ekstraktor i prosty system komputerowy. Dokładność takich urządzeń jest niewielka, ale w zupełności wystarcza do sprawdzenia czy zgłoszony statek powietrzny jest (z grubsza gdzie jest). Tak funkcjonuje z grubsza używany przez polskie siły powietrzne system występujący pod kryptonimem „Supraśl". Natomiast specyficzną, typowo wojskową odmianą radaru wtórnego jest system IFF (Identification Friend or Foe - identyfikacja swój czy wróg). W tym przypadku transponder IFF odpowiada na kodowane zapytania również kodowanym sygnałem rozpoznawczym. Względy bezpieczeństwa, militarne, ochrona przed rozpoznaniem i identyfikacją przez wroga i szereg innych przesłanek powoduje, że kod jest utajniony i zmieniany codziennie, a w razie potrzeby nawet kilkakrot-

nie w ciągu doby. Nowe konstrukcje transponderów IFF oprócz swojego trybu pracy mogą również współpracować z cywilnymi ośrodkami kontroli i odpowiadać modami 3/A, C i S. Również i te zagadnienia szerzej będą przedstawione w następnym rozdziale.

Radiolokacyjna stacja AVIA-V przeznaczona jest do kontroli i kierowania ruchem lotniczym w przestrzeni powietrznej objętej odpowiedzialnością danego lotniska. Stąd też zapewnia ona obserwacje statków powietrznych w promieniu swojego działania i umożliwia rozpoczęcie przez nie procedury podejścia poprzez sprowadzenie ich w początkowy punkt ścieżki zniżania. Zasadniczym elementem składowym stacji radiolokacyjnej AVIA-V jest urządzenie antenowe, które składa się z: kabiny podantenowej, bloku podstawy anteny, bloku antenowego. Lustro anteny ma wymiary 12 x 4 m i ciężar 3 ton. Wysokość zawieszenia anteny (ognisko reflektora) wynosi 12 – 25 m. Wysokość wieży ustalana jest indywidualnie dla każdego miejsca dyslokacji w zależności od ukształtowania terenu. Układ napędu zapewnia obroty anteny od 10 do 15 obr/min przy prędkości wiatru do 30 m/s. Układ napędu pracuje w systemie automatycznej rezerwy, przy czym zapewnione jest automatyczne włączanie się do pracy układu rezerwowego również w przypadku przeciążenia układu pracującego. Urządzenie nadawcze zamontowane jest w standardowym odpowiednio adoptowanym kontenerze, którego masa z aparaturą i wyposażeniem wynosi około 10 ton. Urządzenie odbiorcze zamontowane w kontenerze, którego masa z aparaturą i wyposażeniem wynosi 7 ton. Aparatura techniczna i wskaźniki stacji (wskaźniki WPS-10, bloki transmisji i zasilania oraz centralny pulpit sterowniczy) montuje się w pomieszczeniach portu lotniczego. Zasadniczo jeden wskaźnik montuje się w pomieszczeniu operacyjnym a drugi wykorzystywany także jako wskaźnik techniczny i centralny pulpit sterowniczy, powinien być montowany w pomieszczeniu aparatury końcowej lub w pomieszczeniu operacyjnym. System sterowania i sygnalizacji stacji zasilany jest ze stałego źródła napięcia +24 V. W obwodach logicznych tego systemu zastosowano półprzewodnikowe układy logiczne typu „Logister". Stacja AVIA-V charakteryzuje się dobrymi wskaźnikami niezawodnościowymi z uwagi na zastosowanie dwóch kanałów nadawczo – odbiorczych oraz tzw. „gorącej rezerwy" w takich układach jak:

- regulator napięcia sieci zasilającej stację,
- źródło napięcia + 24V,
- układ napędu anteny,
- konwerter „kąt – cyfra" (źródło danych azymutu),
- czasoster,
- system transmisji szerokopasmowych.

Do zasadniczych parametrów taktyczno – technicznych istotnych z punktu widzenia użytkownika, zalicza się:

1. Zasięg stacji dla skutecznej powierzchni odbijającej – 2 m kwadratowe przy 15 obr/min, prawdopodobieństwo wykrycia 80%, poziomie fałszywego 10 (-6) i wysokości lotu H większe lub równe 1000m przy pracy w kanale pierwszym – 100km
2. Pułap wykrywania (warunki jak w punkcie pierwszym) – 10 km
3. Strefa obserwacji w płaszczyźnie poziomej – 360 stopni
4. Dokładność określania azymutu $+1^{o}$
5. Dokładność określania odległości 1% zakresu
6. Rozróżnialność obiektów:
   - w odległości 300m lub 0,6% zakresu
   - w azymucie $1,5^{o}$
7. Częstotliwość pracy: 1310 + 5 MHz, 1346 + 5 MHz
8. Moc w impulsie 0,9 MV
9. Średnia częstotliwość powtarzania 984 imp/sek
10. Zakres działania SCR do 100 km
11. Szybkość obrotów anteny 10/15 obr/min
12. Czas uruchomienia stacji 10 min
13. Prawidłowa praca systemu antenowego przy szybkości wiatru do 30 m/s
14. Wytrzymałość systemu antenowego przy szybkości wiatru do 50 m/s

Radiolokacyjna stacja AVIA-CM przeznaczona jest do kontroli i kierowania ruchem lotniczym w korytarzach powietrznych. W obiekcie PUŁTUSK stacja AVIA-CM wraz z ekstraktorem sygnałów radiolokacyjnych tworzą głowicę radiolokacyjną, na wyjściu której uzyskuje się sygnały informacji radiolokacyjnej radaru pierwotnego w postaci cyfrowej, transmitowane następnie łączem wąskopasmowym do Warszawy. Do zasadniczych danych ogólnych zalicza się:

- pracę w paśmie L, dogodnym z punktu widzenia minimalizacji poziomu zakłóceń meteorologicznych,
- trzy kanały nadawczo-odbiorcze, z których każdy może pełnić rolę tak kanału roboczego jak i rezerwowego, podstawowy rodzaj pracy to dwa kanały w stanie pracy operacyjnej (podwójne diveristy częstotliwości) i w każdym kanale w obszarach niskim poziomie zakłóceń (diversity polaryzacji) trzeci kanał w stanie pogotowia (automatyczna „gorąca linia"),
- polaryzację wypromieniowanej fali elektromagnetycznej zapewniające znaczne tłumienie zakłóceń meteorologicznych,

- system pracy adaptacyjnej zapewniający automatyczne dopasowanie parametrów toru odbioru i obróbki sygnałów do zmieniających się warunków meteorologicznych,
- dwuwiązkowy system antenowy zapewniający poprawę wykrywania „ech" od statków powietrznych na tle ech od obiektów stałych,
- zastosowanie pętli sprężenia zwrotnego zabezpieczającej przed nadmierną liczbą fałszywych wykryć sygnałów radiolokacyjnych,
- zastosowanie kanału meteo umożliwiającego zobrazowanie obiektów meteo w postaci pozwalającej na lokalizację chmur i obiektów potencjalnie niebezpiecznych dla ruchu lotniczego,
- zastosowanie „gorącej linii".

Stacja w miejscu usytuowania przy obserwacjach (zobrazowanie analogowe) statków powietrznych o skutecznej powierzchni odbijającej 2 m^2 przy PFA=10^{-6} zapewnia (PFA-prawdopodobieństwo fałszywego alarmu):

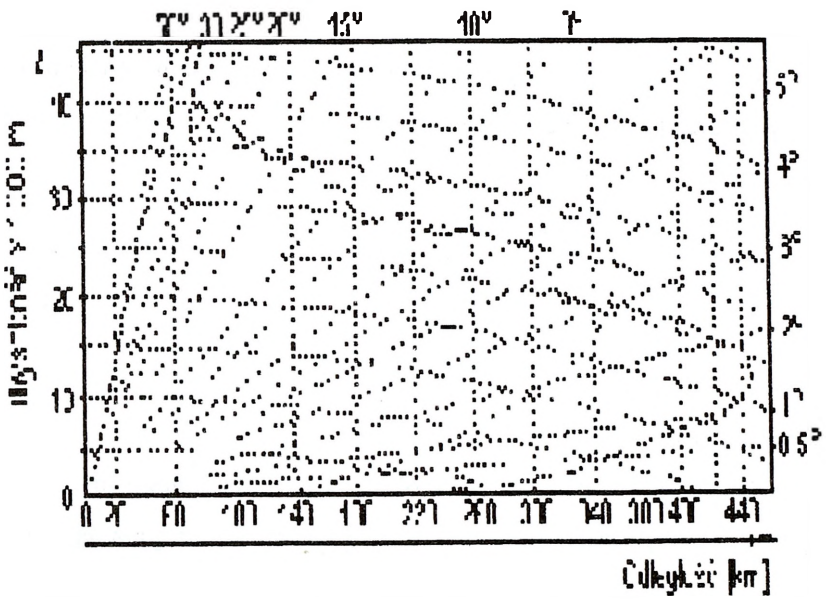
a) zasięg z PD = 0,8 (prawdopodobieństwo wykrycia)
   na H = 1000m – 110km
   na H=4500m – 220km
   na H=10 000m – 280km
   na H=12 000m – 290km
b) wykrywanie z PD=0,8 w 90% bliskiego obszaru (wyznaczonego przez kąt elewacji 30°, H=10 000km i odległość do 50km) SP poruszającego się z optymalną prędkością promieniową.

Do zasadniczych parametrów istotnych z punktu widzenia użytkownika, zalicza się:

- prędkość obrotowa anteny 5 obr/min;
- napięcie zasilające 220V/330V+3%, 50Hz+2%;
- odporność na wiatr z oblodzeniem 10 mm do 30 m/s;
- system antenowy:
  rodzaj anteny – reflektor paraboliczny, kształtowany 13x9m
  pasmo pracy 1300-1400MHz
  kąt pochylenia anteny od 0° – 3° – regulacja ręczna

Bardzo istotnym zagadnieniem jest charakterystyka zasięgowa radaru. Jest sprawą wiadomą, że od radaru wymaga się przede wszystkim właściwego zasięgu i dobrej widzialności na tle odbić od powierzchni ziemi. Natomiast w zależności od założonego zastosowania precyzowane są wymagania dotyczące zasięgu. W związku z tym radary kontroli zbliżania wymagają zasięgu 120 - 150 km w szerokim zakresie wysokości i możliwie małego tzw."stożka

martwego" nad anteną. W przypadku radaru kontroli obszaru wymaga się już zasięgu około 300 km i większego w zakresie wysokości przelotowych. Istnieje jeszcze kategoria radarów trasowych, które wymagają niejako własności pośrednich. Pożądany kształt charakterystyki radaru uzyskuje się przez złożenie jej z dwóch wiązek: dolnej wiązki aktywnej (nadawczo - odbiorczej, o kształcie wydłużonego listka) i górnej wiązki pasywnej (tylko odbiór), której kształt jest poetycko nazywany cosecans. W celu zilustrowania tego zagadnienia przedstawiona została charakterystyka stacji radiolokacyjnej kontroli obszaru Telefunken LP-23b (rys. 24). Linią przerywaną zaznaczony został kształt wiązki aktywnej a ciągłą wiązki pasywnej. Linie wysokości są poprowadzone równolegle do powierzchni Ziemi.



Rys. 24. Charakterystyka stacji radiolokacyjnej kontroli obszaru Telefunken LP-23b

Kiedy obiekt jest poza zarysem charakterystyki nie oznacza to wcale, że radar go nie zobaczy. Powyższy wykres sporządzono dla prawdopodobieństwa wykrycia równego 0.9. Obrazowo, choć niezbyt dokładnie, można powiedzieć, że przy co dziesiątym obrocie anteny obiekt na granicy charakterystyki może nie zostać wyświetlony na wskaźniku. Prawdopodobieństwo wykrycia zależy między innymi od tak zwanej skutecznej powierzchni odbicia obiektu i średniej wartości mocy, wypromieniowanej przez radar. Skuteczną powierzchnię odbicia można określić jako pole powierzchni odbijającej prostopadłej do toru impulsu sondującego, dającej taki sam średni poziom sygnału odbitego jak dany samolot. Statki powietrzne mają dość skomplikowane kształty. Zatem rzeczywista powierzchnia odbicia bardzo silnie zależy od tego, z której strony samolot jest oświetlany przez radar. Charakterystyka radaru LP-23b została zmierzona dla obiektu o skutecznej powierzchni 2 m^2, co odpowiada większej awionet-

ce. Przeciętny samolot komunikacyjny wykazuje się skuteczną powierzchnią odbicia 20 - 40 m, głowica rakiety balistycznej około 0.1 m^2, człowiek 0.8 m^2. Innym ważnym parametrem związanym z charakterystyką jest prawdopodobieństwo fałszywego alarmu. Otóż odbite od celu resztki impulsu sondującego są bardzo słabe. Odbiornik radaru musi odróżnić coś co jest słabym odbiciem od zakłóceń i spóźnionych odbić spoza zasięgu. Prawdopodobieństwo fałszywego alarmu określa na ile przypadków zdarzy się jednorazowe wyświetlenie fałszywego echa.

6. TRANSPONDERY W ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMACH KONTROLI PRZESTRZENI POWETRZNEJ

System kodowo – impulsowy transpondera radiolokacyjnego znalazł powszechne zastosowanie w lotnictwie wojskowym w procesie identyfikacji „swój – obcy", dzięki któremu możliwe jest określenie przynależności państwowej – do sojuszu określonego obiektu powietrznego. System identyfikacji składa się z części pokładowej i naziemnej. Część pokładową systemu stanowią urządzenia odpowiadające - transpondery lub urządzenia zapytująco – odpowiadające, które są montowane w przypadku, gdy statek powietrzny posiada wielofunkcyjny radar pokładowy. Zasadne jest podanie, że zestaw pokładowy może być montowany zarówno na statkach powietrznych, jak i na okrętach, w czołgach, transporterach opancerzonych, w przeciwlotniczych zestawach rakietowych i innych. Natomiast część naziemną stanowią urządzenia zapytujące, pracujące w zakresach: radiowym, radiolokacyjnym lub laserowym. W chwili obecnej w lotnictwie szerokie zastosowanie znalazły transpondery radiolokacyjne.

System identyfikacji, pracujący w zakresie radiolokacyjnym, składa się z zapytujących naziemnych stacji radiolokacyjnych i odpowiadających transponderów pokładowych. Wśród stacji radiolokacyjnych, są stacje radiotechnicznego systemu lądowania oraz stacje wykrywania i naprowadzania, pracujące w pasmach L, S, X. System wykorzystywany jest głównie w rejonach lotnisk. Transponder po odebraniu sygnału zapytania stacji radiolokacyjnej deszyfruje ten sygnał, a następnie generuje, właściwy dla sygnału zapytania, sygnał odpowiedzi. W sygnale odpowiedzi mogą być przekazywane (od naziemnej części systemu) pewne informacje dodatkowe, np. o numerze bocznym samolotu, wysokości lotu, pozostałości paliwa w zbiornikach czy sytuacji awaryjnej. Sposób pracy systemu identyfikacji determinuje funkcjonalne rozwiązanie transpondera radiolokacyjnego. Sygnały zapytania, wypromieniowywane

przez stacje radiolokacyjne, po odebraniu przez system anten odbiorczych przechodzą przez tory odbiorcze. Tory odbiorcze mogą składać się z:

- filtru wysokiej częstotliwości (w.cz.), prowadzącego selekcję sygnałów pod względem częstotliwości;
- ogranicznika zabezpieczającego odbiornik w.cz. przed zniszczeniem energią fali elektromagnetycznej;
- detektora, przeznaczonego do odtworzenia sygnału wizyjnego całego zakresu mikrofal;
- przedwzmacniacza wizyjnego i układu dopasowania, przystosowujących poziom sygnału toru odbiorczego do poziomu sygnałów części impulsowej (systemu kodowo-impulsowego).

Elementy toru odbiorczego mogą być również zintegrowane. Umożliwiają to technologie akustycznej fali powierzchniowej oraz technologia mikrofalowych układów scalonych. Układy mikrofalowe, wykonywane w technologii akustycznej fali powierzchniowej, są mniejsze, tańsze i bardziej niezawodne. Obecnie w technologii tej wykonywane są linie opóźniające, filtry pasmowe i korelacyjne, w zakresie częstotliwości do około 1,5 GHz. Technologia mikrofalowych układów scalonych może posłużyć do wykonania detektora w.cz., wykorzystującego jako element detekcyjny diodę Schottky`ego. Wymienione elementy zintegrowanego toru odbiorczego uzupełniają anteny pasmowe, mające wiele zalet, w tym małe wymiary. Anteny te mogą pracować do częstotliwości około 50 GHz. Sygnały zapytania, po przejściu przez tor odbiorczy i dopasowaniu do poziomu TTL, przekazywane są do cyfrowego systemu kodowo – impulsowego. W systemie tym następuje: pomiar szerokości impulsów, pomiar odległości między impulsami i generacja impulsów odpowiedzi. Impulsy odpowiedzi przekazywane są do toru nadawczego, składającego się z: modulatora sterującego pracą generatora w.cz., który wytwarza sygnały o częstotliwościach zakresu mikrofal, anteny nadawczej, wypromieniowującej w przestrzeń sygnały odpowiedzi. Oznacza to, że transponder radiolokacyjny składa się z części mikrofalowej (przeznaczona jest do odebrania sygnałów zapytania i wypromieniowania sygnałów odpowiedzi) i części impulsowej (do selekcji ze wszystkich odbieranych sygnałów tych o odpowiednich parametrach oraz do generacji właściwego sygnału odpowiedzi na dany kod sygnału zapytania).

System kodowo – impulsowy wśród sygnałów przechodzących przez tor odbiorczy transpondera wyróżnia impulsy o odpowiedniej szerokości (czasie trwania t_i) oraz grupy impulsów o odpowiedniej szerokości i odległości. Jest sprawą wiadomą, że impulsy te stanowią różne zapytania, w różnych rodzajach pracy, na które system generuje właściwe impulsy odpowiedzi. Do impulsów odpowiedzi mogą być dołączane dodatkowe informacje (np. wysokość lotu,

pobierane są z urządzeń pokładowych samolotu), przekazywane w tzw. słowie informacyjnym. Zadania części impulsowej transpondera mogą być zrealizowane przez system kodowo – impulsowy. Sygnały zapytania po detekcji, wzmocnieniu i standaryzacji do poziomu TTL w odpowiednich torach odbiorczych, za pomocą toru transmisji przesyłane są do systemu kodowo – impulsowego. Impulsy zapytania – odbierane w pasmach L, S, X poprzez sumator wejściowy – podawane są jednym torem do dyskryminatora szerokości impulsów. Po przepuszczeniu przez dyskryminator (do dalszej analizy w odpowiednich torach) impulsów o pożądanym czasie trwania, następuje deszyfracja odległości między przednimi zboczami kolejnych impulsów. Dla odpowiednich kodów impulsów deszyfrator odległości pomiędzy impulsami odległości uruchamia generator odpowiedzi. Do impulsów odpowiedzi może być dołączone słowo informacyjne, zawierające wymienione informacje dodatkowe pobierane do systemu za pomocą przetworników analogowo-cyfrowych. Impulsy odpowiedzi podawane są do sumatora wyjściowego systemu. System kodowo – impulsowy wymaga zastosowania układu rozrzedzania informacji, losowo ograniczającego liczbę odpowiedzi transpondera. Impulsy odpowiedzi przekazywane są do mikrofalowego toru nadawczego za pomocą linii transmisji. Rodzajami pracy systemu steruje odpowiedni przełącznik (PRP). System kodowo – impulsowy zaprojektowany został na podstawie układów TTL i układów LSI NMOS.

Układ dyskryminatora służy do mierzenia szerokości impulsów, odbieranych przez część mikrofalową transpondera oraz do wyselekcjonowania właściwych impulsów. Zasadniczym elementem układu jest pamięć stała – może to być PROM o organizacji 256X4 bity lub EPROM 2716 o organizacji 2048X8 bitów. Impulsy z sumatora wyzwalają generator fali prostokątnej, zbudowany na bramkach NAND i rezonatorze kwarcowym. Analizowany impuls wytwarza paczkę impulsów prostokątnych liczności równej jego szerokości. Liczność paczki określają liczniki synchroniczne, na których wyjściach ustalany jest adres dla wejść adresowych pamięci stałej. Na wyjściach danych pamięci stałej, zgodnie z wpisanym w niej programem, w przypadku dyskryminowania właściwych impulsów (podania właściwych adresów) pojawiają się odpowiednie informacje. Następnie one poprzez rejestry przesuwające sterują dalszym procesem analizy, czyli deszyfrują odległości między impulsami. Analizę tę można prowadzić wielotorowo, liczba torów zależy od liczby wyjść danych pamięci użytej w układzie dyskryminatora. Pracą całego układu steruje multiwibrator monostabilny. Rozwiązanie to ma ważną zaletę: wymiana pamięci stałej na inną, z nowym programem, umożliwia analizowanie impulsów o innych czasach trwania. Układ zapewnia również dużą dokładność dyskryminacji impulsów, pozwala dyskryminować impulsy w dużym przedziale czasów trwania.

Układ deszyfratora odległości i generatora odpowiedzi zapewnia deszyfrację odległości między kolejnymi impulsami, podawanymi torem analizy z dyskryminatora szerokości impulsów oraz generowanie impulsów odpowiedzi. Zasadniczym elementem układu jest tak, jak w dyskryminatorze, pamięć stała PROM lub EPROM. Układ pracuje w dwóch zasadniczych etapach. W pierwszym impuls, podany torem analizy, powoduje rozpoczęcie pracy liczników odległości między impulsami. Liczniki pracują do momentu przyjścia torem analizy drugiego impulsu. Następnie impuls sterujący wpisuje stan wyjść liczników odległości do rejestrów buforowych. Liczniki (po wyzerowaniu) rozpoczynają proces liczenia odległości między drugim a trzecim impulsem. Wynik liczenia, wpisany do rejestrów buforowych, adresuje odpowiedni obszar pamięci stałej i gdy deszyfrowana jest właściwa odległość między impulsami, układ przechodzi do drugiego etapu, tzn. do generacji impulsów odpowiedzi. W przypadku deszyfracji nieodpowiedniej odległości następuje powrót do pierwszego etapu pracy. Powrót ten ma również miejsce, gdy w określonym czasie od pojawienia się pierwszego impulsu nie przychodzi impuls drugi. Natomiast w drugim etapie pracy układu liczniki, po wyzerowaniu, zliczają impulsy zegarowe odpowiedzi. Stan liczników stanowi kolejne adresy pamięci stałej. Informacja, wprowadzona z pamięci, będąc zakodowanym ciągiem impulsów odpowiedzi, wpisywana jest do rejestru buforującego. W pewnych rodzajach pracy systemu kodowo – impulsowego do impulsów odpowiedzi dołączone są dodatkowe informacje, pobierane do systemu z pokładu statku powietrznego. Informacje te, poprzez przetworniki analogowo-cyfrowe, wpisywane są do rejestrów przesuwających. Wykorzystano tu rejestry równoległo – szeregowe. Impulsy odpowiedzi, wprowadzone z pamięci i informacje z rejestrów przesuwających podawane są do układu kodowania zer i jedynek logicznych w czasie. Ciąg impulsów na wyjściu układu kodowania, będący odpowiedzią systemu kodowo - impulsowego, podawany jest do sumatora wyjściowego. Pracą układu steruje multiwibrator monostabilny.

Stosowanie w układach (systemach) cyfrowych pamięci stałych PROM lub EPROM zdecydowanie redukuje liczbę użytych do projektowania elementów elektronicznych. Układy takie są łatwe do modyfikacji, których wprowadzenie z reguły wiąże się z oprogramowaniem nowej pamięci, czyli nie wymaga to wprowadzania zmian układowych. Elementy elektroniczne systemu mikroprocesowego, oprócz uproszczeń układowych, zapewniają większą niezawodność, dużą dokładność i małe koszty wyrobu. W przypadku realizacji większych systemów cyfrowych konieczne wydaje się wykorzystywanie nie tylko poszczególnych elementów systemu mikroprocesorowych. Możliwości mikroprocesorów, zwłaszcza z rozbudowanymi układami przerwań, wskazują na zasadność ich zastosowania. W zależności od wielko-

ści systemu można w nim wykorzystać 8-bitowy INLET 8080 czyli ZILOG Z-80 lub 16-bitowy INLET 8086, przystosowany do pracy w systemie wielomikroprocesorowym.

Jest sprawą ogólnie znaną, że system rozpoznania obiektów powietrznych opiera się na radiolokacji i nasz kraj w tej dziedzinie dąży do osiągnięcia pełnej integracji z systemem europejskim. Stąd też w polskich cywilnych i wojskowych strukturach ruchu lotniczego (rys. 25) funkcjonują radary: pierwotny i wtórny. Przypomnieć należy, że radiolokacja stanowi gałąź radiotechniki zajmująca się wykrywaniem, identyfikacją i określaniem położenia obiektów (powietrznych, morskich, naziemnych) przemieszczających się w przestrzeni ekosfery ziemskiej za pomocą fal radiowych w określonym przedziale widma radiowego. Natomiast pod pojęciem stacja radiolokacyjna (radiolokator, radar) należy rozumieć zestaw - zbiór współpracujących ze sobą zespołów elektronicznych, elektromechanicznych i pomocniczych, umożliwiających wykrywanie, identyfikację i pomiar parametrów przestrzennych różnych obiektów powietrznych, morskich i naziemnych. Biorąc pod uwagę sposób uzyskiwania sygnału umożliwiającego wykrywanie i obserwowanie przemieszczających się w przestrzeni powietrznej aparatów latających przez pododdziały radiotechniczne dzieli się je na:

a) cele powietrzne, do których zalicza się: statki powietrzne i inne środki napadu powietrznego nieprzyjaciela znajdujące się w powietrzu; statki powietrzne - aparaty latające naruszyciele granic państwowych, statki powietrzne - aparaty latające obserwowane poza granicami państwowym, statki powietrzne - aparaty latające i radiolokacyjne echa, odbite na wskaźnikach obserwacji okrężnej, których przynależność nie została ustalona, statki powietrzne - aparaty latające naruszające ustalony reżim lotu, statki powietrzne - aparaty latające pozorujące przeciwnika powietrznego na manewrach, ćwiczeniach i treningach oraz statki powietrzne wykonujące loty kontrolne
b) statki powietrzne własne, do których zalicza się: samoloty myśliwskie, które wystartowały na przechwycenie celów powietrznych lub do stref dyżurowania w powietrzu, statki powietrzne - aparaty latające, które wystartowały na rozpoznanie celów powielanych - nawodnych, naziemnych, statki powietrzne - aparaty latające wykonujące loty i przeloty według zgłoszeń.

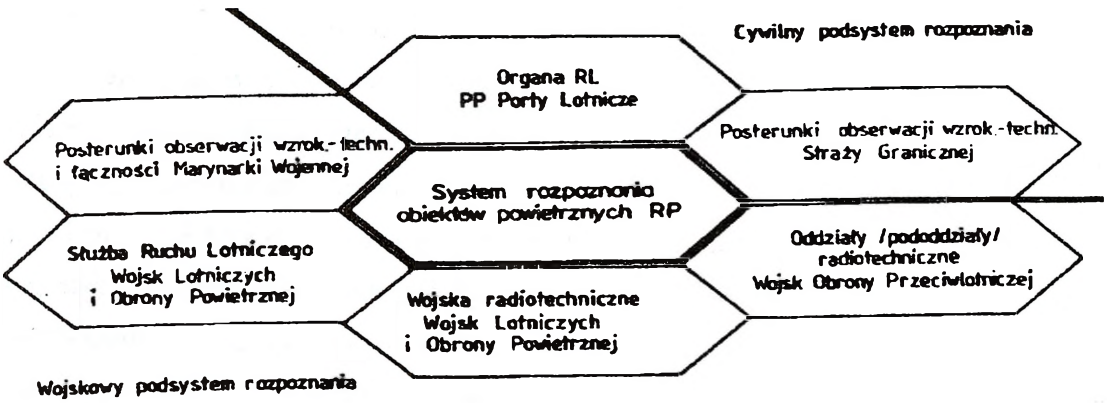
Identyfikację i określanie parametrów przestrzennych oraz podział radiolokacji ze względu na sposób uzyskania sygnału od obiektu powietrznego prezentuje rys. 26. Zasadniczo radiolokację można podzielić na:

a) półaktywną,
b) aktywną, w której do wykrywania i określania parametrów przestrzennych obiektów wykorzystuje się energię elektromagnetyczną odbitą od obiektów, bądź promieniowaną przez

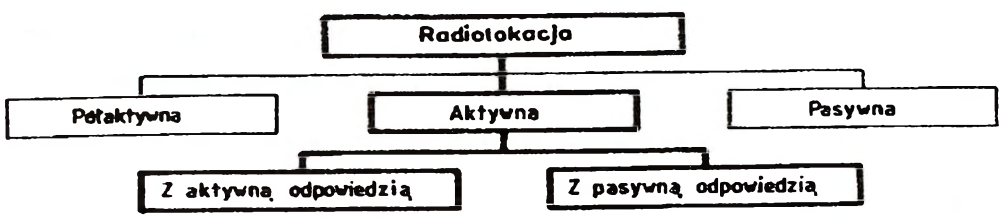
urządzenie umieszczone na obiekcie i dzieli się ją na:

- z aktywną odpowiedzią (radiolokacja wtórna), różni się od radiolokacji pierwotnej retlansmisją sygnału (urządzenia zapytującego) przez urządzenie odzewowe, zamontowane na obiekcie powietrznym (naziemnym lub nawodnym), na tej samej lub innej częstotliwości. W metodzie tej, wartość (poziom) sygnału odpowiedzi nie jest uwarunkowana wielkością skutecznej powierzchni odbicia obiektu. Jednak jej zastosowanie ogranicza się wyłącznie do własnych statków powietrznych posiadających odpowiednie urządzenia odzewowe na pokładzie, sprawne technicznie i włączone.
- z pasywną odpowiedzią (radiolokacja pierwotna), w której źródłem energii elektromagnetycznej wysyłanej w stronę określonego obiektu jest nadajnik stacji radiolokacyjnej (powietrznej, naziemnej i nawodnej). Sygnały wysyłane przez tę stację tylko odbijają się od obiektu, następnie są odbierane przez odbiornik tejże stacji. Na podstawie tych sygnałów następuje wykrywanie i określanie parametrów przestrzennych obiektu

c) pasywną.



Rys. 25. Użytkownicy polskiej przestrzeni powietrznej



Rys. 26. Podział radiolokacji ze względu na sposób uzyskania sygnału obiektu powietrznego

Podkreślić należy fakt, że radiolokacja wtórna znalazła zastosowanie w systemach zdalnego kierowania własnymi obiektami, w systemach identyfikacji wykrytych obiektów (IFF) oraz w systemach nawigacji morskiej, lotniczej, lądowej. Zalety radaru wtórnego w odniesie-

niu do pierwotnego są następujące:

- większy zasięg przy mniejszej mocy nadajnika zapytującego;
- brak naziemnych odbić terenowych;
- możliwość identyfikacji obiektu powietrznego, bez konieczności wykonywania dodatkowego manewru obiektu i utrzymywania łączności radiowej z obiektem;
- możliwość przekazywania danych z obiektu powietrznego (naziemnego lub nawodnego) do urządzenia zapytującego (np. swoje położenie przestrzenne - współrzędne, numer zadania, typ obiektu, sygnał niebezpieczeństwa itp.);
- możliwość pracy autonomicznej (samodzielnej lub współdziałając z zautomatyzowanymi systemami dowodzenia) albo zsynchronizowanej z radarem pierwotnym.

Natomiast do zasadniczych wad radaru wtórnego w stosunku do pierwotnego zalicza się:

- wykrywanie wyłącznie obiektów powietrznych (naziemnych lub nawodnych), które mają na swoim pokładzie urządzenia odzewowe, technicznie sprawne i włączone;
- wykrywanie i identyfikacja obiektu tylko za jego świadomą lub nieświadomą zgodą (urządzenie odzewowe technicznie sprawne i - włączane lub celowo wyłączone oraz urządzenia technicznie niesprawne);
- możliwość czasowego zablokowania urządzenia odzewowego obiektu powietrznego, naziemnego lub nawodnego, w przypadku wielu prawie jednoczesnych zapytań.

Transponder stanowi pokładowy element systemu wtórnej radiolokacji (SWR) i na pokładach współczesnych statków powietrznych występuje w dwóch zasadniczych odmianach:

cywilnej - umożliwiającej współpracę z cywilnymi systemami, kontroli ruchu lotniczego ATC RBS (Air Trafie Control Radio Beacon System). W tym przypadku udzielana jest odpowiedź na zapytania radarów wtórnych a transpondery pozwalają na: zidentyfikowanie odpowiednio oznakowanych statków powietrznych i ich podział na cywilne i wojskowe, przekazywanie informacji o barometrycznej wysokości lotu, przekazywanie informacji o numerze lotu, przesyłanie sygnałów niebezpieczeństwa, indywidualne rozpoznanie statku powietrznego;

wojskowej - umożliwiającej współpracę zarówno z cywilnymi jak i wojskowymi systemami kontroli ruchu lotniczego a szczególnie do indywidualnego rozpoznania przynależności państwowej statku powietrznego w zakresie "swój - obcy" (IFF - Identification Friend or Foe).

Koncepcja stosowanego systemu rozpoznania pochodzi z czasów II Wojny Światowej a poczesne miejsce znalazła ona z chwilą powstania sojuszy militarnych m.in. w NATO. Natomiast pierwszy system IFF (MARK 10) został wprowadzony w okresie wojny koreańskiej.

Zasadne jest podanie, że system identyfikacji MARK 12, stanowiący standardowy systemem rozpoznania w państwach członkowskich NATO, wprowadzany jest obecnie do Sił Zbrojnych RP. Powstał on jednak na początku lat sześćdziesiątych po wprowadzeniu przez Stany Zjednoczone modu kryptograficznego (Mode 4) stanowiącego uzupełnienie do opracowanego wcześniej systemu identyfikacji MARK 10A. Podkreślić należy, że rodzaj pracy „Mode 4" został wprowadzony w celu uniknięcia niżej wymienionych sytuacji:

- wykrywania i identyfikacji własnego obiektu nad terytorium przeciwnika przez obce siły;
- występowania obaw pilota przed wykryciem i zidentyfikowaniem przez przeciwnika, co powoduje wyłączanie przez niego transpondera i zwiększa prawdopodobieństwo zniszczenia przez własną obronę;
- wykorzystywania zarejestrowanych odpowiedzi przez przeciwnika i używania ich w celu maskowania ataku;

Natomiast struktury sygnałów zapytania i odpowiedzi dla systemu MARK 12 są określone poprzez cywilno – wojskowe normy i międzynarodowe standardy. Stąd też określone systemy radiolokacji wtórnej wykorzystują następujące rodzaje pracy – mody (tryby), które są odpowiednio oznaczane:

cywilne systemy - posiadają możliwość używania czterech modów oznaczonych kolejnymi literami „A", „B", „C", „D";

wojskowe systemy IFF przewidują wykorzystywanie minimum trzech rodzajów pracy (SIF) oznaczonych kolejnymi cyframi „1", „2", „3" oraz opcjonalnie kryptograficznego rodzaju pracy „4" (Secure).

Podkreślić należy, że zarówno wojskowy mod 3 jak i cywilny A posiadają identyczne parametry techniczne, jednakowe standardy, więc bardzo często spotkać można oznaczenie: „3/A" a w tabeli 1 przedstawione zostały różne rodzaje pracy w systemach MARK 10 i MARK 12. Zasada działania systemu IFF oparta jest na aktywnym zapytaniu i udzieleniu również aktywnej odpowiedzi (rys. 27). Natomiast w systemie można wyróżnić następujące zasadnicze elementy:

a) typowy zestaw naziemny - stacja radiolokacyjna obserwacji dookrężnej (radar pierwotny), Autonomiczny Zestaw Urządzenia Rozpoznawczego (urządzenie zapytujące – interrogator, moduł kryptograficzny, umieszczone na ziemi, pokładzie statku powietrznego lub okrętu), dekoder, pulpit sterowania, pulpit programujący;

b) urządzenia znajdujące się na pokładach statków powietrznych (transpondery) IFF, można podzielić na dwie zasadnicze grupy (rys. 28): urządzenia odzewowe (transponder, kryptokomputer, interfejs pokładowy), urządzenia zapytujące – odzewowe (radar pokładowy pa-

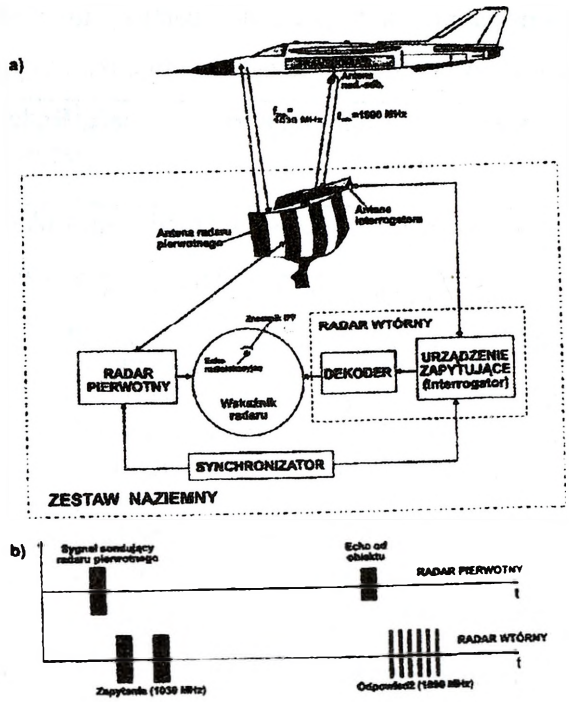
sma X, interrogator pokładowy, transponder, kryptokomputer, moduł pamięci spełniający funkcje kryptokomputera interrogatora, interfejs modułu pamięci, interfejs sprzęgający interrogator z radarem pokładowym oraz z innymi urządzeniami pokładowymi).

Rodzaj pracy (mod)	**Zastosowania i zawartość informacyjna sygnału odpowiedzi.**	**Rodzaj systemu**	**Rodzaj systemu**
1	wojskowy (do działań taktycznych) z 32 (2^5) możliwymi odpowiedziami	MARK 10/A (SIF)	MARK 12
2	wojskowy (indywidualna identyfikacja) z 4096 (2^{12}) możliwymi kodowanymi odpowiedziami		
3/A	wojskowo - cywilny z 4096 (2^{12}) możliwymi kodowanymi odpowiedziami, zgodny z rodzajem pracy „A" cywilnych systemów radarów wtórnych (SSR). Wykorzystywany w systemie kontroli ruchu powietrznego do wykonywania następujących zadań: znakowania cywilnych i wojskowych statków powietrznych; określanie położenia obiektów w przestrzeni celem utrzymywania odpowiednich separacji; oznaczania numeru lotu; przesyłania sygnałów niebezpieczeństwa; przesyłanie sygnałów specjalnych.		
B	cywilny, wykorzystywany w systemie wtórnej radiolokacji Wielkiej Brytanii		
C	cywilny, przeznaczony do automatycznego przekazywania wysokości baromefaycznej obiektu powietrznego. Istnieje 2048 (2^{11}) możliwych kodowanych odpowiedzi		
D	cywilny, nie wykorzystywany.		
4 secure (tajny)	wojskowy, z użyciem kryptografii (na czas W).		

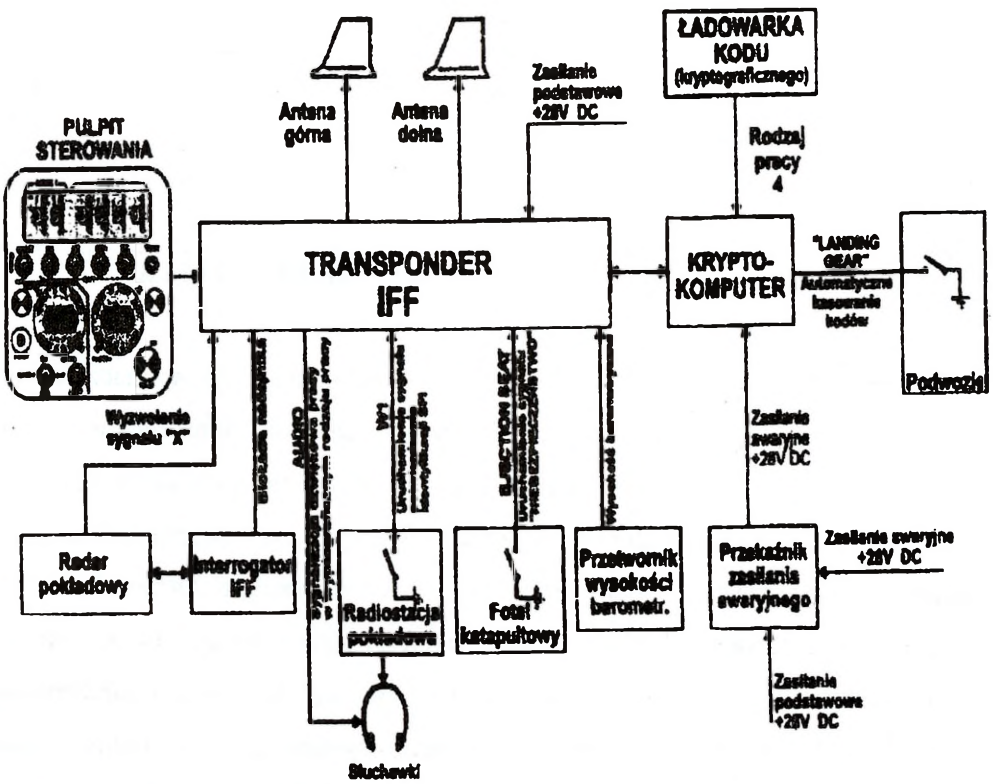
Tabela 6. Zestawienie rodzajów pracy w systemach MARK 10 i MARK 12

Radar pierwotny, na podstawie echa radiolokacyjnego dokonuje wyznaczenia współrzędnych płaskich obiektu powietrznego. Natomiast naziemny interrogator pracując synchronicznie z radarem pierwotnym odpowiada za dostarczenie do systemu zdekodowane informacje otrzymane z transpondera pokładowego. Następnie w systemie dokonuje się korelacja informacji uzyskanych z radaru pierwotnego i z transpondera. Otrzymane w ten sposób przykładowe zobrazowania obiektów powietrznych na ekranie radaru kontroli ruchu lotniczego prezentuje rys. 29. Na nim przedstawionych zostało pięć możliwości zobrazowania obiektów powietrznych. Operator urządzenia zapytującego systemu IFF ma możliwość uruchamiania procesu identyfikacji obiektów powietrznych poprzez dokonanie odpowiedniego wyboru (pamiętać należy, że rodzaje pracy SIF to: 1, 2, 3/A, C): rodzaju zapytania, żądanego kodu

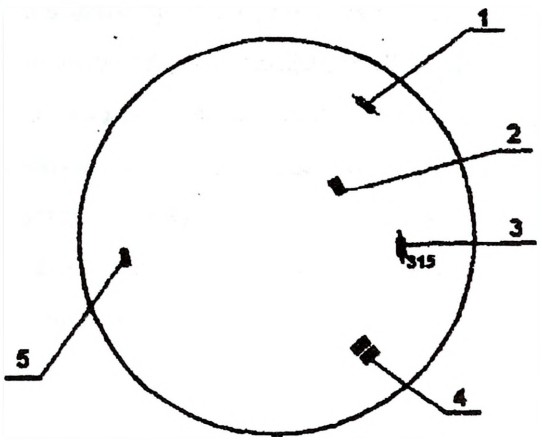
odpowiedzi, rodzaju znacznika dla sygnału odpowiedzi w zależności od rodzaju zapytania.



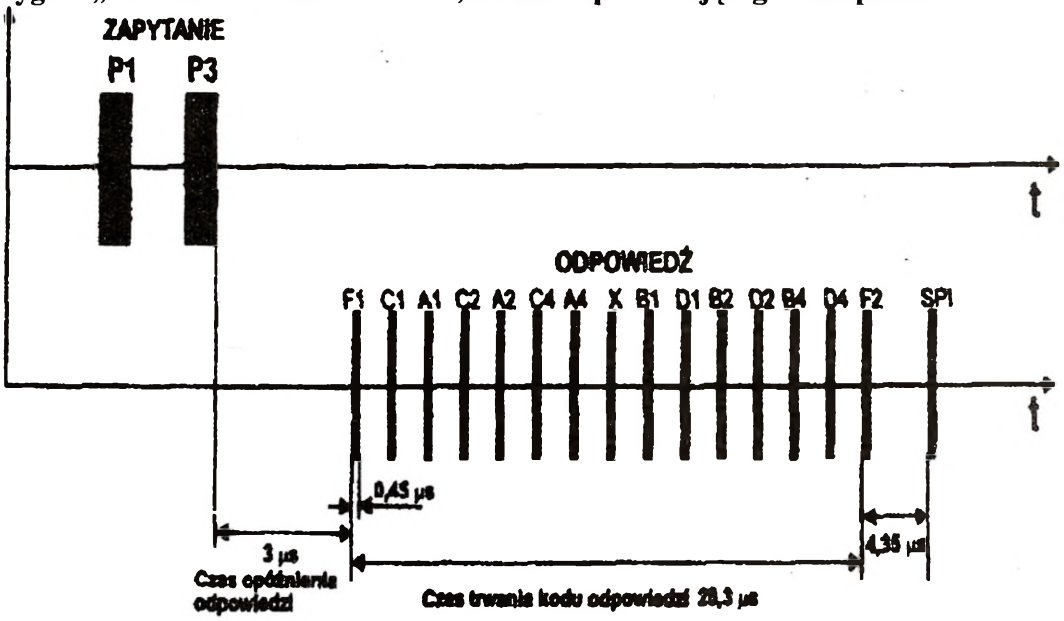
Rys. 27. Ogólna zasada działania systemu IFF, gdzie a) schemat funkcjonalny systemu IFF, b) sygnały radaru pierwotnego i wtórnego



Rys. 28. Schemat współpracy transpondera IFF z urządzeniami pokładowymi statku powietrznego



Rys. 29. Ekran radaru kontroli ruchu lotniczego, gdzie statek powietrzny: 1 – z odpowiadającym transponderem, 2 - z transponderem wysyłającym sygnał selektywnej identyfikacji „SPI" (potwierdzenia identyfikacji)", 3 - z transponderem odpowiadającym w rodzaju pracy „C" (podana wysokość lotu), 4 - z transponderem wysyłającym sygnał „NIEBEZPIECZEŃSTWO", 5 - bez odpowiadającego transpondera



Rys. 30. Struktura sygnałów zapytania i odpowiedzi

Podczas zapytania impulsowego (rys. 30) występują określone odstępy kodowe pomiędzy impulsami Pl i P3, które decydują o rodzaju zapytania (tabela 7). W celu udzielenia odpowiedzi transponder musi zdekodować sygnał zapytania IFF (rodzaj pracy). Dopiero po wykonaniu tej czynności odpowiada ciągiem impulsów zgodnie z ustalonym kodem. W sygnale odpowiedzi wyróżnia się:

- dwa impulsy ramki (początku i końca) F l, F2, które występują zawsze;
- dwanaście impulsów informacyjnych oznaczonych literami A, B, C, D z indeksami, określającymi ich wagi w kodzie dwójkowym. Mogą one zawierać informacje o numerze lotu

(rodzaj pracy „A") lub o barometrycznej wysokości lotu. Należy pamiętać, że informacja o numerze lotu przekazywana jest dwójkowo – dziesiętnym czterodekadowym, trójpozycyjnym kodem. Dekady A, B, C, D przeznaczone są odpowiednio dla przekazania tysięcy, setek, dziesiątek i jedności. Maksymalna liczba, która może być zapisana w ten sposób wynosi 7777. Ponieważ kodem trójpozycyjnym nie można przesłać cyfr 8 i 9, to całkowita liczba numerów lotów wynosi 4096. Brak jakiegokolwiek impulsu na odpowiedniej pozycji oznacza przekazanie wartości „0". Informacja o wysokości lotu, przekazywana jest specjalnym trójpozycyjnym kodem umożliwiającym przesłanie informacji o wysokości z separacją co 100 stóp (39,48 m);

- środkowy impuls X wykorzystywany do współpracy z interrogatorem pokładowym;
- impuls „SPI", selektywnej identyfikacji (potwierdzenia identyfikacji) wysyłany na życzenia personelu latającego lub naziemnego punktu łączności radiowej (po przyciśnięciu przez pilota przycisku „IDENTYFIKACJA").

Rodzaj zapytania	**Odstęp kodowy t_k (μs)**
1	3 (+0,1 - 0,05)
2	5 ±0,1
3/A	8 ±0,1
C	21 ±0,1

Tabela 7. Odstęp kodowy w zależności od zapytania

Istnieje również możliwość przesłania z pokładu statku powietrznego następujących sygnałów: „NIEBEZPIECZEŃSTWO", „Komunikatów specjalnych". Zgodnie z przepisami ICAO w rodzaju pracy A po ustawieniu przez personel latający odpowiednich kodów sygnału odpowiedzi możliwe jest przesłanie następujących informacji:

7700 - sytuacja awaryjna,

7600 - utrata łączności,

7500 - nielegalna ingerencja w działania załogi (uprowadzenie),

0000 - zarezerwowany zgodnie z regionalnymi ustaleniami w charakterze kodu ogólnego przeznaczenia,

2000 - zarezerwowany do wykorzystania w celu zabezpieczenia rozpoznania obiektu powietrznego lecącego w warunkach braku widoczności IFR, który nie uzyskał jakichkolwiek wskazówek o wykorzystaniu transpondera od organów kierowania ruchem lotniczym,

7000 - zarezerwowany do wykorzystania w celu zabezpieczenia rozpoznania obiektu po-

wietrznego lecącego w warunkach z widocznością VFR, który nie uzyskał jakichkolwiek wskazówek o wykorzystaniu transpondera od organów kierowania ruchem lotniczym,

7777 - (Beacon) zarezerwowany dla celów naziemnego monitorowania jakości pracy urządzeń zapytujących,

7711, 7712, 7713, 7714, 7715, 7716, 7717, 7721, 7722, 7723, 7724, 7725, 7726,7727 - kody zarezerwowane dla potrzeb poszukiwania i ratownictwa.

Zapytanie w kryptograficznym rodzaju pracy Mod 4 (SECURE) składa się maksymalnie z 37 impulsów i jest zaszyfrowane, za pomocą wybranego algorytmu i odpowiedniego ustawienia kluczy szyfrujących. Klucze dnia (kod A lub B) wprowadzane są do kryptokomputera transpondera IFF oraz do interrogatora IFF. W sygnale zapytania można wyróżnić trzy grupy impulsów:

- impulsy synchronizujące(Pl, P2, P3, P4);
- impuls kontrolny P5 – SLS;
- impulsy informacyjne (max. 32 impulsy).

Natomiast w bloku transpondera działającego w rodzaju pracy Mod 4 (SECURE) następuje dekodowanie grupy synchronizującej sygnału zapytania i w przypadku wystąpienia zgodności pozycji impulsów synchronizujących uruchamia się kryptokomputer i do niego przesyłane są grupy impulsów informacyjnych. Podkreślić należy, że impulsy grupy informacyjnej mogą występować aż w 2^{32} (4,3 biliona) możliwych kombinacjach. Jeżeli wystąpi zgodność impulsów informacyjnych z obowiązującym kodem w danym momencie to wysyłana zostaje odpowiedź z kodowanym opóźnieniem (16 kombinacji) w postaci paczki trzech impulsów o czasie trwania 3,5 μs. Klucz kodowy kryptokomputera jest ustalony na podstawie narodowego systemu programowania szyfrów. Zasadne jest podanie, że rodzaj pracy „SECURE" jest wykorzystywany tylko w czasie wykonywania misji, operacji, innych zadań bojowych, bowiem ograniczona jest możliwość jego rozpoznania i imitacji. Zapytanie w tym rodzaju pracy jest wysyłane bardzo rzadko, w zależności od sytuacji taktycznej. Rzadkie stosowanie zapytań zmniejsza możliwość dawania ciągłej odpowiedzi na zapytania z innych systemów wojskowych lub cywilnych. Częsta zmiana kodów szyfrowych zmniejsza prawdopodobieństwo zapytania własnych obiektów przez przeciwnika posiadającego zanotowane pytania, co zapobiega równoczesnemu użyciu przez przeciwnika zanotowanych odpowiedzi dla maskowania własnych obiektów i zmylenia obrony.

Na pokładach statków powietrznych należących do Polskich Sił Powietrznych zamontowany jest system, składający się z zasadniczych elementów: bloku transpondera IFF, dwóch

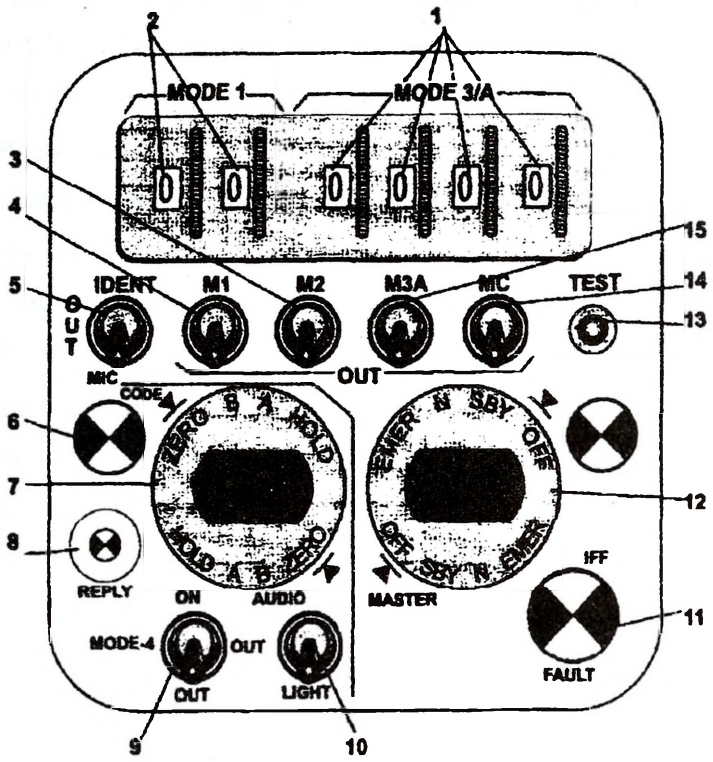
anten (na grzbiecie i pod kadłubem), pulpitu sterowania (rys. 31), interfejsu pokładowego, który pozwala na współpracę transpondera IFF z następującymi urządzeniami pokładowymi:

- czujnikiem wysokości barometrycznej (umożliwia współpracę z analogowymi przetwornikami wysokości barometrycznej);
- sygnalizatorem uruchomienia katapulty (sygnał uruchomienia katapulty „EJECTION SEAT" jest wymaganiem wynikającym z potrzeby zachowania bezpieczeństwa w ruchu lotniczym. W przypadku wykatapultowania się przez załogę, transponder IFF automatycznie generuje sygnał „Niebezpieczeństwo");
- sygnalizatorem „PODWOZIE WYPUSZCZONE" (sygnał wysunięte podwozie „LANDING GEAR" jest wymaganiem wynikającym z potrzeby zabezpieczenia systemu kryptograficznego transpondera IFF przed przedostaniem się w ręce przeciwnika. W sytuacji, gdy samolot podchodzi do lądowania nad obcym terytorium, po wypuszczeniu podwozia następuje automatyczne wykasowanie kodów z pamięci kryptokomputera. Niezależnie od powyższego sposobu kasowania kodów, istnieje możliwość ręcznego kasowania);
- radiostacją pokładową (sygnał uruchomienia radiostacji pokładowej „Wl – MIC - umożliwia zdalne generowanie przez transponder IFF sygnału potwierdzenia identyfikacji „SPI" w następujących przypadkach: gdy transponder odbiera właściwe zapytania w jednym z trzech rodzajów pracy: 1, 2, 3/A lub gdy personel latający włączył na pulpicie generowanie sygnału „SPI");
- słuchawkami personelu latającego (sygnalizacja akustyczna „AUDIO" umożliwia załodze statku powietrznego kontrolę działania urządzenia kryptograficznego. Impulsowy sygnał akustyczny pojawia się w słuchawkach personelu latającego w momencie, gdy znajdujący się na pokładzie transponder IFF odebrał zapytania wysłane przez interrogator pracujący w kryptograficznym rodzaju pracy);
- z systemem blokowania urządzeń pokładowych (interrogatory pokładowe IFF we współpracy z radarami pokładowymi, umożliwiają wyróżnienie w sygnale odpowiedzi transpondera IFF dodatkowego impulsu „X").

Ważnym zagadnieniem podczas omawiania problematyki związanej z transponderami są zakłócenia spowodowane tym, że na wysłane zapytanie odpowiadają wszystkie urządzenia odbierające określony sygnał zapytania. W rezultacie takiego stanu rzeczy powstają wzajemne zakłócenia:

- synchroniczne, gdy dwie lub więcej odpowiedzi pochodzących od statków powietrznych, znajdujących się w niewielkiej odległości od siebie, nakłada się w specyficzny sposób;
- asynchroniczne, powstają przy odebraniu sygnałów od urządzenia odpowiadającego na za-

pytanie kilku urządzeń zapytujących.



Rys. 31. Pulpit sterowania transpondera IFF, gdzie: l - nastawniki kodu w rodzaju pracy „3/A", 2 nastawniki kodu w rodzaju pracy „l", 3 -włączenie rodzaju pracy „2", 4 - włączenie rodzaju pracy „l", 5 - wyzwalanie impulsu „SPI" (IDENT - wyzwolenie impulsu na czas około 20s, MIC - wyzwolenie impulsu przy każdym uruchomieniu radiostacji pokładowej), 6 - lampka podświetlająca, 7 - przełącznik rodzaju pracy „4" (ZERO - zerowanie kodu wprowadzonego do kryptokomputera; A, B -uruchomienie kodu A lub B kryptokomputera, HOLD - zabezpiecza przed skasowaniem kodów po wypuszczeniu podwozia i po wyłączeniu zasilania), 8 - lampka sygnalizująca odpowiedzi transpondera na zapytania w rodzaju pracy „4", 9 - włączenie do pracy kryptokomputera, 10 - przełącznik (LIGHT - umożliwia zadziałanie lampek „Repły" i „Caution Light" z jednoczesną blokadą sygnalizacji dźwiękowej; OUT - wyłączenie sygnalizacji świetlnej i dźwiękowej; AUDIO - zadziałanie sygnalizacji świetlnej i dźwiękowej), 11 - wskaźnik magnetyczny uszkodzenia transpondera, 12 - przełącznik rodzaju pracy (OFF - zasilanie transpondera wyłączone, SBY - zasilanie włączone, odbiór sygnałów i dekodowanie ale bez uruchomienia nadajnika, N - uruchomienie nadajnika, EMER - włączenie sygnału „Niebezpieczeństwo"), 13 – przycisk „Trst", 14 – włączenie rodzaju pracy „C", 15 - włączenie rodzaju pracy „3/A".

Wszystkim natomiast systemom radiolokacji wtórnej towarzyszą również zakłócenia powstające wskutek wysłania odpowiedzi na zapytanie odebrane poprzez listki boczne. Może to powodować błędy w określaniu azymutu statku powietrznego. W celu uniknięcia wywołania odpowiedzi na zapytania odbierane przez listki boczne stosuje się specjalne układy tłumienia przychodzących tą drogą sygnałów. W tym celu, w zapytaniu wysłanym

przychodzących tą drogą sygnałów. W tym celu, w zapytaniu wysłanym przez urządzenia zapytujące, poza impulsami P 1 i P3, określającymi jego treść, transmituje się za pomocą drugiej anteny o charakterystyce dookólnej dodatkowy impuls P2 o poziomie większym od poziomu promieniowanego przez listki boczne lecz mniejszym od poziomu impulsu Pl wysłanego przez listek główny anteny kierunkowej. W urządzeniu odpowiadającym następuje porównanie poziomów sygnałów Pl, P2, P3. Stosowane są dwie metody tłumienia. W pierwszej metodzie sygnałowi listka głównego charakterystyki antenowej odpowiada równość amplitud impulsów Pl i P3, a w drugiej metodzie występowanie większych amplitud impulsów Pl i P3 nad amplitudą impulsu tłumienia P2. Gdy powyższe warunki nie są spełnione świadczy to o przyjściu zapytania przez listek boczny i odpowiedź nie jest wysyłana. Takie rozwiązanie znane jest pod nazwą tłumienia zapytania w listkach bocznych. Odstęp pomiędzy impulsami Pl i P2 wynosi 2±0,15 us zaś, czas trwania impulsów Pl... P3 wynosi 0,8 ± 0,1 us. Innym sposobem wyeliminowania zakłóceń jest wprowadzenie nowego rodzaju pracy zwanego rodzajem pracy „Mode S" – zostanie on dokładniej przedstawiony w następnym podrozdziale. Na tym etapie wystarczy nadmienić, że jest to aktywne zapytanie adresowe DABS (Discrete Addres Beacon System) a koncepcja tego rodzaju pracy została opracowana dla potrzeb cywilnych systemów kontroli ruchu lotniczego. Natomiast zwiększająca się liczba obiektów powietrznych wyposażonych w transpondery, a także wyposażenie systemów w radary wtórne zapytujące w sposób ciągły, powoduje wystąpienie określonych trudności eksploatacyjnych. Zasadne jest podanie, że przy dużej gęstości obiektów występują zakłócenia synchroniczne i asynchroniczne. Toteż dopiero stosowanie Mod S pozwala wyeliminować te niedogodności, bowiem w tym rodzaju pracy każdemu statkowi powietrznemu nadawany jest 24-bitowy kod adresowy (numer, w sumie ponad 16,5 mln), który wykorzystany jest przy zapytaniu. Dzięki temu zapytanie odbierane jest wyłącznie przez samolot posiadający określony numer adresowy, co pozwala uniknąć zakłóceń. Natomiast uwzględniając kompatybilność i interoperacyjność z dotychczasowymi urządzeniami zastosowane zostały niezmienione częstotliwości zapytania (1030 MHz) i odpowiedzi (1090 MHz). Również systemy wojskowe są narażone na zakłócenia i mimo wprowadzenia nowych wersji systemu (MARK 12) istnieje konieczność wprowadzenia nowego bardziej niezawodnego i dostosowanego do nowych środków walki systemu rozpoznawczego.

W chwili obecnej, w celu zapewnienia kompatybilności z funkcjonującymi cywilnymi systemami ruchu lotniczego w polskich siłach powietrznych wprowadzane są radary wtórne systemu MASTIFF typu MARK-XII. Zadaniem ich jest szybkie i pewne ustalenie czy dany obiekt powietrzny jest swój czy obcy. Podkreślić należy, że system identyfikacji MASTIFF

(MARK-XII) jest w pełni kompatybilny z systemem zachodnim (określa to STANAG-4193), może współpracować z cywilnymi systemami kontroli powietrznej (Aneks 10 ICAO). Trzeba podkreślić, że wszystkie urządzenia systemu są przystosowane do pracy w modzie S, który w najbliższych latach będzie obowiązywał statki powietrzne. Zapytanie w systemie MASTIFF nadawane jest z interrogatora w formie modulacji kodowo - impulsowej w paśmie D, w kierunku obiektów powietrznych, które trzeba rozpoznać. Urządzenie odzewowe (transponder), zainstalowane na pokładzie statku powietrznego, odbiera zapytanie i odpowiada innym, zmodulowanym, kodowo-impulsowym sygnałem w paśmie D, który trafia do interrogatora i w nim jest ewaluowany w celu określenia charakteru obiektu powietrznego. Zasadne jest podanie, że system rozpoznania „swój – obcy", który jest przeznaczony dla Sił Zbrojnych RP, będzie wyposażony w odpowiednie urządzenia zapytujące i odzewowe, które mogą być również zastosowane w lotnictwie cywilnym. System MASTIFF (MARK-XII) składa się z następujących urządzeń:

- pokładowego odzewowego SC – 10, montowanego na pokładach statków powietrznych, okrętach (nawodne i podwodne), naziemnych pojazdów wojskowych lub w elementach bojowych służących do oznaczania linii bojowej styczności wojsk;
- powietrznego, pokładowego, zapytującego SB – 14E/A, montowanego tylko na pokładach statków powietrznych;
- naziemnego, zapytującego dalekiego zasięgu SA - 10, montowanego w naziemnych i okrętowych stacjach radiolokacyjnych dalekiego zasięgu, radiolokacyjnych stacjach kierowania wojskami oraz radiolokacyjnych stacjach kierowania bronią - wstępnego naprowadzania naziemnych środków ogniowych dużego zasięgu;
- zapytującego średniego zasięga SB – 16, montowanego w naziemnych i okrętowych stacjach radiolokacyjnych średniego małego zasięgu (radiolokacyjne stacje kierowania bronią precyzyjnego naprowadzania);
- zapytującego, przenośnego małego zasięgu SB – 14, montowanego w naziemnych i okrętowych środkach rakietowo – artyleryjskich bliskiego zasięgu;
- szyfrujących (kryptokomputerów), współpracujących z urządzeniami zapytującymi i odzewowymi;
- testujących (wewnętrznych lub zewnętrznych), współpracujących z urządzeniami zapytującym i odzewowymi;

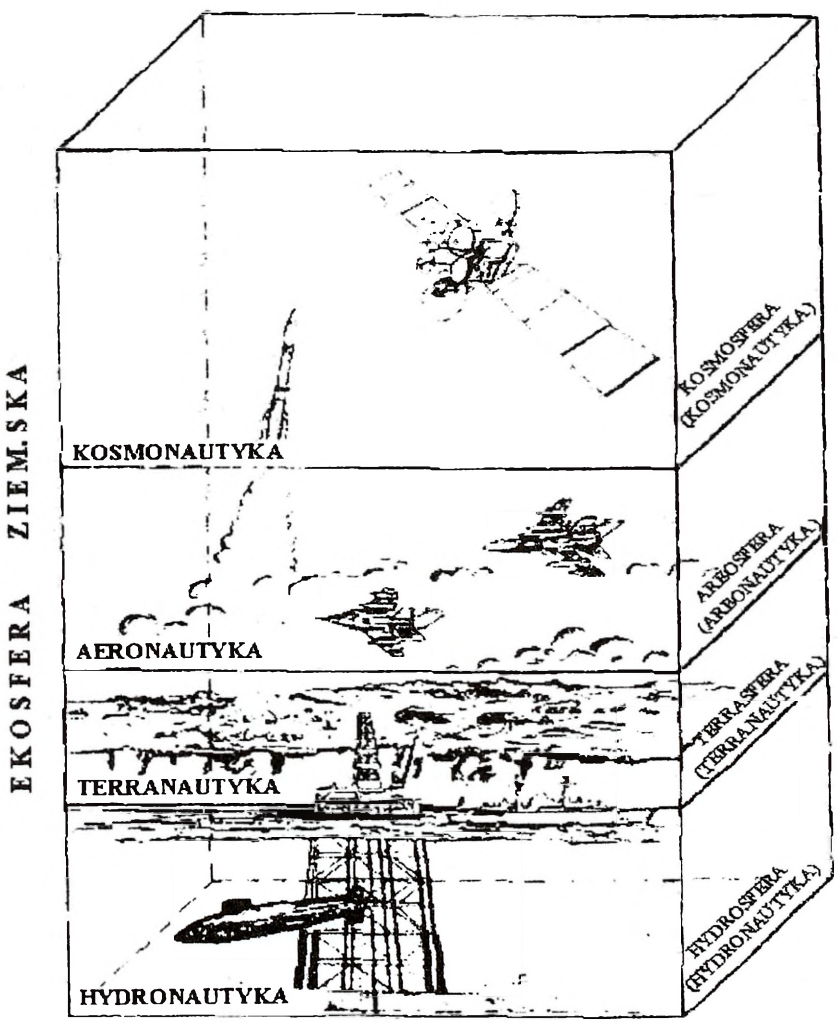
. generacji, rozprzestrzeniania i ładowania kodów;

- modułów pamięci.

Zadaniem wymienionych wyżej urządzeń jest rozpoznawanie czy znajdujący się w prze-

strzeni ekosfery ziemskiej (rys. 32), obszarze działań bojowych obiekt jest własny czy nieprzyjacielski. Wiadomo, że rozpoznawanie może przebiegać w różnie skonfigurowanych relacjach ziemia – powietrze – morze. Natomiast urządzenia systemu MASTIFF (MARK-XII) mogą pracować w pięciu podstawowych modach:

- Mod 1, wojskowy, umożliwia wysłanie 32 kodowanych odpowiedzi;
- Mod 2, wojskowy, umożliwia wysłanie 4096 kodowanych odpowiedzi;
- Mod 3/A, cywilno - wojskowy, umożliwia wysłanie 4096 kodowanych odpowiedzi (w wojsku mod 3 a w lotnictwie cywilnym jako mod A) i jest standardem ICAO/NATO;
- Mod 4, wojskowy, stosujący kryptograficzne kodowanie zapytania i odpowiedzi;
- Mod C, cywilny, w odpowiedzi zawiera informację o wysokości lotu statku powietrznego.



Rys. 32. Ekosfera ziemska

Poszczególne elementy składowe systemu MASTIFF (MARK-XII), wytwarzane są w oparciu o najnowocześniejszą technologię z zastosowaniem układów scalonych dużej skali integracji, układów ASIC, mikroflowych układów scalonych, mikroprocesorów i innych. W związku z tym możliwe stało się uzyskanie:

- dużej niezawodności operacyjnej, około 99 % pewności identyfikacji obiektów w obszarze (przestrzeni ekosfery ziemskiej) działań bojowych;
- łatwości podczas dokonywania zmiany systemu szyfrującego na inny (budowa modułowa), odpowiadający wymaganiom użytkownika (np. zgodny ze STANAG 4193);
- dużej niezawodności technicznej;
- łatwości i prostoty obsługi;
- elastyczności podczas integrowania ze współczesnymi systemami i urządzeniami (układy: wojskowy - systemowy, międzyszczeblowy; cywilno – wojskowy, peryferyjny IFF);
- małych wymiarów i małego poboru mocy;
- dużej odporności na działanie czynników środowiskowych.

Kolejne zagadnienie na które należy zwrócić uwagę w systemie MASTIFF (MARK-XII) to charakterystyka zapytań. Przedstawiono powyżej, że w urządzeniach wykorzystuje się, w zależności od potrzeb, mody: 1, 2, 3/A i 4 a ponadto w SA - I0 wykorzystuje się mod C. Wszystkie one są kodowane a kod zdefiniowany jest przez parę impulsów (odległość pomiędzy parą impulsów P1 i P3 charakteryzuje określony mod). Do zasadniczych danych technicznych impulsów zapytań zalicza się:

- częstotliwość nośną: 1030±0,2 MHz w modach SIF i modzie 4;
- czas narastania, od 0,05 do 0,1 μs w modach SIF i modzie 4;
- czas opadania, od 0,05 do 0,2 μs w modach SIF i modzie 4;
- szerokość, 0,8±0,1 μs w modach SIF, 0,5±0,1 μs w modzie 4.

Kolejne zagadnienie na które należy zwrócić uwagę w systemie MASTIFF (MARK-XII) to zabezpieczenie przed zapytaniem listkami bocznymi. Wiadomo, że interrogator wysyła sygnały o częstotliwości 1030 MHz, zawierające parę impulsów, pomiędzy którymi odległość definiuje mod zapytania. Impulsy P1 i P3, o szerokości 8 μs są wysyłane przez obracającą się antenę. Jednak zapytanie nie może być nadawane tylko w jednym kierunku bez obecności niepożądanych emisji listkami bocznymi, więc identyfikacja transponderów znajdujących się poza listkiem głównym wiązki antenowej powinna być zablokowana. W związku z tym, aby transponder nie odpowiadał na zapytanie listkiem bocznym, musi mieć specjalne wyposażenie (spełnia to funkcja ISLS - Interrogate Side Lobe Suppression). W każdym innym przypadku transponder będzie odpowiadał zarówno na zapytanie listkiem głównym jak i listkiem bocz-

nym, natomiast zadaniem interrogatora będzie blokowanie odpowiedzi w czasie, gdy transponder będzie znajdował się w obszarze listka bacznego. Jednak do wykonywania tego zadania, konieczne jest posiadanie przez interrogator specjalnego wyposażenia (spełnia to funkcja RELS - Reply Side Lobe Suppression).

Kolejne zagadnienie na które należy zwrócić uwagę w systemie MASTIFF (MARK-XII) to charakterystyka odpowiedzi. Wiadomo, że są one nadawane na częstotliwości 1090 MHz i zawierają ciągi impulsów, a ich typ zdeterminowany jest przez mod zapytania oraz kod nastawiony przez operatora w modach SIF (1, 2, 3/A), koder wysokości w modzie C a przez kryptokomputer w modzie 4. Operator, podczas pracy w modzie SIF, może modyfikować liczbę ciągów odpowiedzi, w celu umożliwienia systemowi naziemnemu zidentyfikowania pozycji statku powietrznego lub może być poinformowany o niebezpieczeństwie, zgodnie z dyspozycjami taktycznymi. Do podstawowych danych technicznych impulsów odpowiedzi zalicza się:

- częstotliwość nośną: 1090 ±1,5 MHz dla modów SIF i modu 4;
- czas narastania: od 0,05 do 0,1 μs dla modów SIF i modu 4;
- czas opadania: od 0,05 do 0,2 μs dla modów SIF i modu 4;
- szerokość: od 0,45 do 0,1 μs dla modów SIF i modu 4;
- dwa skrajne impulsy F1 i F2, odległe od siebie o 20,3+0,1 μs występują zawsze bez względu na to jaki mod lub kod jest użyty;
- pomiędzy impulsami F1 i F2 możliwych jest 12 pozycji impulsów odległych od siebie o 1,45 μs Ans środkowa pozycja oznaczona jako x jest używana zgodnie ze specjalnym przeznaczeniem;
- za impulsami F1 i F2 wszystkie możliwe ciągi impulsów muszą być oddalone o 4,35±0,1 μs.

W kodowaniu odpowiedzi „swój – obcy" obowiązuje następująca zasada oznaczania impulsów odpowiedzi:

- kompletny ciąg odpowiedzi dzieli się na cztery grupy oznaczone literami: A, B, C i D;
- każda grupa (A, B, C, D) zawiera trzy impulsy odległe o 2,9 μs każdy (do każdego z nich przypisane jest oznaczenie według określonych reguł).

Komplety ciągów odpowiedzi dla SIF – mod 1 zawiera jedynie dwie grupy: A i B, bowiem impuls B4 nie występuje. Mody 2 i 3/A zawierają po 12 impulsów w grupach A, B, C, D. Mod 4 zawiera impulsy, zgodnie z kryptografią. Ponadto kodowaniu podlegają:

- wysokość (mod C), która jest kodowana zgodnie ze standardem ICAO, Aneks X;
- identyfikacja pozycji kodu odpowiedzi, kod odpowiedzi we wszystkich rodzajach pracy, wysyłane są przez 15 - 30 s dla ciągłych zapytań, co stanowi czas wystarczający do prze-

prowadzenia czynności taktycznych. W modzie C identyfikacja nie występuje.

- kod odpowiedzi niebezpieczeństwa: w modach 1 i 2 (po normalnym ciągu odpowiedzi wysyłane są trzykrotnie puste bramki F1 i F2), w modzie 3/A (po ciągu odpowiedzi 7700 wysyłane są trzykrotnie puste bramki F1 i F2), w modach C i 4 (kod niebezpieczeństwa nie występuje).

Kolejne zagadnienie na które należy zwrócić uwagę w systemie MASTIFF (MARK-XII) to synchronizacja urządzeń. Wiadomo, że interrogator SA 10 wyzwalany jest przez zewnętrzny impuls wyzwalający. Jeżeli brakuje wyzwalania zewnętrznego to wewnętrzny generator synchronizujący dostarcza impulsy synchronizacji o częstotliwości 200 lub 400 Hz. Ograniczenie częstotliwości wyzwalania jest regulowane od 2 do 5 ms. Interrogator SB-16 wyzwalany jest przez zewnętrzny impuls wyzwalający od radiolokacyjnej stacji kierowania bronią precyzyjnego naprowadzania, z którą współpracuje. Wymagane jest, aby współdziałająca stacja radiolokacyjna miała minimum 30 ohr/min. Na zachodzie interrogator taki współpracuje z Crotalem (40 obr/min). Interrogator SB-I4 wyzwalany jest przez wewnętrzny generator synchronizujący. Podczas prezentacji tego zagadnienia warto zwrócić uwagę na problematykę, która była tematem jednego ze spotkań roboczych CEAC. Otóż zauważono, że istotny jest bardzo duży wpływ charakterystyki impulsów radarowych na zakłócanie innych częstotliwości. Impulsy radiolokacji wtórnej powinny być jak najbardziej zbliżone do impulsów prostokątnych (czas narastania i opadania impulsów zapytania i odpowiedzi), tym samym pojawia się duża liczba składowych harmonicznych (analiza Fouriera) - im bardziej strome są zbocza impulsów tym więcej składowych. Również poważnym problemem jest zarządzanie środowiskiem radiolokacji wtórnej (cywilna SSR - Secondary Surveillance Radar, wojskowa IFF - Identification Friend or Foe) oraz jego modelowanie. Toteż traktując priorytetowo wprowadzanie radiolokacji wtórnej do Sił Zbrojnych RP, problem ten należy uważać za jeden z najważniejszych. Wynika on stad, że transponder statku powietrznego po udzieleniu odpowiedzi, ulega „zablokowaniu" na krótki czas a jest to spowodowane tym, aby nie przesyłać do interrogatora odpowiedzi na zapytanie pochodzące od innego interrogatora. Takie podejście jest konieczne, bo jeżeli na określonym obszarze zgromadzona byłaby dostatecznie duża liczba radarów wtórnych i każdy z nich wysyłał by zapytania do translatora znajdującego się w określonej przestrzeni powietrznej (zapytania wysyłane są zawsze na częstotliwości 1030 MHz) to transponder może zostać „zablokowany" praktycznie przez cały czas. W takim przypadku śledzony przez radiolokację wtórną statek powietrzny – obiekt nie byłby widziany (obserwowany na wskaźniku SSR). Jako ciekawostkę należy podać, że bardzo jaskrawo problem ten został zarysowany w Wielkiej Brytanii wskutek rozmieszczenia tam dużej liczby radarów

dla: cywilnej kontroli ruchu lotniczego, wojsk brytyjskich i amerykańskich (radary wtórne). O skali tej problematyki najlepiej świadczy fakt, że w celu uniknięcia niebezpieczeństwa unieruchomienia transponderów powołana została tam specjalna komisja cywilno-wojskowa, której zadaniem jest udzielanie zgody na zainstalowanie każdego radaru wtórnego na terenie Wielkiej Brytanii, bez względu na to, czy jest to radar stacjonarny czy ruchomy, cywilny czy wojskowy. Kolejnym problemem jest przydział kodów transponderów (mod 3/A). Należy go rozpatrywać w dwóch płaszczyznach:

a) codziennych działań (szkolenie, przeloty, ćwiczenia w wydzielonych strefach), przydział grupy kodów w ramach puli obowiązującej dla określonego kraju, obszaru, rejonu (np. Państwa Grupy Wyszehradzkiej);
b) ćwiczeń międzynarodowych, zarezerwowana jest na te cele w Zachodnim Obszarze Uczestniczącym (PA - West) pula kodów do wykorzystania przez NATO.

7. MOD S W ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMACH

Od początków stosowania radaru wtórnego lotnicy i kontrolerzy zdawali sobie sprawę z jego skuteczności jako narzędzia kontroli radarowej, ale także z istniejących ograniczeń. Najpoważniejszą barierą dla systemów kontroli ruchu lotniczego opartych na klasycznym SSR jest problem alokacji kodów radaru wtórnego. Zamknięta liczba kodów (4096) już teraz jest niewystarczająca dla pokrycia zwiększonych potrzeb. Graniczące ze sobą FIR muszą utrzymywać ten sam kod dla jednego statku powietrznego tak długo jak to możliwe. Niedostatki naziemnych sieci wymiany danych powodują, że wewnątrz FIR istnieją jednostki (ośrodki kontroli obszaru, zbliżania) wojskowe, które stale okupują całe grupy kodów. Istnieją centra kontroli obszaru które w okresach dużego nasilenia ruchu przekraczają przydzielone im zasoby kodów. Oznacza to, że im więcej radarów wtórnych jest w użytku, tym więcej konfliktów ma miejsce.

Założeniem nowego trybu pracy SSR jest selektywne aktywowanie transponderów (oznaczenie "S" pochodzi od wyrazu selective). Termin został międzynarodowo przyjęty dla określenia równoważnych systemów opracowywanych od 15 lat pod nazwami ADSEL (Address Selective) w Europie i DABS (Discreet Address Beacon System) w USA. Nowy typ odpowiedzi transpondera z modem S umożliwia użycie 16777216 kodów, co stanowi więcej niż światowa flota statków powietrznych. Mod S używa do identyfikacji 24 impulsów, zatem maksymalna liczba kodów wynosi: 2^{24} = 16777216 (4096 x 4096 = 16777216). Taka ilość wolnych kodów pozwala w praktyce nadać kod statkowi powietrznemu "na całe życie". Mod

S nie jest jedynie ulepszeniem radaru wtórnego. Jest on właściwie nowym łączem transmisji danych, opartym na radarze wtórnym. Pomysł modu S wywodzi się z potrzeby powiększenia ilości informacji w odpowiedzi radaru wtórnego, a stacja naziemna może nie tylko inicjować transmisję z transpondera, lecz także wysyłać do niego swoje dane. Taka wymiana danych jest zdolna przejąć wiele zadań, realizowanych normalnie drogą radiotelefoniczną pomiędzy pilotem a kontrolerem, redukując ją do niezbędnego minimum, szczególnie na obszarach o dużym natężeniu ruchu. Przy tym ta wymiana danych cechuje się szybkością, dokładnością i pewnością połączenia, których często brakuje radiu. Praktyczne doświadczenia z modem S w ciągu ostatniej dekady wykazały że istnieje więcej ograniczeń operacyjnych, w przezwyciężaniu których może on być pomocny. Funkcje kierowania ruchem lotniczym z powodzeniem mogą być sprawowane bez odwoływania się do normalnych częstotliwości radiowych VHF. Tekstowa postać wszystkich instrukcji wyklucza wszelkie wątpliwości frazeologiczne i problemy językowe. Błędy człowieka, takie jak złe odczytanie przyrządów, nie mogą się zdarzyć, ponieważ informacja jest przekazywana nie przez pilota, lecz przez transponder, który przekazuje odczyty instrumentów bez udziału człowieka, zupełnie jak przy kodowaniu wysokości w modzie C. Pewne depesze, takie jak ATIS, METAR itp. mogą być transmitowane automatycznie bez konieczności potwierdzania. Wymiana danych przy pomocy modu S długo nie mogła doczekać się ustalenia formatu transmisji ani innych szczegółów technicznych, z prozaicznej przyczyny, że nikt nie był w stanie udzielić ostatecznej odpowiedzi co przesyłać – istniały rozbieżności. To czego chciały linie lotnicze nie interesowało właścicieli radarów, czyli kontroli ruchu lotniczego. Ponadto to co podobało się Stanom Zjednoczonym w Europie było nierealne. Przemysł powiększał zamęt istnym potopem zawsze najwspanialszych i najnowocześniejszych rozwiązań technicznych. W końcu ustalono pewien wspólny standard techniczny i kierunek jego rozwoju. Standard ten obejmuje jak dotąd pięć poziomów rozwojowych, wzajemnie ze sobą zgodnych:

- **pierwszy:** możliwość przesłania do transpondera standardowego 56 - bitowego słowa z każdym zapytaniem radaru wtórnego. Wystarcza to tylko dla podstawowego TCAS II, w przypadku komunikatów ATC nie ma żadnej gwarancji, że informacja dotarła na pokład w komplecie;
- **drugi:** możliwość wysłania i odbioru 56 - bitowego słowa danych;
- **trzeci:** poziom drugi plus możliwość przesłania do transpondera rozszerzonej 112-bitowej depeszy;
- **czwarty:** poziom drugi plus możliwość przesłania i odbioru depesz 112 – bitowych a

przewidywane prędkości transmisji odpowiednio wynoszą w relacjach: ziemia – statek powietrzny to 1 Mb/s, a statek powietrzny - ziemia 4 Mb/s. Dla TCAS wystarcza 56 - bitów informacji, ADS - B dodaje do tego dwie 112 - bitowe depesze;

- **piąty**: poziom czwarty plus możliwość współpracy z wieloma radarami wtórnymi.

Podkreślić należy, że w obecnej implementacji mod S umożliwia transmisję różnorodnych rodzajów informacji ze szczególnym uwzględnieniem:

- przekazywania korespondencji;
- przydzielania poziomów lotu;
- danych z awioniki (informacje lub przydzielone kursy, zakręty, itp.);
- automatycznych meldunków pozycyjnych;
- zezwolenia na lot, ze standardowymi odlotami i dolotami (SID i STAR) włącznie;
- ostrzeżenia o minimalnej bezpiecznej wysokości lotu (przesyłane do właściwych statków powietrznych, kiedy tylko zostanie to wykryte przez system obróbki danych radarowych);
- instrukcji dotyczących holdingów;
- ostrzeżenia i zalecenia w sytuacjach konfliktowych (TCAS 3);
- komunikaty ATIS;
- planowanie ruchu (dostępność poziomów lotu dla różnych kierunków);
- informacja pogodowa;
- informacja o QNH i kontrola ustawienia wysokościomierza (wraz z przekazaniem ostrzeżenia o błędnych nastawach);
- komunikaty SIGMET;
- komunikaty o niebezpiecznych zjawiskach meteorologicznych;
- NOTAM;
- ostrzeżenia o uskokach wiatru (windshears);
- zarządzanie przepływem ruchu i prognozowanie ruchu na trasach;
- składanie obrazu sytuacji pogodowej w czasie rzeczywistym poprzez zbieranie informacji z radarów meteorologicznych na pokładach samolotów.

Bardzo ważną możliwością Modu S, aczkolwiek kosztowną, jest jego zastosowanie jako naziemnego łącza transmisji danych. Chodzi tu o wymianę informacji między wyposażonymi w Mod S ośrodkami ATC. Dane dotyczące pozycji statków powietrznych, przybliżone czasy przylotu i odlotu (estimates time - ETA, ETD, itp.) i inne dane kontroli ruchu lotniczego mogą być równie dobrze przesyłane jakimkolwiek łączem, ale łącze Modu S jest szczególnie dobrze dopasowane do transmisji danych radarowych. W takim przypadku wszystkie samoloty obserwowane przez jeden system są niemal w czasie rzeczywistym widoczne w drugim. W

ten sposób pokrycie radarowe staje się „nieograniczone", w sensie możliwości obserwacji ruchu lotniczego poza obszarem własnego pokrycia radarowego. Tym samym problemy z koordynacją, będące od dawna poważnym brzemieniem dla kontrolerów, zostały właściwie wyeliminowane. Samo zapytanie Modu S jest właściwie selektywnym wywołaniem jednego konkretnego statku powietrznego. Służy ono do śledzenia i wymiany danych ze statkami powietrznymi, których kody są znane systemowi, jakkolwiek powinien on być zdolny do kontaktowania się z celami wchodzącymi w zasięg. Dotyczy to także samolotów zgłaszających się po raz pierwszy, np. po starcie. Z tego powodu system przemiennie wysyła także zapytania w typowych modach A/C. Te zapytania nie muszą aktywować transponderów samolotów wykrytych wcześniej, więc „staromodne" zapytanie nie wymaga odpowiedzi modem S, lecz tylko A/C. Ponadto jeśli statek powietrzny przestaje być wykrywany przez system na oczekiwanej pozycji przez następne 60 sekund, to jest traktowany jako nowy, a tym samym jest zapytywany modami A/C. Zapytania takie zostały nazwane "sprawdzaniem listy" (lub wywołaniem ogólnym). Statek powietrzny wychodzący spod kontroli systemu staje się nowym gościem dla systemu sąsiedniego, w związku z tym może przestać odpowiadać na zapytania systemu którego zasięg opuszcza. W takim przypadku jego transponder musi zostać zwolniony z obowiązku odpowiadania jednej stacji, a tym samym przygotowany na wywołanie ogólne z następnej. Jest to możliwe dzięki temu, że stacje radarowe z modem S także mają swoje unikalne identyfikatory, które mogą być przesłane do transpondera, razem ze stosownym poleceniem. Z tego wynika, że transponder z modem S musi posługiwać się kombinacjami zapytań i odpowiedzi modami A/C i S, przez co jest w pełni kompatybilny z systemami z konwencjonalnym radarem wtórnym. Zapytanie modem S ma długość podobną do zapytań tradycyjnego SSR, ale musi pomieścić wewnątrz polecenia i dane, mające dotrzeć na pokład statku powietrznego. W modzie S, podobnie jak w konwencjonalnym SSR informacja składa się z bitów, których miejsce w szeregu określa czas. W zapytaniu zwykłego SSR bity są reprezentowane przez impulsy, których wytwarzanie podlega pewnym ograniczeniom technicznym (w rzeczywistości impulsy nie są idealnie prostokątne), napięcie potrzebuje czasu aby wzrosnąć z logicznego 0 do 1, albo opaść z 1 do 0. Jeżeli impulsy będą coraz bardziej zagęszczane, czasu na narastanie i opadanie napięć robi się coraz mniej. W konsekwencji zdeformowane impulsy stają się trudno czytelne. A w modzie S trzeba zmieścić wiele bitów (56 lub 112) w przedziale czasu (około 30 mikrosekund), porównywalnym z zapytaniem konwencjonalnego radaru wtórnego (około 20 mikrosekund) o znacznie mniejszej liczbie bitów. Stąd też modulacja impulsowa została tu zastąpiona fazową modulacją częstotliwości nośnej. W związku z tym częstotliwość zapytania (up-link, 1030 MHz) jest oscylującym sygnałem ciągłym, którego

faza może być skokowo zmieniana pomiędzy 0 a 180 stopni (odwrócenie fazy) w określonych odstępach czasu. Istnieją miejsca, w których faza jest sprawdzana bitami i wtedy, jeżeli w takim bicie różnica fazy wynosi 0 (w tej pozycji nie obserwuje się zmiany fazy - jest ładna, równa fala nośna) to bit ma wartość 0. Natomiast bit ma wartość 1 kiedy na jego miejscu następuje odwrócenie fazy. Tak więc całe zapytanie jest ciągiem bitów - zer i jedynek, z tym że są one zaznaczone fazą fali nośnej zamiast impulsami. Metoda ta została nazwana DPSK (Differential Phase Shifted Key). Odpowiedź modem S jest bardzo długa w porównaniu z odpowiedzią konwencjonalnego radaru wtórnego - musi pomieścić sporo bardzo zróżnicowanych danych. Jej całkowity czas trwania wynosi 64 lub 120 mikrosekund, zależnie od ilości bitów informacji. Jest to z grubsza 3 do 5 razy dłużej niż odpowiedź zwykłego SSR. Mimo tego możliwość garblingu praktycznie nie istnieje, ponieważ tylko jeden transponder nadaje w tym czasie. Odpowiedź modem S używa jako zapowiedzi sygnału zwanego preambułą. Jest to grupa czterech impulsów po 0,5 mikrosekundy, umieszczonych kolejno 0; 1; 3,5 i 4,5 mikrosekundy od początku odpowiedzi. 8 mikrosekund od startu następuje blok danych, złożony z 56 albo 112 przedziałów czasowych po 1 mikrosekundzie, a każdy z nich stanowi jeden bit. Do emisji używa się modulacji impulsowej. Ponieważ impulsy mają różne znaczenie w zależności od ich pozycji, ten typ modulacji nazywa się modulacją impulsowo - pozycyjną (PPM - Pulse Position Modulation). Na tle wielu bardzo zaawansowanych technicznie i supernowoczesnych projektów systemów mod S jest w pełni zgodny z istniejącymi rozwiązaniami, może działać zarówno w ramach wielkiej sieci wymiany danych, jak i w pojedynczym ośrodku z jednym lub dwoma radarami.

Od chwili podjęcia decyzji przez Komitet Zarządzania EUROCONTROL (CE/178, marzec 1995) do zaaprobowania „Strategii dla Początkowego Wdrożenia Mod S wzmożonego nadzorowania wewnątrz obszaru Europy (IIMSES)", wykonana została ogromna praca związana z zaplanowaniem i przygotowaniem implementacji Mod S. Tą problematykę podjęła EUROCONTROL i państwa członkowskie. Na podstawie wyników uzyskanych podczas prowadzonych badań studyjnych analizy kosztów i korzyści, operatorzy linii lotniczych zaakceptowali racjonalne uzasadnienie dla wprowadzenia Mod S elementarnego nadzorowania wewnątrz obszaru Europy. Natomiast Kierująca „Programem Mod S" Grupa EUROCONTROL, podczas swojego spotkania w grudniu 2001, rozumiejąc trudności wyliczone przez użytkowników zaopatrujących, na mocy przyjętego porozumienia, stwierdzono, że ustalona wcześniej data - marzec 2003 - obowiązywania Mod S w Europie jeszcze przez dłuższy czas nie jest realna. W tej sytuacji, ustalenie „Przejściowego Okresu" jest najlepszą znaną praktyką i dlatego będzie stosowany. Agencja EUROCNTROL została poproszona o przygotowanie

„Przejściowego Planu" w ograniczonej konsultacji z ekspertami i odpowiednimi przedstawicielami państw członkowskich jako dokumentu stanowiącego propozycję dla przejściowych umów. Jednak przed obowiązywaniem „Przejściowego Okresu", „Przejściowy Plan będzie przedstawiony do zaopiniowania Grupie Konsultacyjnej (ACG) ATM/CNS NATMC, Szefowi Stałego Komitetu Wykonawczego (CESG) i Cywilno - Wojskowego Stałego Komitetu Interfejsu (CMIC). Zatwierdzenie „Przejściowego Planu" przez Tymczasowe Zgromadzenie EUROCONTROL będzie wymagało ustalenia przejściowego okresu zgodnie z indywidualnymi państwowymi uregulowaniami prawnymi, proceduralnymi i uwarunkowaniami praktycznymi. Uwzględniając spodziewane korzyści, występuje konieczność wykorzystywania Mod S elementarnego nadzoru, tak szybko jak to jest tylko możliwe, wewnątrz całego obszaru Europy. Jednak ważne w tym względzie są dokonane analizy zdolności techniczno – technologicznych przemysłu do wyprodukowania odpowiedniej liczby urządzeń, umożliwiających wykorzystanie Mod S w najwcześniejszym terminie i możliwie najszybszą dostępną drogą. Po uwzględnieniu szeregu przeciwności, przeszkód i innych przesłanek, pojawiła się propozycja, aby „Przejściowy Okres" mimo wszystko rozciągnąć aż 31 marca 2005. Równoczesnie pojawiła się propozycja aby przyjąć wcześniejszy termin dla nowo produkowanych statków powietrznych. Zaznaczono, że wszystkie typy nowych statków powietrznych muszą być certyfikowane jak najszybciej (już od marca 2003 dla większości typów statków powietrznych) to jednak w celu zapewnienia właściwego przebiegu uruchamianego procesu, zaproponowano datę 31 marca 2004 jako tę, od której wszystkie dostarczane nowe statki powietrzne powinny być zmodyfikowane i odpowiednio wyposażone. Należy rozumieć to w ten sposób, że wszystkie wysiłki powinny zmierzać do wykonania stosownych zmian implementacyjnych w możliwie najkrótszym czasie a produkowane obecnie statki powietrzne muszą już posiadać odpowiednie wyposażenie i przynosić wymierne korzyści całej społeczności użytkowników. Pomyślano też i o tym, aby zmobilizować, wspierać państwa w działaniach zmierzających do ogłaszania i implementacji „Przejściowego Okresu" dla Mod S. Toteż w celu wspólnego i zharmonizowanego sposobu dalszego postępowania, agencja EUROCONTROL rozwinęła specyfikacje AIC odnoszącą się do wykonywania lotów IFR/GAT. Właściwie wyróżnić można dwa aksjomaty związane z harmonogramem wprowadzenia Mod S elementarnego nadzoru w Europie:

a) Mod S będzie wprowadzony w celu zastąpienia istniejących Mod A/C jednoimpulsowych wtórnych radarów dozorowania – nadzorowani (MSSRs);
b) parametr identyfikacyjny statku powietrznego (call sign – znacznik wywoławczy) będzie połączony ze statkiem powietrznym, co umożliwi włączenie trasy do planu lotu w korela-

cji z centrami ATM w celu ulżenia aktualnej zależności kodów w Mod A.

Wprowadzenie przedstawionych powyżej założeń zostało poprzedzone fazą przygotowawczą przez EUROCONTROL, w celu osiągnięcia przez uczestniczące państwa kompatybilności i interoperacyjności modowej stacji radarowych (POEMS). W trakcie rozwijania tej problematyki nakazano zwrócić szczególną uwagę na:

- rozwój, przeprowadzanie testów lotniczych i końcową akceptację prototypowych dookólnych stacji w celu zapewnienia interoperacyjności pomiędzy nimi;
- przygotowanie końcowej specyfikacji dla operacyjnych stacji, żeby mogły być używane przez poszczególne państwa do swoich też własnych zapotrzebowań i przygotowanie specyfikacji dla Mod S.

Korzyści wynikające z wprowadzenia Mod S elementarnego nadzorowania mogą być skrótowo przedstawione w dwóch zasadniczych aspektach:

- selektywny interrogator poprawia jakość i integralność nadzoru danych w warunkach wzrastającego natężenia ruchu lotniczego;
- pokonywane są ograniczenia aktualnych MSSRs spowodowane interferencją radiowych częstotliwości (RF), liczbą i bliskością celu.

To są warunki wstępne, niezbędne dla utrzymania bezpieczeństwa w aktualnie wyznaczonych poziomach, kiedy uwzględniony zostanie potencjalny wzrost ruchu lotniczego. Trzeba zaznaczyć, że w przeciwnym razie redukowanie i ograniczanie wykrywania celów wpłynie negatywnie na płynność kontroli ruchu lotniczego, prowadząc w przyszłości do licznych opóźnień. Natomiast identyfikacja statków powietrznych bazująca na kontroli ich trasy według skorelowanego planu lotu, załagodzi aktualny brak kodów występujący podczas korzystania z modu A i dlatego przyczyni się do wzrostu pojemności. Dodatkowe korzyści wynikają z redukcji zanieczyszczenia RF, a tym samym pojawiają się możliwości wyznaczenia dodatkowych zastosowań dla częstotliwości 1090 MHz, tak jak chociażby powiększony Squitter dla zastosowań systemu ADS - B.

Obecnie rozpoczęto rozmieszczanie w zachodniej Europie radarów odpowiednio wyposażonych do pracy według standardów Mod S i są one właśnie poddawane operacyjnym próbom polowym. Jednak możliwość ich operacyjnego wykorzystania przez właścicieli i współużytkowników jest zaplanowana dopiero na rok 2004. Warto zaznaczyć, że w tym samym roku planuje się uruchomić kolejne 22 radary a w marcu 2005 aż 39 radarów. Jest sprawą oczywistą, że stosownie do rozprzestrzeniającej się liczby radarów wyposażonych w Mod S aż do osiągnięcia przez nie pełnej operacyjnej konfiguracji, muszą również zostać włączone do operacyjnego wykorzystania funkcje nadzorowania identyfikacji kodowej (SI code – Su-

rveillance Identifier code) i grupowania. Przewiduje się także, że ten sposób identyfikowania statków powietrznych już w połowie 2004 roku powinien przysporzyć określonych korzyści właścicielom i użytkownikom, gdy tylko zacznie dostarczać same kody ratownicze.

Natomiast uwzględniając różnorodne uwarunkowania początkowe, infrastrukturę naziemną i szereg innych czynników, zakłada się, że rozpoczęcie implementacji „Programu Mod S" nastąpi w obszarze przestrzeni powietrznej: Belgii, Holandii, Niemczech i w części przestrzeni powietrznej kontrolowanej przez Maastricht UAC. Właśnie w tych obszarach, pokrytych ośrodkami ATC, identyfikacja statków powietrznych (ID) oparta jest na zaplanowywanej korelacji, która zostanie uruchomiona w marcu 2005. W związku z tym zaplanowano, że odpowiednio zostaną wyposażone do marca 2005 następujące ośrodki ATC: Maastricht, Karlsruhe, Langen, München, Brema, Düsseldorf, Bruksela, Amsterdam, Paryż, Athis-Mons, Reims. Jest sprawą oczywistą, że potrzebne jest wykonanie odpowiednich zmian dotyczących wyposażenia statków powietrznych, aby możliwe było korzystanie z Modu S elementarnego nadzorowania. W takim układzie niezbędne jest wykonanie dwóch zasadniczych przedsięwzięć:

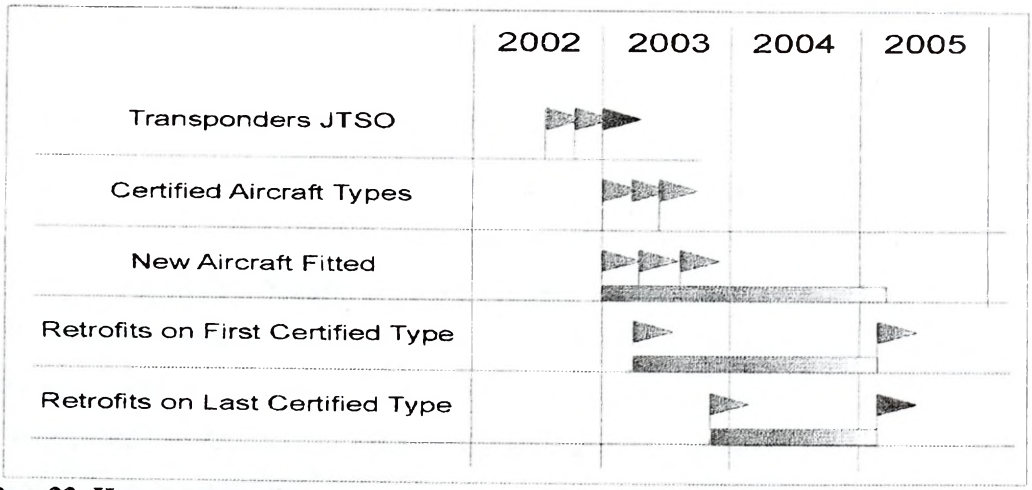
a) posiadanie transponderów Modu S - początkowo zaleca się aby wspieranie funkcji Mod S elementarnego nadzoru uzyskać na bazie aktualnie stosowanych transponderów, które trzeba jednak zmodernizować lub zastąpić takimi, aby była pełna zgodność z wymaganiami elementarnego nadzorowania oraz zdolność korzystania z SI code.
b) włączenie zdolności do przekazywania łączem telemetrycznym identyfikującego parametru statku powietrznego (znak wywoławczy – call sign lub numer rejestracyjny). Wymaga to zainstalowania nowych elementów i umożliwienie dokonania zmiany w systemie zarządzania lotem – FMS (Flight Management System), równoważnym, alternatywnym, dodatkowym lub wymiany odpowiedniego urządzenia panelu kontrolnego.

Zasadne jest podanie, że jako zalecenia dotyczące certyfikowania zmodyfikowanej awioniki statku powietrznego, JAA opracowała w ścisłej współpracy z EUROCONTROL odpowiednią dokumentację produkcyjną dla standardowej certyfikacji wyposażenia - JTSO C112a, która została opublikowana w lutym 1999. Natomiast wnioski dotyczące rozpoznawania minimalnych operacyjnych osiągnięć zawarła EUROCAE w specyfikacji dla radarów wtórnego nadzorowania transponderów Modu S (ED-73A). Instalacja wykonawczych materiałów (TGL 13) została opublikowana w maju 2001 a regulacje transportowych wymagań (JAR-OPS) były uzgodnione i opublikowane w 2002. Chociaż wskazówki certyfikacyjne istnieją, to stało się jasne, że ogrom pracy pozostaje jeszcze do zrobienia i początkowy termin marzec 2003 (termin ten początkowo był określany jako nieprzekraczalny dla uzupełnienia wszystkich

statków powietrznych w odpowiednie wyposażenie Mod S elementarnego nadzorowania) jest technicznie niewykonalny. Potwierdziło ten stan rzeczy także oświadczenie przedstawicieli przemysłu oraz list wysłany przez członków AEA/IATA i grupy JURG (Joint User Requirement Group). Założenia dotyczące proponowanych zmian, związanych ze zwiększeniem bezpieczeństwa zostały dokładnie skonfrontowane w ramach „Programu Mod S". Natomiast po niespodziewanych wydarzeniach z 11 września 2001, minister transportu US powołał 16 września w ramach szybkiej reakcji Zespół Lotniczego Bezpieczeństwa, który opracował i przedstawił już 1 października raport. W dokumencie tym stwierdzono, że kilka odpowiednich sposobów bezpieczeństwa powinno być zawsze branych pod uwagę wewnątrz statków powietrznych, aby skutecznie walczyć z nowymi zagrożeniami. Pomiędzy tymi określonymi sposobami, znalazło się zalecenie (rekomendacja 16), że zadania odpowiednich sił powinny determinować konieczne modyfikacje do zabezpieczenia ciągłej transmisji sygnału porwania przez transponder, nawet jeśli podczas wykonywania lotu na pokładzie statku powietrznego wybrany kod lub funkcja są wyłączone. Tak sprecyzowane zadania starano się różnie identyfikować poprzez zastosowanie odpowiednich modyfikacji np. adresowanie wyjścia ciągłej transmisji. Ponadto, mając na względzie dokumenty normatywne dotyczące lotniczego i transportowego bezpieczeństwa - Aviation and Transportation Security Act (opublikowane przez Kongres USA 16 listopada 2001), a specjalnie ich sekcję 104 „Ulepszona Lotnicza Pokładowa Integracja Pomiarów", Federalna Administracja Lotnictwa (FAA USA), zaczęła intensywnie rozważać mandatowanie transportu sposobem transpondera powtarzającego zmiany na FAR 121 statku powietrznego. NPRM pojawił się w połowie 2002 roku i w rezultacie już był znany pod koniec 2002. Oznacza to, że transport może być mandatowy już od 29 marca 2005. Odnośnie Mod S, PSG polecił, żeby zmodyfikować względy bezpieczeństwa, wziąć je pod uwagę, co w efekcie powinno doprowadzić do tego, że operatorzy połączą te wszystkie aspektu z implementacją Mod S elementarnego nadzorowania. To polecenie uległo wzmocnieniu po konsultacjach z FAA. W konsekwencji, rozsądnie zostało rozważone uwzględnienie transpondera w zakresie modyfikacji bezpieczeństwa podczas konstruowania „Przejściowego Planu". Szczególny nacisk na skali czasu w tym programie jest położony na okres mniejszy niż 6 miesięcy (około trzy miesiące dla producentów awioniki w zakresie wyznaczonych zmian).

Analizując wszelkie konsultacje z producentami transponderów, stwierdzono, że wiele zakładów zajmujących się awioniką zmierza do certyfikowania nowych wersji transponderów posiadających wszystkie wymagane funkcje Mod S. Szczegółowe oszacowanie zostało prowadzone w celu ustalenia daty, od której wszystkie zmodyfikowane transpondery mogłyby

być produkowane i dostarczane. Okazało się, że wymaga to jednak jeszcze odpowiedniego czasu i zachowania ostrożności organizacyjnej oraz zaplanowania odpowiednich środków finansowych. Toteż jako konieczny uznany został okres dwóch lat po uzyskaniu dostępu do zmodyfikowanych transponderów. Również typy statków powietrznych muszą być recertyfikowane z odpowiednimi zmianami względem już zamontowanych transponderów. Producenci statków powietrznych odbywali szczegółowe narady i ich certyfikacyjne plany zostały odpowiednio zrecenzowane. Największe certyfikacyjne zmiany na statkach powietrznych planowane są na ten rok (2003) i od tego momentu liczy się dwu letni okres, jaki przewidziano do dokonania potrzebnej modernizacji infrastruktury przez użytkowników przestrzeni powietrznej. Dodatkowo linie lotnicze potwierdziły, że one będą też potrzebowały około dwóch lat do włączenia zmian jako części ich określonej działalności. Przemysł także jasno stwierdził, że przyjęta data - marzec 2003 nie może być zaakceptowana. Jednak „Program Mod S" w konsekwencji doprowadził do wykonania obszernego oszacowania przemysłowej gotowości dla lotniczego wprowadzenia Mod S elementarnego nadzorowania a wykonane sprawozdania, plany i szacunkowe zdolności przedstawiają, że najwcześniejszą realną datą do wykonania kompletnych przeróbek, które uwzględniałyby możliwość zabezpieczenia odpowiednich modyfikacji technologiczno - technicznych jest marzec 2005. To jest też data aktualnie wybrana przez FAA dla modyfikacji transponderów w celu zwiększenia bezpieczeństwa. Harmonogram zaplanowanych przedsięwzięć prezentuje rys. 33. Zaproponowano również, aby nowo produkowane statki powietrzne już były dostarczane ze stosownymi modyfikacjami tak szybko jak to tylko jest możliwe, ale nie później niż od 31 marca 2004. EUROCONTROL będzie zachęcać i nadzorować czy wszyscy zobligowani do określonej działalności wykonują zalecone zamierzenia według przyjętego planu.



Rys. 33. Harmonogram zaplanowanych przedsięwzięć

8. ZBIERANIE, KODOWANIE, TRANSMISJA I ARCHIWIZACJA DANYCH W LOTNICZYCH SYSTEMACH

Wymiana informacji za pomocą głosu ludzkiego nie jest w stanie sprostać aktualnym wymaganiom. Cechuje się ona wieloma wadami, takimi jak: częste przekłamania, szczególnie przy komunikowaniu się personelu różnych narodowości, a przede wszystkim zbyt małą wydajnością (ilość informacji przekazywana w jednostce czasu) powodującą ograniczenia jej roli w łączności pomiędzy użytkownikami. Stąd też powstało zapotrzebowanie na inne sposoby komunikacji, które zapewniałyby dostarczanie ogromnej liczby różnorodnych danych do wszystkich użytkowników w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do niego. W związku z tym prowadzone są badania nad cyfrową technologią przetwarzania danych oraz metodami ich przesyłania w oparciu o różne łącza. Obecnie rozpatrywane są trzy niezależne sposoby: transponder radaru wtórnego z odpowiednim modem, dwustronne łącza VHF (VHF data link), łącza KF lub łącza satelitarne.

Urządzenia lotnicze do zbierania danych (pokładowe rejestratory danych), osławione „czarne skrzynki" są czerwone lub pomarańczowe i zawierają zapis tego, co działo się ze statkiem powietrznym podczas wykonywania lotu. Wykonane są niezwykle solidnie, bowiem muszą przetrzymać katastrofę w stanie nienaruszonym. Głównym ich zadaniem jest dostarczenie zapisu parametrów lotniczych, dzięki którym możliwe staje się ustalenie rzeczywistej przyczyny przesłanki, wypadku, katastrofy oraz początkowego błędu rozpoczynającego wyzwolenie całego łańcucha zdarzeń w wyniku, których doszło do tragicznego finału. Podkreślić należy, że podejmowane wysiłki w celu wyjaśnienia przebiegu wypadku mają służyć profilaktyce, przyczynić się do uniknięcia powstania podobnych przesłanek w przyszłości. Pokładowe rejestratory danych mają również zastosowanie wtedy, gdy wypadek jeszcze się nie wydarzył i wtedy rejestracja parametrów związanych z lotem statku powietrznego pełni rolę diagnostyczną, bo pozwala na wczesne wykrycie określonych symptomów. Anomalie w działaniu systemów, przekroczenia wartości dopuszczalnych i drobne błędy załogi mogą być wykryte dzięki analizie zapisów rejestratorów pokładowych.

Rejestratory parametrów osiągów statków powietrznych istniały od zarania lotnictwa, bowiem tachografy i barografy stosowano m.in. do potwierdzania rekordów. Natomiast takie już bardziej odporne „pancerne" urządzenia do zapisu kilku podstawowych parametrów celu odtworzenia profilu lotu i stanu zespołu napędowego (*Flight Data Recorder* - FDR) pojawiły się w latach pięćdziesiątych i początkowo w lotnictwie wojskowym. Przed wprowadzeniem

rejestratorów badanie przyczyn wypadków lotniczych było niezwykle trudne a inspektorzy dysponowali w zasadzie tylko swoją wiedzą i doświadczeniem. Pomoc ze strony statku powietrznego była niewielka - kilka charakterystycznych punktów konstrukcji, ślady iskrzenia (znak, że w momencie wypadku było napięcie w instalacji), ślady wskazówek na skalach przyrządów, itp. Pierwsze "czarne skrzynki" były urządzeniami elektromechanicznymi, ciężkimi i wymagającymi pieczołowitej obsługi a pierwsza generacja rejestratorów posiadała trzy odmiany konstrukcyjne. W Stanach Zjednoczonych preferowano zapis widoczny gołym okiem - rysiki rejestrujące poszczególne parametry zostawiały ślad na taśmie z folii stalowej tzw. *Incanol*. Już taki zapis dawał duże możliwości odczytu z uszkodzonego nośnika. Odmianą tej metody był zapis na taśmie fotograficznej, najdłużej stosowany w konstrukcjach radziecko - rosyjskich. Natomiast Brytyjczycy stosowali zapis magnetyczny na stalowej taśmie lub drucie, był on sekwencyjny (poszczególne parametry były próbkowane - przeważnie co sekundę i zapisywane w stałej kolejności). Rejestrator mógł zapisać osiem parametrów lotu i jeden kanał dźwięku - wszystko na pojedynczym drucie z miękkiej stali, o grubości 0.005 mm. Szpule były podwójne, ponieważ cienki drut może się zerwać, gdy jest go za dużo na szpuli. Gdy kończył się drut na szpulach dolnych, ruszały górne, co dawało cztery godziny zapisu. Pierwszym rejestratorem magnetycznym z prawdziwego zdarzenia był *Flight Memory Recorder*, skonstruowany w 1956 roku przez Davida Warrena z Aeronautical Research Laboratories w Melbourne (Australia) i działał on lepiej niż amerykański. Do identyfikacji śladów zapisu magnetycznego powszechnie używano żelaza koloidowego, czyli pyłu stalowego tak drobnego, że zachowywał się jak emulsja. Po nałożeniu na powierzchnię taśmy proszek gromadził się w miejscach namagnesowanych, tym samym ukazując prążki zapisu. Te pierwsze rejestratory parametrów lotu wykazały swoją przydatność tak dobitnie, że amerykańska CAA (*Civil Aviation Authority* - późniejsza FAA) już w roku 1958 wydała przepisy nakazujące stosowanie minimum pięciokanałowych rejestratorów na pasażerskich statkach powietrznych. Natomiast analogiczne przepisy brytyjskie w 1960r. uzależniały montaż rejestratora od masy startowej statku powietrznego (20000 funtów). W tym okresie czasu opracowane zostały aktualne do chwili obecnej zasady konstrukcji i montażu czarnych skrzynek. W związku z tym przyjęto, że rejestrator:

- należy umieszczać w najrzadziej ulegającemu zniszczeniu miejscu kadłuba – ogonie;
- kolor urządzenia powinien być jaskrawy i trwały aby ułatwione było jego odszukiwanie w szczątkach wraku;
- urządzenie powinno być opatrzone napisem ostrzegawczym w języku angielskim i francuskim: "*Flight Recorder - Do Not Open*" i "*Enregistreur De Vol - Ne Pas Ouvrir*";

- część zawierająca nośnik powinna być zamontowana w sposób łatwy do odłączenia i zaopatrzona w mocny uchwyt dla ręki lub manipulatora;
- elektroniczne układy zbierania i przygotowania danych do zapisu mogą być fizycznie oddzielone od rejestratora i nie muszą być opancerzone;
- rejestrator musi być odporny na udary przy czym jego mechanizm może ulec uszkodzeniu, ale nośnik informacji powinien pozostać nietknięty;
- pancerz rejestratora powinien być odporny na przebicia, wysoką temperaturę, działanie wody morskiej oraz płynów i gazów, spotykanych w samolocie (tlen, azot, paliwo, olej, płyn z układów hydraulicznych, płyny i gazy z akumulatorów, płyny spożywcze oraz środki gaśnicze, myjące i dezynfekcyjne).

Rejestratory drugiej generacji, które można jeszcze spotkać to urządzenia zapisujące na cienkich i odpornych taśmach magnetycznych wykonanych na podłożu z tworzyw sztucznych. Do zalet takich taśm zalicza się: dużą gęstość zapisu, gładki przesuw, wymagający mniejszej mocy napędu, małą masę i odporność na zniszczenie. Jednak dużym problemem pozostawała odporność na wysokie temperatury. Po zastosowaniu jej w nowych rejestratorach parametrów zwiększono wymaganą ilość zapisywanych parametrów i odporność na wstrząs. Duży postęp elektroniki i technologii półprzewodników umożliwił zastąpienie prostych układów dostosowujących sygnały pomiarowe do zapisu urządzeniami współpracującymi z dowolnymi czujnikami, próbkującymi, sortującymi i buforującymi dane. Bloki te, znane jako FDAU (*Flight Data Acquisition Unit*) połączono z rejestratorem dwuprzewodowym poprzez interfejs szeregowy ARINC-573/717, przyjęty później jako światowy standard. Dodano także ultradźwiękowy sygnalizator (ULB - *Underwater Locator Beacon*, typowo 37.5 kHz), umożliwiający namierzanie położenia czarnej skrzynki pod wodą.

Właściwie pierwszymi rejestratorami z taśmą magnetyczną były pokładowe rejestratory dźwięku (*Cockpit Voice Recorder* - CVR), działające na zasadzie zamkniętej pętli nośnika. W 1965 roku FAA nałożyła na przewoźników obowiązek stosowania CVR, zdolnych do zapamiętania ostatnich 30 minut korespondencji radiowej i tła dźwiękowego w kokpicie. Owo tło jest dla inspektora, badającego przebieg wypadków, równie ważne jak korespondencja radiowa. Składają się na nie rozmowy załogi, odgłosy zespołów napędowych, struktury kadłuba, podwozia, dźwigni i przełączników, szum aerodynamiczny oraz sygnały ostrzegawcze (np. przeciągnięcia). Na podstawie analizy takich danych można bardzo precyzyjnie określić chronologię wydarzeń. Okoliczności towarzyszące nagraniu powodują, że do odsłuchu często trzeba zatrudniać analizatory widma dźwięku i korektory cyfrowe. Ze względu na naturę ta-

kiego materiału (zapis reakcji w sytuacji krytycznej), nagrania i ich transkrypcje są traktowane jako poufne. Tym niemniej decyzja o włączeniu lub wyłączeniu CVR należy do kapitana.

CZYNNIK	METODA TESTU
Wstrząs	Przyspieszenie 3400 G przez 6.5 milisekundy
Przebicie	Uderzenie masy 226 kg spadającej z wysokości 3 m na powierzchni o średnicy 6 mm.
Ogień	Ogrzewanie płomieniem gazowym do 1100 stopni Celsjusza przez 30 minut i przez 10 godzin do 260 stopni.
Woda morska	Zanurzenie na głębokości 6000 m przez 30 dni.
Płyny eksploatacyjne	Zanurzenie przez 48 godzin w paliwie lotniczym, oleju, płynie do układów hydraulicznych, płynie do dezynfekcji toalet i środkach gaśniczych.

Tabela 8. Wymagana odporność rejestratorów w zależności od czynników

Najnowsze rejestratory FDR i CVR w ogóle nie mają części ruchomych – zapis cyfrowy jest utrzymywany w pamięciach półprzewodnikowych. Dzięki temu nie wymagają częstych przeglądów i są w stanie znieść znacznie więcej niż taśmowe. W czasie prób jeden z rejestratorów półprzewodnikowych wytrzymał przeciążenie 6000 G. Nowe rejestratory mogą być bez kłopotu wykonane jako zamienniki taśmowych lub foliowych, jeżeli tylko czujniki samolotu dostarczają potrzebnej ilości danych. Istnieją też zintegrowane rejestratory CVR i FDR (*Combined Voice and Flight Data Recorder* - CVFDR). Przepisy wymagają zapisu głosu i parametrów na dwóch oddzielnych urządzeniach, więc CVFDR może zastąpić tylko jeden z rejestratorów i instalacji na starszych samolotach cyfrowych urządzeń FDAU (DFDAU - *digital FDAU*) i stosowania znormalizowanego formatu zapisu danych. Od FDR (obecnie DFDR - *digital FDR*) wymaga się rejestracji co najmniej 28 parametrów (właściwie 36, ale niektóre są opcjonalne) do których zalicza się: czas, wysokość lotu, prędkość TAS, prędkość względem ziemi (ground speed), przyspieszenie pionowe, przyspieszenie wzdłużne, przyspieszenie poprzeczne, przechylenie, pochylenie osi podłużnej, kurs, kąt natarcia skrzydła, czas każdej transmisji radiowej, ciąg każdego z silników (jeżeli jest TMCS należy zarejestrować zmianę położenia dźwigni ciągu i ciąg docelowy), ustawienie klap, ustawienie slotów, położenie odwracaczy ciągu (każdego silnika z osobna, chyba że konstrukcja uniemożliwia powstanie asymetrii), położenie hamulców aerodynamicznych, pozycja steru wysokości (kolumny sterowej i/lub powierzchni sterowych), pozycja steru przechylenia (wolantu i/lub powierzchni sterowych), pozycja trymera steru wysokości, włączenie autopilota, tryb pracy automatyki sterowania, sygnał ostrzegawczy GPWS, odchylenie od ścieżki schodzenia (przy podejściu),

odchylenie od kierunku podejścia, przejście nad markerem lub wskazania DME, pozycja i stan podwozia głównego, temperatura powietrza na zewnątrz, ciśnienie w instalacji hydraulicznej plus sygnalizacja spadku ciśnienia.

Typowe nowoczesne rejestratory FDR mogą zapisywać do 300 parametrów przez 25 godzin. CVR utrzymują zapis 4 kanałów dźwięku przez czas od wymaganych 30 minut do dwóch godzin. Do tego dochodzą surowe wymagania precyzujące procedurę kontroli sprawności i gotowości czarnej skrzynki, konserwacji i przechowywania danych (minimum 25 godzin). Nawet od baterii wymaga się minimum 30 dni pracy (i do 6 lat składowania). Konstrukcja czarnych skrzynek musi zapewnić ochronę zapisu w warunkach naprawdę ekstremalnych (tabela 8). Innym nieco rodzajem rejestratorów parametrów lotu są tzw. rejestratory szybkiego dostępu, które używane są do szybkiego i bezpośredniego odczytu wielu źródeł danych, niezbędnych do wykonania technicznej i ekonomicznej analizy eksploatacyjnej statków powietrznych. Mają one możliwość zapisu danych pochodzących z różnych rodzajów samolotów i różnych FDAU. Jako urządzenia pomocnicze nie są one objęte wymaganiami technicznymi obowiązującymi typowe czarne skrzynki. Nie są szczególnie zabezpieczane, a nośnik informacji jest często zwykłą kasetą typu magnetofonowego. Zresztą rejestratory szybkiego dostępu stosuje się coraz rzadziej. W statkach powietrznych zaopatrzonych w rejestratory cyfrowe i DFDAU dostęp do danych nie wymaga ani czasu, ani specjalnych zabiegów - wystarczy podłączyć przenośny komputer i skopiować zawartość.

Możliwości interpretacji danych z rejestratora zależą od ilości zapisanych parametrów i technicznego stanu nośnika. Same dane i ich wzajemna korelacja są tylko jednym ze źródeł do opracowania historii wypadku. Właściwy obraz wydarzeń zaczyna się rysować dopiero na podstawie zestawienia zapisu z danymi z innych źródeł: zeznaniami świadków, danymi meteorologicznymi, śladami materialnymi, właściwościami i konstrukcją samolotu, itd., przy czym kapitalne znaczenie ma wiedza i doświadczenie ekspertów. Urządzenia do odczytu i analizy parametrów lotu rozwijały się trochę niezależnie od techniki rejestracji. O ile sam odczyt zależy od techniki zapisu, to techniczne środki wspomagania interpretacji są zależne od dostępnych technologii przetwarzania danych. Pierwotnie cała obróbka zapisu polegała na przeniesieniu danych na taśmę papierową. Sporządzano wykresy poszczególnych wartości i ich zestawienia. Analiza polegała głównie na ręcznym zestawianiu dostępnych informacji w celu potwierdzenia lub odrzucenia wersji roboczych. Wizualizacja wyników ograniczała się do panelu przyrządów. Jedynym dostępnym narzędziem praktycznego sprawdzenia teorii był eksperyment. Weźmy chociażby słynny basen, zbudowany do zbadania zjawiska zmęczenia materiału kadłuba statku powietrznego De Havilland *Comet*.

Zastosowanie komputerów pozwoliło na lepsze opracowanie danych, a przede wszystkim na modelowanie przebiegu zdarzeń. Tym samym stało się możliwe otrzymywanie obrazu sytuacji z uwzględnieniem wszystkich dostępnych danych, a także można było weryfikować różnorodne wersje rozwoju wydarzeń w zależności od wybranych czynników. Dalszy rozwój techniki komputerowej umożliwił obserwację zjawisk w dowolnej skali czasu, także w czasie rzeczywistym, oraz pozwolił na zastosowanie nowych metod wizualizacji. Oprócz numerycznej prezentacji danych można uzyskać trójwymiarową wizualizację toru lotu. Natomiast wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej komputerów stało się możliwe symulowanie i wizualizacja zachowania poszczególnych struktur i mechanizmów statku powietrznego. Podkreślić należy, że dzięki zastosowaniu nowoczesnych technik obróbki danych zidentyfikowano i usunięto wielką liczbę rzeczywistych i potencjalnych przyczyn wypadków lotniczych. Jednak nie oznacza to, że usunięte zostały całkowicie przyczynowe kategorie wypadków lotniczych, bowiem powstają nowe a ich źródłem jest współczesny świat, tempo życia, stres, zalew informacji, presja ekonomiki.

Obecnie największe znaczenie praktyczne mają kody systematyczne, w których wydzielone są pozycje informacyjne (wpisywane informacje elementarne) i kontrolne (wpisywane sygnały binarne, są pewnymi funkcjami zespołu informacji elementarnych). Sygnały w pozycjach kontrolnych są jak gdyby „częściowym" powtórzeniem sygnałów w pozycjach informacyjnych. Dzięki sygnałom kontrolnym nie każde zniekształcenie sygnału elementarnego prowadzi do nie dającego się usunąć zniekształcenia informacji. Przyporządkowując ciągom sygnałów binarnych jako ciągi liczb binarnych 0,1 możemy zdefiniować przekształcenie ciągów sygnałów odpowiadające algebraicznym zniekształceniom ciągów liczb binarnych. Wprowadzając definicję iloczynu skalarnego ciągi sygnałów binarnych możemy też interpretować jako wektory. W związku z tym możemy mówić w szczególności o ortogonalnych ciągach sygnałów binarnych. Podstawą ze względu na zastosowania podklasą kodów systematycznych są kody liniowe. W kodzie liniowym systematycznym są określane zespoły pozycji obejmujące na ogół jedną pozycję kontrolną i pewien podzbiór pozycji informacyjnych, zwane zespołami kontrolnymi. Liczbę w pozycji kontrolnej dobieramy tak, by suma jedynek w pozycjach wchodzących w skład zespołu kontrolnego była zawsze parzysta, niezależnie od informacji. Jest to na ogół możliwe, jeżeli zespołów kontrolnych jest tyle, ile pozycji kontrolnych. Kodowanie nie wnosi zniekształceń informacji ziarnistej z wyjątkiem tego, że wnosi opóźnienie. Koszty związane z budową kodera zależą w głównej mierze od liczby działań elementarnych niezbędnych do wytworzenia ciągu kodowego na podstawie ciągu informacji

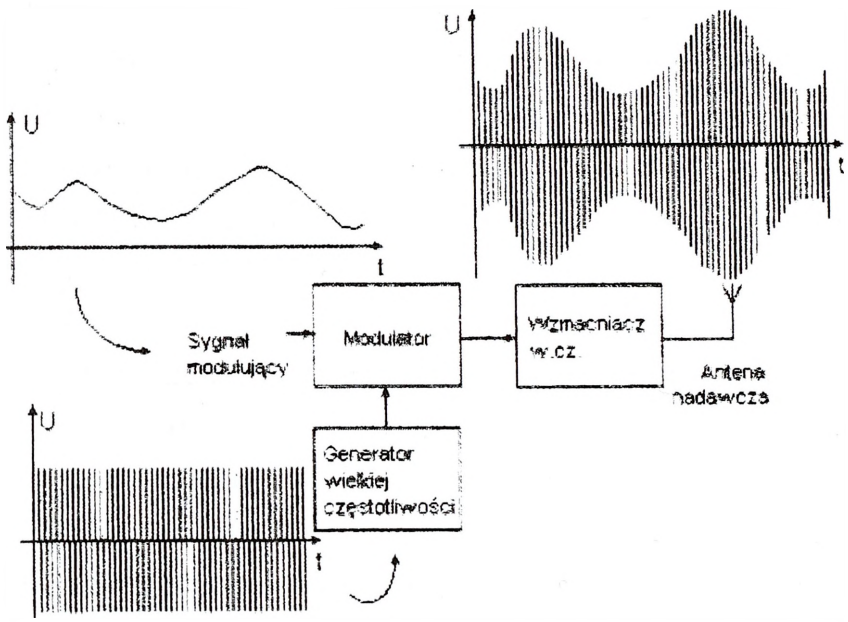
elementarnych. Natomiast koszty związane z przesyłaniem ciągów kodowych zależą w głównej mierze od długości ciągów kodowych.

Archiwizacja bazy danych jest jedną z najważniejszych operacji dotyczących bezpieczeństwa bazy danych. Utrata lub uszkodzenie danych na komputerze może nastąpić z wielu powodów, np. uszkodzenie dysku twardego lub nawet kradzież komputera. Należy zdawać sobie sprawę, że dane w komputerze są tak samo, albo nawet bardziej cenne niż sam komputer. Utrata danych może doprowadzić do konieczności wprowadzania wszystkich danych ponownie, co może być długotrwałe, a co za tym idzie kosztowne. Niektóre dane mogą być niemożliwe do odtworzenia. Aby zabezpieczyć się przed taką ewentualnością należy możliwie często dokonywać archiwizacji bazy danych na przenośnym nośniku danych (dyskietki, taśmy magnetyczne lub przenośne dyski twarde), tak, aby można było przechowywać je w innym pomieszczeniu np. w sejfie. Nie należy dopuszczać do sytuacji, gdy jedyna kopia danych znajduje się na tym samym nośniku co dane oryginalne (na tym samym dysku).Jeżeli dokonuje się kopii danych na dyskietkach należy pamiętać, aby sporządzać kopie na kilku kompletach dyskietek. Nie należy używać jednej dyskietki do sporządzania kolejnych kopii danych. Kopię danych należy sporządzać możliwie najczęściej - najlepiej codziennie. Oprócz kopii bieżących, dobrze jest sporządzać w pewnych okresach np. co miesiąc lub przynajmniej przy zamknięciu roku osobne kopie danych i przechowywać je w innym pomieszczeniu. Co pewien czas należy sprawdzić czy kopia danych wykonana jest poprawnie. Najlepiej przez próbne odtworzenie bazy danych na innym komputerze. Nigdy nie należy kasować starych danych archiwizacyjnych przed sporządzeniem nowej kopii danych. Na rynku oprogramowania istnieje bardzo wiele różnorodnych programów służących do tworzenia kopii bezpieczeństwa danych. Są to programy specjalizowane, których zadaniem jest tylko dokonywanie archiwizacji danych. Popularnym i sprawdzonym sposobem archiwizacji danych jest korzystanie z ogólnie dostępnych programów kompresujących takich jak np. pkzip.exe, arj.exe, rar.exe. Dobrze jest napisać prosty program typu "bat" który będzie automatycznie dokonywał kompresji danych i kopiowania ich na dyskietki. Przykład programu: kopia.bat dokonującego kompresji danych i kopiowania ich na dyskietki. Program ten będzie kompresował i kopiował na dyskietki (przy użyciu programu pkzip.exe) wszystkie katalogi z danymi znajdujące się w katalogu C:\BAZA DANYCH. Jeżeli dane nie będą mieściły się na jednej dyskietce, wówczas program poprosi (w języku angielskim) o włożenie dyskietki kolejnej. Podobny program może do kompresji i kopiowania danych używać programu arj.exe. i również kopia.bat należy umieścić w katalogu C:\BAZA DANYCH. W katalogu tym powinien również znajdować się program arj.exe.

Przesyłanie informacji za pomocą radiostacji lotniczej.

Zadaniem nadajnika jest emisja informacji w postaci fal elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości. Informację tą przeważnie dostarcza się do nadajnika po uprzedniej zamianie z postaci oryginalnej na sygnały elektryczne. Sama informacja może występować w różnorodnej postaci: począwszy od dźwięków (głos, muzyka, telegrafowanie "Morsem") i obrazów (telewizja, telefaks), do sygnałów radionawigacyjnych i zdalnego sterowania pracą urządzeń. Zatem zadaniem nadajnika jest wytworzenie radiowej fali nośnej, zakodowanie w niej informacji użytecznej oraz wzmocnienie do poziomu mocy, zapewniającego wymagany zasięg. Do wyjścia nadajnika podłączona jest antena nadawcza. Fala nośna jest wytwarzana w generatorze wielkiej częstotliwości, która jest emitowana przez nadajnik. Oznacza to, że jakość generatora wielkiej częstotliwości jest istotna dla parametrów całego łącza radiowego i powinna być możliwie niezmienna w czasie. Przy niewielkich wymaganiach jakościowych i częstotliwości do kilkuset kHz stosuje się generatory z obwodem LC - równolegle połączonymi cewką i kondensatorem. Pojemność kondensatora i indukcyjność cewki decydują o częstotliwości. Generatory LC występują także w radiolokacji, gdzie operuje się częstotliwościami rzędu GHz, ale przy tych wartościach i impulsowej technice pracy nadajniki radarów mają bardzo specyficzną konstrukcję. Generatory w.cz. o przyzwoitszych parametrach są zwykle stabilizowane rezonatorem kwarcowym. Pojedynczy rezonator może stabilizować tylko jedną częstotliwość, dla której został wykonany. W nadajnikach przestrajanych stosuje się dwa rozwiązania. Jedno, prostsze, polega na zastawaniu przełączanych rezonatorów - jeden rezonator na jeden kanał łączności. Taka konstrukcja jest prosta i tania, ale opłacalna tylko dla niewielkiej liczby kanałów - z reguły do dwunastu. Kiedy potrzeba nadajnika przestrajalnego w całym paśmie, obejmującym wiele kanałów radiowych, stosuje się syntezę częstotliwości. Polega ona na otrzymywaniu potrzebnej częstotliwości metodą mieszania ("zdudniania") przebiegów wytwarzanych przez dwa lub więcej generatory kwarcowe. Generator w.cz. z syntezą składa się z kilkunastu "minigeneratorów" kwarcowych i elektronicznego bloku sterowania (obecnie prawie zawsze cyfrowego). Kiedy przestrajamy taki nadajnik (pokrętłem lub klawiaturą numeryczną) układ sterowania włącza odpowiednie generatory i filtry, produkujące razem żądaną częstotliwość. Oczywiście synteza nie działa płynnie - stopniowanie częstotliwości dobiera się zależnie od przyjętego odstępu międzykanałowego. Dla lotniczej łączności radiowej w paśmie 118 - 136.975 MHz odstęp między sąsiednimi kanałami wynosi 25 albo 8.33 kHz. Kolejny blok funkcjonalny nadajnika, modulator, służy do nałożenia na falę nośną sygnału użytecznego. Cały proces nazywa się modulacją. Konstrukcje modulatorów zależą od typu

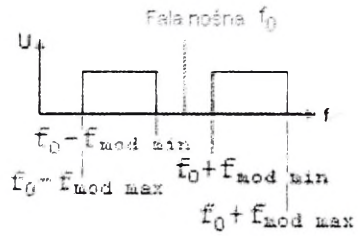
modulacji, zastosowanego w łączności. Istnieją trzy podstawowe rodzaje modulacji: amplitudowa, kątowa i impulsowa. Wewnątrz każdej z nich wyróżnia się całe mrowie rozmaitych emisji. Na rysunku blokowym nadajnika naniesiono amplitudową modulację fali nośnej, powszechnie znaną jako AM (Amplitude Modulation). Sygnał modulujący jest zakodowany jako obrys (fachowo: obwiednia) fali nośnej na wyjściu. Modulacja amplitudowa jest podatna na zniekształcenia i nie nadaje się do przesyłania sygnałów o dużej dynamice (na przykład muzyki). Przyczyną jest niewielka różnica między najwyższą a najniższą amplitudą zmodulowanej fali (czyli głębokość modulacji), którą można utrzymać bez obcinania "czubków" fali. Za to modulacja ta jest niezrównana jeśli chodzi zasięg zasięg, prostotę i niezawodność. Największy zasięg uzyskuje się przy telegrafii, gdzie występują tylko dwa poziomy amplitudy: wysoki (element znaku, czyli kropka lub kreska) i niski, czyli przerwa (rys. 34).



Rys. 34. Elementy radiostacji wraz z charakterystykami

Najbardziej znaną emisją kątową jest modulacja częstotliwości (FM - Frequency Modulation) gdzie obwiednia fali nośnej jest równa, a informacja zakodowana jest w postaci zmian częstotliwości sygnału wyjściowego. Zakres tych zmian nazywa się dewiacją częstotliwości FM i dobrze nadaje się do połączeń o wysokiej jakości na krótkich dystansach oraz do łączności przewodowej: modemy i faksy. Jednak należy pamiętać, że odstępy pomiędzy kanałami muszą być większe niż przy modulacji amplitudowej. Modulacja częstotliwości sprawia trochę kłopotu w łączności lotniczej, bo w tym przypadku potęguje dewiację efekt Dopplera a w konsekwencji zniekształcenia uniemożliwiają poprawny odbiór. Dynamicznie rozwijająca się

modulacja impulsowa polega na kodowaniu informacji w postaci odległości (czyli czasu) między kolejnymi impulsami. Na przykład dla radaru informacją użyteczną jest istnienie i odległość przeszkody na drodze fal radiowych, która wpływa na czas powrotu impulsu do anteny. Modulacja impulsowa wymaga skomplikowanego sprzętu, ale za to jest dobra do wszystkiego. Dźwięk i inne sygnały analogowe przesyła się w postaci próbek, pobranych dostatecznie gęsto aby odzwierciedlały przebieg pierwotny z potrzebną dokładnością. Dla muzyki wystarcza 60000 próbek na sekundę. Wartości próbek, czyli chwilowe napięcie sygnału modulującego, są wysyłane jako liczba dwójkowa, wyrażona właśnie miejscem impulsów w szeregu. Taką konkretną odmianę modulacji impulsowej nazywa się modulacją impulsowo - kodową (PCM - Pulse Code Modulation). Najciekawszą jej cechą jest możliwość wysyłania wielu sygnałów jednocześnie przez jedno łącze - kanał radiowy lub przewód. Robi się to przeplatając według określonego wzorca próbki należące do wielu sygnałów modulujących. Po stronie odbiorczej wystarczy je rozplątać według tego samego porządku. Jeżeli sygnał modulujący niesie jakąkolwiek informację, znaczy to że jest zmienny. Jego częstotliwość zależy od natury sygnału i przyjętego rodzaju emisji.



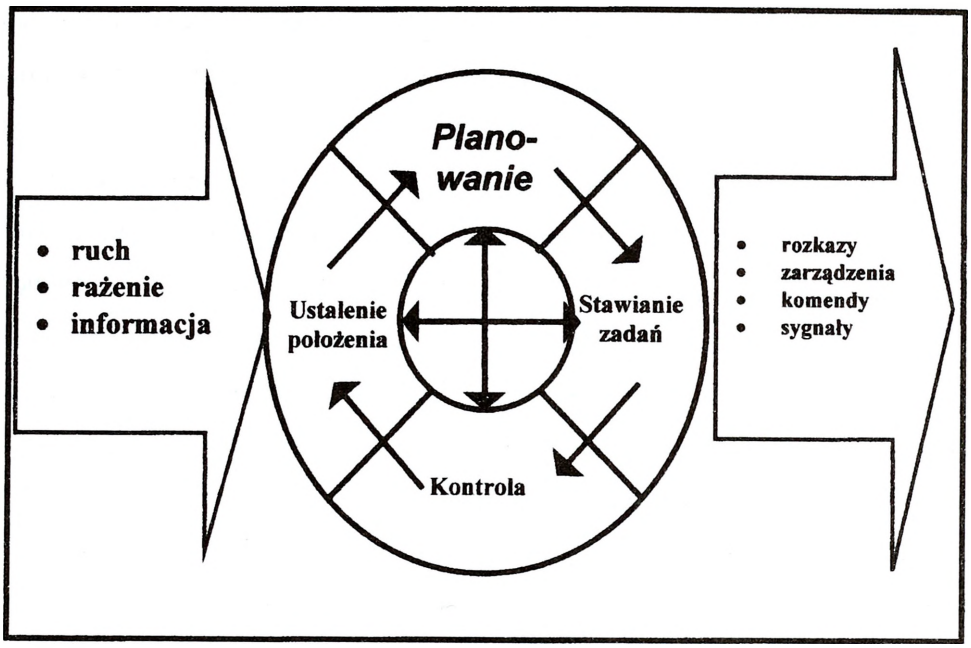
Rys. 35. Sygnał modulujący

Częstotliwość fali nośnej miesza się (interferuje) z częstotliwością sygnału modulującego, tworząc dwie wstęgi boczne: dolna przez odejmowanie, górna przez dodawanie częstotliwości. Szerokość tych wstęg zależy od zmian częstotliwości modulującej - fala nośna jest przecież stała. Im węższe pasmo sygnału modulującego, tym węższe wstęgi boczne. Maksymalna i minimalna wartość częstotliwości wstęg bocznych wyznaczają potrzebną szerokość kanału radiowego. Najczęściej wysyła się "w eter" falę nośną w towarzystwie obu wstęg bocznych. Emisję dwuwstęgową stosuje radiofonia i telewizja publiczna, a także łączność lotnicza i morska. Do fali nośnej z obydwoma wstęgami łatwiej się dostroić: w miarę posuwania się po skali odbiornika poziom odbioru rośnie w miarę zbliżania się do częstotliwości nadajnika, potem odrobinkę opada, potem znów wzrasta, aby ostatecznie zaniknąć. Właśnie w tym dołku między maksymami odbiór jest najlepszy - środek pasma przenoszenia odbiornika pokrywa

się dokładnie z częstotliwością fali nośnej. Niektóre rodzaje emisji wykorzystują tylko jedną wstęgę boczną - drugą się wycina zaraz za modulatorem. Pozwala to zmieścić więcej kanałów radiowych w przydzielonym zakresie, dlatego z emisji jednowstęgowych (SSB - Single Side Band) korzystają rozmaite sieci łączności i radioamatorzy. Odmianą tej techniki jest emisja dwuwstęgowa z niezależnymi wstęgami bocznymi - każda niesie inną informację. Z wyjścia modulatora sygnał wielkiej częstotliwości trafia do wzmacniacza mocy. Jego zadaniem jest wzmocnienie fali nośnej na tyle, żeby uzyskać potrzebny zasięg łączności. Większości wzmacniaczy mocy wielkiej częstotliwości modulacja i rodzaj emitowanego sygnału są całkowicie obojętne. Konstrukcja i technologia wzmacniaczy zależy od zakresu częstotliwości pracy i mocy którą mają osiągać. Moc wyjściowa nadajników z kolei zależy od ich zastosowania: od paru dziesięciu miliwatów w przypadku taniego radiotelefonu, poprzez kilka kilowatów dla stacji radiofonicznej, po moce rzędu megawatów dla stacji radiolokacyjnych. Moc wyjściowa nadajników radiostacji lotniczych waha się od 5 do 250 watów. Energia wielkiej częstotliwości jest wypromieniowywana przez antenę nadawczą. Z punktu widzenia fizyki antena jest po prostu odcinkiem przewodu o wymiarach porównywalnych z długością fali nośnej. Nie wdając się w dokładniejsze rozważania, można poprzestać na stwierdzeniu, że antena jest najlepiej dopasowana do częstotliwości pracy gdy jej długość równa się długości fali. Ponieważ jednak warunek ten jest trudny do spełnienia (dla fal długich długość fali mierzy się w kilometrach), w praktyce stosuje się anteny półfalowe i ćwierćfalowe. Anteny dla radiostacji przestrajalnych konstruuje się dla środkowych częstotliwości ich zakresu pracy. Bardzo ważną własnością anten jest ich charakterystyka kierunkowa, czyli relatywna moc promieniowana w określonym kierunku. Antena promieniująca jednakową moc we wszystkich kierunkach nazywa się izotropową. Jej przestrzenna charakterystyka promieniowania jest kulą. Jeżeli w sposób zamierzony antena promieniuje więcej energii w pewnych kierunkach mamy do czynienia z anteną kierunkową. Dla lotniczej łączności radiowej bardzo pożądana jest charakterystyka dookólna, zatem anteny dla radiostacji korespondencyjnych konstruuje się tak, aby były zbliżone do izotropowych. Niestety idealna antena izotropowa istnieje tylko w teorii. Anteny nadawcze i odbiorcze podlegają tym samym regułom fizycznym. Różnice konstrukcyjne między nimi wynikają z miejsca ich umieszczenia i zasady działania konkretnego urządzenia, posługującego się łącznością radiową. Szczególnie widoczne jest to w przypadku lotniczych systemów.

Teoretyczne i empiryczne badania prowadzone w obszarze organizacji i funkcjonowania zautomatyzowanych systemów zarządzania przestrzenią powietrzną wykazały, że jednym z ważniejszych kierunków przyszłych zmian powinno być wdrożenie systemu informatycznego

wspomagającego ten proces. Ponadto okazało się, że określenie ogólnych założeń dotyczących automatyzacji – informatyzacji zarządzania przestrzenią powietrzną, wymaga przeprowadzenia szczegółowej analizy zarówno własnych potrzeb jak i możliwości, doświadczeń użytkowników zautomatyzowanych systemów. Zgromadzone dane wskazują, że bez zdecydowanych i kompleksowych zmian nie można prowadzić skutecznych działań. Idea funkcjonowania zautomatyzowanych systemów zarządzania przestrzenią powietrzną w odniesieniu do określonych funkcji przedstawia rys. 36.



Rys. 36. Idea funkcjonowania zautomatyzowanych systemów dowodzenia w odniesieniu do funkcji dowodzenia

Wyniki badań teoretycznych i empirycznych pozwoliły na sformułowanie wymagań w zakresie informatycznego wspomagania procesu zarządzania przestrzenią powietrzną. Zasadnicze z nich wskazują, że podczas tworzenia struktury systemu należy wziąć pod uwagę następujące czynniki: istniejące obecnie i możliwe do przewidzenia w przyszłości zagrożenia, poziom dostępnej technologii, koszty, przewidywany zakres automatyzacji, zobowiązania sojusznicze, standardy i zalecenia NATO w zakresie interoperacyjności na poziomie technicznym, proceduralnym i operacyjnym, skrócenie czasu rozwiązywania poszczególnych problemów planistyczno – sytuacyjnych, większą dokładność rozwiązywanych problemów, zmniejszenie liczby personelu zaangażowanego do realizacji poszczególnych czynności, zapewnienie możliwości wielowariantowej, odpowiadającej aktualnym warunkom otoczenia, pracy w zakresie zbierania, przetwarzania, przechowywania oraz przesyłania informacji przy

jednoczesnej możliwości prowadzenia kalkulacji, symulacji oraz obrazowania wyników ich prowadzenia.

Przegląd technologii internetowych w zautomatyzowanych systemach zarządzania, kierowania, dowodzenia

Początki internetu sięgają końca lat sześćdziesiątych. W grudniu 1969 r. zaczęła pracować eksperymentalna, czterowęzłowa sieć ARPANET, wykorzystująca rodzinę protokołów TCP/IP. Od tego czasu sieć ta była stale rozbudowywana i dzisiaj obejmuje swoim zasięgiem cały świat. Jednak dopiero ostatnie dziesięciolecie było okresem burzliwego rozwoju internetu. Pod koniec lat 80-tych Tim Berners-Lee zaproponował system komunikacji komputerów w sieci lokalnej CERN w Genewie. Powodem podjęcia prac była konieczność szybkiego udostępniania badaczom tysięcy dokumentów znajdujących się w laboratoriach CERN oraz potrzeba tematycznego wyszukiwania informacji. W efekcie powstał pomysł hipertekstu, standardu zapisu dokumentów, umożliwiającego tworzenie połączeń pomiędzy różnymi, niezależnymi od siebie, lecz powiązanymi tematycznie dokumentami. W styczniu 1992 roku sieć ta została udostępniona użytkownikom. Bardzo szybko ten sposób wymiany i pozyskiwania informacji uzyskał powszechne poparcie i stał się najbardziej powszechną i ogólnie dostępną bazą wiedzy z różnych dziedzin życia. W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych masowo zaczęły powstawać tzw. „intranety" – prywatne sieci przedsiębiorstw i organizacji. Użytkownicy intranetu, korzystając z tych samych narzędzi, otrzymują dostęp zarówno do lokalnych zasobów intranetu jak i do zasobów ogólnoświatowej sieci internet. Takie rozwiązania pojawiają się w związku z tym, że zapotrzebowanie na informację stale rośnie. Rosną również oczekiwania użytkowników sieci na szybkość aktualizacji informacji oraz dostosowanie treści informacji i sposobu jej prezentacji do indywidualnych potrzeb. Statyczne dokumenty hipertekstowe w dalszym ciągu stosowane są w sieci internet, lecz równolegle rozwijane są technologie pozwalające na dynamiczne generowanie dokumentów. Technologie te, wzbogacone o mechanizmy dostępu do baz danych mogą być z powodzeniem wykorzystywane do budowy systemów informacyjnych dla celów dowodzenia, zarządzania i kierowania.

Podstawy world wide web

Udostępnianie dokumentów hipertekstowych wykorzystuje podstawowy model przetwarzania klient - serwer. Rodzimym protokołem sieci WW jest HTTP (HyperText Transfer Protocol) a wymiana informacji odbywa się w czterech fazach. Przed rozpoczęciem wymiany informacji oprogramowanie klienta nawiązuje z serwerem połączenie TCP/IP, wykorzystując mechanizm tzw. gniazd (sockets). Zwyczajowo dla protokołu HTTP wykorzystywany jest port aplikacyjny o numerze 80. Po nawiązaniu połączenia klient wysyła w kierunku serwera

komunikat-żądanie, składający się z nagłówka żądania i następujących po nim opcjonalnych nagłówków ogólnych, nagłówków pytania i nagłówków zawartości. Nagłówek żądania zawiera określenie metody, nazwę żądanego zasobu w postaci identyfikatora URI (Uniform Resource Identifier) oraz wykorzystywaną przez klienta wersję protokołu HTTP. Protokół HTTP definiuje szereg metod pobierania zawartości, lecz powszechnie wykorzystywane są jedynie trzy z nich:

- Metoda GET to żądanie przesłania do klienta zasobów opisanych przez identyfikator URI. Polecenie GET może mieć postać warunkową, jeżeli w komunikacie zostanie przesłany nagłówek zapytania If -Modified_Since; w tym przypadku żądany zasób będzie przesłany do klienta tylko wtedy, kiedy był modyfikowany po określonej dacie, w przeciwnym wypadku do klienta zostanie wysłana jedynie informacja z kodem statusu mówiącym, że zasób nie był modyfikowany.
- Metoda HEAD jest podobna do metody GET a różnica polega na tym, że serwer przesyła do klienta jedynie informacje o wskazanym zasobie bez przesyłania samego zasobu.
- Metoda POST służy do poinformowania serwera, że po nagłówku komunikatu znajdują się dane, które serwer powinien skojarzyć ze wskazanym zasobem. Metoda ta jest często wykorzystywana do przesyłania danych z formularza do serwera. W tym przypadku po nagłówku żądania musi wystąpić nagłówek zawartości Content-Length określający ilość przesyłanych od klienta danych.

Po odebraniu i odczytaniu komunikatu z żądaniem, serwer wysyła w kierunku klienta komunikat z odpowiedzią. Zaczyna się on od wersji protokołu HTTP, kodu statusu oraz tekstu opisującego kod statusu. Nagłówek odpowiedzi może zawierać informacje na temat żądanych zasobów. Po nagłówku odpowiedzi przesyłany jest żądany zasób (dokument), o ile został on przez serwer odnaleziony. W tym przypadku nagłówek odpowiedzi powinien zawierać przynajmniej pola Content-Length i Content-Type. Ostatnią fazą wymiany informacji jest zakończenie połączenia TCP/IP. Zazwyczaj oprogramowanie po stronie klienta to przeglądarka WWW a żądanym zasobem jest dokument hipertekstowy, zapisany w języku HTML (HyperText Markup Langauage). HTML nie jest językiem programowania lecz językiem opisu strony. Język HTML powstał na bazie specyfikacji metajęzyka SGML (Standard Generalized Markup Language). Używając SGML-a Tim Berners-Lee zaprojektował język HTML a Daniel W. Connolly stworzył specyfikację typu dokumentu (DTD). Język HTML został po raz pierwszy użyty w 1990 roku. Od tego doczekał się wielu modyfikacji i rozszerzeń – obecnie stosowana jest wersja 4.0 specyfikacji języka. Treścią współczesnych dokumentów hipertekstowych nie jest już tylko tekst – powszechne użycie graficznego interfejsu użytkownika oraz

multimedialne zastosowania komputerów spowodowały, że w specyfikacji HTML przewidziano znaczniki, pozwalające umieszczać wewnątrz dokumentów obok tekstu również dźwięki i obrazy (ruchome i nieruchome) oraz elemty takie jak tabele, listy czy formularze. Dokumenty HTML są niezależne od platformy sprzętowej i systemu operacyjnego zarówno po stronie klienta jak i serwera. Najważniejszą cechą języka HTML jest istnienie specjalnego znacznika, pozwalającego określić łącza do innych dokumentów w sieci WWW. Język HTML zawiera znaczniki opisujące strukturę dokumentu, takie jak nagłówki, paragrafy, listy, cytaty, adresy oraz znaczniki opisujące wygląd tekstu (wytłuszczenie, pochylenie, itd.). Jednak możliwości formatowania i pozycjonowania tekstu są raczej skromne. Konsorcjum W3C opracowało standard kaskadowych arkuszy stylów (CSS – Cascading Style Sheets) wzbogacających sposób formatowania dokumentu. Jest to równocześnie próba oddzielenia struktury i zawartości dokumentu od sposobu jego prezentacji. Oprócz umożliwienia rozwoju standardu HTML jako języka opisu zawartości, arkusze stylów pozwalają precyzyjnie kontrolować wygląd zawartości dokumentu na stronie. Używanie jednakowego, określonego zestawu stylów na wszystkich stronach serwisu WWW jest ułatwione, gdyż wszystkie informacje o stylach można zapisać w jednym pliku, który następnie będzie wykorzystywany przez wszystkie strony serwisu. Standard HTML jest językiem opisu dokumentu i nie zawiera możliwości interakcji z użytkownikiem. W połowie lat dziewięćdziesiątych Netscape udostępnił język skryptowy, znany pierwotnie pod nazwą LiveScript a obecnie JavaScript. Fragmenty kodu można umieszczać wewnątrz strony HTML, lub dołączać do dokumentu kod JavaScript zapisany w odrębnym pliku. JavaScript to język interpretowany, wzorowany na składni języka Java. Skrypty napisane w języku JavaScript wykonywane są po stronie klienta – w systemie wykonawczym przeglądarki WWW i wzbogacają możliwości HTML. Za pomocą skryptów możliwa staje się interaktywna współpraca z użytkownikiem na poziomie dokumentu HTML. Bardzo często wykorzystuje się skrypty do sprawdzania poprawności danych, wprowadzanych przez użytkownika do formularza i zwolnienie w ten sposób serwera czy systemu zarządzania bazą danych od konieczności weryfikacji danych. JavaScript umożliwia tworzenie na witrynie elementów takich jak menu, wspomaga nawigację w dokumentach składających się z kilku ramek, potrafi wykonać zaprogramowane czynności po wskazaniu przez użytkownika określonego elementu, zmiana wyglądu elementu w określonych okolicznościach itp. Microsoft równolegle pracował nad językiem skryptowym, opartym o VisualBasic. Doprowadziło to do powstania innego języka skryptowego – VBScript. Zastosowanie VBScript jest jednak ograniczone, jedynie przeglądarki Internet Explorer potrafią obsługiwać te skrypty. Języki skryptowe wykorzystują obiektowy model dokumentu (DOM – Document Object Model),

który pozwala oddzielić szkielet języka od obiektów dokumentu, z drugiej strony daje to możliwość tworzenia innych języków skryptowych, jak pokazuje przykład PerlScript.

Języki skryptowe są przeznaczone do operowania na dokumencie i jego elementach, nie są wyposażone w konstrukcje pozwalające na tworzenie np. grafiki w oknie przeglądarki. Skonstruowanie wykresu na podstawie danych wprowadzonych do formularza nie jest możliwe bez wysłania danych do serwera, który wspierany przez inne technologie wytworzy obraz wykresu i następnie prześle je ponownie do przeglądarki. Takie postępowanie jest bardzo często niewskazane. Jeżeli wymagania stawiane stronom przekraczają możliwości języka HTML wspieranego skryptami, koniecznym staje się dodanie do dokumentu małej aplikacji. Naprzeciw tym wymaganiom wychodzą dwie propozycje: aplety Java oraz kontrolki ActiveX. Jednym ze składników technologii JavaPlatform są aplety Java, czyli małe aplikacje napisane w języku Java. Aplety pobierane są przez przeglądarkę podobnie jak obiekty graficzne. Aplet uruchamiany jest w razie potrzeby a po zmianie dokumentu jest automatycznie usuwany z pamięci. Częstym zastosowaniem apletów są animacje oraz komunikowanie się z Internetem – używa się ich w aplikacjach na bieżąco przetwarzających dane (np. kursy giełdowe). Zaletą języka Java jest jego niezależność od platformy sprzętowej i systemu operacyjnego. Alternatywną propozycją, lecz ograniczoną jedynie do platformy Microsoft-u, jest technologia ActiveX. Kontrolki ActiveX – podobnie jak aplety Java, to małe aplikacje. Obiekty ActiveX można tworzyć w zasadzie w dowolnym języku. Kontrolki to rodzaj obiektu OLE, który w połączeniu z możliwościami języka VBScript daje podobne możliwości jak aplety Java i JavaScript.

Omówione wyżej technologie wykorzystywane są po stronie klienta, w przeglądarce. Niektóre serwery HTTP wspierają technologię SSI (Server Side Includes) dającą możliwość kształtowania treści dokumentu w momencie jego pobierania z serwera. Polecenia SSI umieszczane są wewnątrz komentarzy HTML i w efekcie nie są interpretowane po stronie przeglądarki. Serwer wspierający technologię SSI musi jednak analizować przesyłany dokument w celu odszukania i wykonania poleceń SSI. Jest to jednym z powodów, że ta technologia nie jest powszechnie wykorzystywana. Polecenia SSI umożliwiają wyświetlenie w treści dokumentu HTML wartości pewnych zmiennych, związanych z serwerem, włączanie do treści dokumentu HTML zawartości innego dokumentu, wykonanie zewnętrznego programu, wysłanie wiadomości elektronicznej, gdy strona jest pobierana, dostęp do zewnętrznych baz danych poprzez mechanizm ODBC i szereg innych.

Dynamiczne generowanie stron www

Najstarszym i najpowszechniej stosowanym sposobem dynamicznego generowania stron WWW jest mechanizm CGI (Common Gateway Interface). Wszystkie stosowane serwery

WWW mają wbudowany mechanizm CGI. Serwer po otrzymaniu żądania od przeglądarki analizuje zawartość URI żądanego zasobu. Jeżeli adres URI wskazuje na statyczny dokument HTML, serwer po prostu przesyła jego zawartość do przeglądarki. Jeżeli jednak URI wskazuje na program, żądanie przekazywane jest do interfejsu CGI. CGI jest w rzeczywistości systemem wykonawczym, ładującym do pamięci i wykonującym wskazany program. Programy CGI mogą być tworzone w dowolnym języku programowania, który potrafi odczytać dane ze standardowego strumienia wejściowego, zapisać dane w standardowym strumieniu wyjściowym, pobrać parametry z wiersza poleceń oraz odczytać zawartość zmiennych środowiskowych. Praktycznie wszystkie współczesne języki programowania ogólnego przeznaczenia nadają się do tego celu. Jest to jeden z podstawowych atutów technologii CGI – programujący w dowolnym języku są w stanie stworzyć program CGI. Jeżeli serwer WWW osadzony jest w systemie operacyjnym, który dysponuje wygodnymi językami skryptowymi powłoki (np. Unix, VMS), programy CGI mogą być skryptami powłoki. Stąd utarło się nazywanie programó wykonywanych po stronie CGI skryptami CGI, chociaż równie dobrze mogą to być programy kompilowane - duża część programów CGI tworzona jest w języku C/C++. Najczęściej jednak do tworzenia programów CGI używany jest język PERL (Practical Extraction and Report Language – L. Wall, 1987), który pierwotnie był przewidziany jako narzędzie do przetwarzania raportów tekstowych. Popularność, jaką zdobył PERL, wynika z opublikowania projektu języka na zasadzie „Open Source" i rozpowszechniania na zasadach licencji GNU. W związku z tym PERL doczekał się implementacji dla niemal wszystkich użytkowanych systemów operacyjnych. Programiści współuczestniczący w projekcie PERL opracowali niezliczone ilości bibliotek do różnych zastosowań, które łatwo można pobrać z archiwów Internetu – o ile nie wchodzą w skład standardowej dystrybucji PERL-a. Na podkreślenie zasługuje fakt najbogatszej kolekcji bibliotek, zapewniających dostęp do różnych baz danych. Dlatego też jest bardzo chętnie wykorzystywany do tworzenia skryptów CGI. PERL jest językiem interpretowanym, co z jednej strony nieco ogranicza jego zastosowanie w serwisach często odwiedzanych przez użytkowników (ze względu na czas wykonania), z drugiej zaś pozwala szybko modyfikować kod programów przy użyciu jedynie edytora tekstu, co należy uznać za zaletę w przypadku serwisów często zmieniających treść lub układ stron. Wyeliminowanie wady, jaką jest długi czas wykonania (interpretacji) osiągnięto w najnowszych wersjach języka poprzez zastosowanie kompilatorów „Just In Time", dostępne są również (na zasadzie publicznej licencji) klasyczne kompilatory języka PERL.

Program CGI musi wytworzyć i zapisać w standardowym strumieniu wejściowym kompletny kod strony HTML, ale jej treść może pochodzić z różnych źródeł: plików tekstowych, baz danych, arkuszy kalkulacyjnych czy wreszcie może zostać wygenerowana przez sam program. W ten sposób można stworzyć strony HTML, których treść i forma odpowiada potrzebom użytkownika. Drugim istotnym zastosowaniem skryptów CGI jest przetwarzanie danych z formularzy umieszczonych na stronach HTML. W tym przypadku, po wypełnieniu pól formularza i zatwierdzeniu przez użytkownika, przeglądarka wysyła do serwera żądanie uruchomienia skryptu CGI. Dane z formularza mogą być przekazywane do programu jako parametry wywołania (metoda GET protokołu HTTP) lub jako strumień danych przesyłany wraz z nagłówkami żądania. W tym drugim przypadku dane przekazywane są do programu CGI w standardowym strumieniu wejściowym. Uzyskane dane mogą stanowić podstawę do wygenerowania i przesłania do przeglądarki nowej strony HTML czy umieszczenia danych w bazie danych. W technologii CGI treść dokumentu jest niejako „zanurzona" w kodzie programu. Odwrotne podejście proponuje konkurencyjna technologia ASP (Active Server Pages) – kod programu jest umieszczony wewnątrz dokumentu HTML, podobnie jak w przypadku skryptów JavaScript czy VBScript. Różnica polega na tym, że kod programu wykonywany jest po stronie serwera, a nie po stronie przeglądarki. Program ASP może być napisany w dowolnym języku. Standardowo można posługiwać się czterema językami: JavaScript, VBSript, PerlScript i Python. Serwer wspierający technologię ASP musi analizować kod strony HTML – podobnie jak w przypadku SSI – i w trakcie odczytywania przetwarzać umieszczony w niej kod, wstawiając w miejsce kodu wynik jego działania. Zaletą tego rozwiązania jest stosowanie tego samego języka do tworzenia zarówno programów wykonywanych po stronie przeglądarki jak i po stronie serwera. Technologia ASP została stworzona przez Microsoft i jest wspierana przez wszystkie serwery WWW Microsoft-u (IIS, PWS) oraz kilka najpowszechniej używanych serwerów (Apache, Sun Web Server, Java Web Server, Netscape Enterprise Server). Podobną technologią jest technologia i język programowania PHP (Personal Home Page Tool), który został stworzony z myślą o projektowaniu witryn. Sam język jest składniowo bardzo podobny do Java, C czy Perla. Cechą charakterystyczną języka jest dosyć rozbudowana – choć nieco skromniejsza niż w przypadku PERL-a – możliwość obsługi baz danych z poziomu języka oraz wbudowana obsługa grafiki.

Najnowszą technologią, wykorzystywaną do dynamicznego generowania stron WWW, konkurującą z ASP jest propozycja Sun Corp.: JSP (Java Server Pages). Technologia ta jest elementem składowym całej platformy znanej pod nazwą JavaPlatform, której poświęcono następny rozdział. Istnieje cała gama produktów (serwerów) wspierających technologię JSP

(między innymi: Java Web Server i JavaServer Web Development Kit prod. Sun, Oracle 8i JServer, iPlanet Web Server). Drugą grupę serwerów stanowią serwery obsługujące JSP za pomocą tzw. „wtyczek" (plug-in), między innymi IIS, Apache Tomcat, Apache Web Server Jserv i wiele innych. Ciekawym rozwiązaniem są produkty Sun-a, które w całości zostały napisane w języku Java, który został opracowany przez Sun Microsystems Inc.. jako język w pełni obiektowy, o składni wzorowanej na języku C, niezależny od platformy sprzętowej i systemu operacyjnego. Cel ten został osiągnięty w następujący sposób: program w języku Java jest kompilowany do postaci kodu pośredniego, tzw. kodu bajtowego Java, który może być przenoszony pomiędzy różnymi platformami. Dla każdej platformy stworzono zaś system wykonawczy, czyli wirtualny procesor kodu bajtowego, nazywany JVM (Java Virtual Machine), który jest de facto interpreterem kodu bajtowego Java. Ze względu na szybkość działania jest to rozwiązanie pośrednie pomiędzy językiem interpretowanym a kodem skompilowanym. Twórca języka Java, James Gosling, przyjął w trakcie prac kilka rewolucyjnych założeń: po pierwsze Java jest przeznaczona dla technologicznie rozwiniętych systemów operacyjnych – systemy operacyjne 8- i 16-bitowe odchodzą już w przeszłość, po drugie – użytkownikami programów są osoby władające wieloma językami i używające różnych alfabetów – dlatego kodowanie znaków jest 16-bitowe (tzw. Unicode) i po trzecie – Internet jest podstawowym źródłem danych, aplikacje napisane w języku Java muszą umieć komunikować się z Internetem i musi istnieć możliwość tworzenia zarówno samodzielnych aplikacji jak i aplikacji wykonywanych wewnątrz przeglądarki WWW (apletów). Narzędzia do tworzenia aplikacji (kompilator, interpreter kodu bajtowego, przeglądarka apletów, debuger i inne) dostarczane są nieodpłatnie. Kod bibliotek dostępny jest również w wersji źródłowej. Jest to przyczyną ciągle rosnącego zainteresowania językiem i stałego rozwoju języka. Rozwój ten doprowadził w konsekwencji do powstania szeregu produktów o których mówi się już w kategoriach platformy technologicznej, nazywanej JavaPlatform. W jej skład poza podstawowymi narzędziami wchodzi szereg komponentów, bibliotek i interfejsów programisty (API). Do najważniejszych składników platformy należy zaliczyć:

Java Virtual Machine – interpreter kodu bajtowego, wbudowany w przeglądarki graficzne oraz samodzielny, wchodzący w skład tzw. Java Runtime Environment.

Java Basic API - podstawowy interfejs programisty, pozwalający na tworzenie samodzielnych aplikacji i apletów, wyposażony m. in. w biblioteki realizujące graficzny interfejs użytkownika, komunikację sieciową, obsługę wejścia/wyjścia.

JAAS (Java Authentication and Authorization Service) – interfejs zapewniający mechanizmy werifikacji i autoryzacji użytkowników niezaleznie od miejsca wykonywania kodu Javy (aplikacja, aplet, komponent WWW lub komponent EJB).

JDBC (Java DataBase Conectivity) – interfejs pozwalający wydawać polecenia SQL z poziomu języka Java. Stosując dostępne sterowniki dostępu do relacyjnych baz danych można współpracować z większością systemów zarządzania bazą danych. Jeżeli uwzględnić takie cechy jak przenośność oprogramowania i prostotę interfejsu otrzymujemy dobre narzędzie do tworzenia aplikacji bazodanowych.

JavaBeans – technologia komponentowa, pozwalająca budować aplikacje z wcześniej zaprojektowanych „ziaren" (beans), podobna w swojej idei do technologii AciveX.

Connector Architecture – propozycja rozwiązywania dostępu do rozproszonych zasobów (baz danych, systemów przetwarzania) na ogół w innych językach niż Java. Architektura definiuje zbiór mechanizmów transakcyjnych wspieranych mechanizmami bezpieczeństwa.

Java Transaction API – interfejs projektowania aplikacji wykorzystujących rozproszone systemy transakcyjne.

JMS (Java Messaging Service) – usługa asynchronicznej wymiany komunikatów.

RMI (Remote Method Invocation) i **CORBA** (Common Request Brooker Architecture) – biblioteka pozwalająca na zdalne wywoływanie metod obiektów Java w zdalnym systemie i realizację systemów rozproszonego przetwarzania zgodnie z architekturą CORBA.

Komponenty EJB (Enterprise Java Beans), reprezentujące w obiektowy sposób wszystkie zasoby systemu i jego logikę. Generalnie istnieją trzy rodzaje komponentów: sesyjne, trwałe i komunikacyjne. Komponenty EJB służą do budowania aplikacji biznesowych, wykorzystujących zasoby Internetu lub intranetu.

JSP (Java Server Pages) – technologia wykonywania serwletów (aplikacji WWW wykonywanych po stronie serwera), zagnieżdżonych w dokumencie HTML. Kod Javy, zawarty na stronie HTML jest w trakcie wysyłania strony kompilowany i wykonywany. Istnieje również możliwość odwrotna – dokument HTML może zostać umieszczony wewnątrz kodu serwleta.

JAXP (Java API for XML Parsing) – interfejs przetwarzania znaczników języka XML (Extensible Markup Language), wykorzystywany zarówno przez elementy JavaPaltform (deskryptory komponentów są dokumentami XML) jak i do projektowania aplikacji XML, coraz częściej wykorzystywanych w zastosowaniach biznesowych. Wydaje się, że

w niedalekiej przyszłości dokumenty XML staną się podstawowym standardem wymiany informacji i wyprą w naturalny sposób przestarzałe już nieco aplikacje EDI.

Powyższy opis nie stanowi kompletnego katalogu elementów i usług platformy Java, pokazuje jedynie w jakim kierunku zmierza rozwój technologii: rozproszone przetwarzanie, wykorzystanie rozproszonych zasobów i model klient-serwer wyznaczają obecny kierunek rozwoju aplikacji użytkowych. Platforma Java jest w chwili obecnej najbardziej kompletnym zestawem narzędzi, bibliotek, usług i standardów umożliwiających tworzenie nowoczesnych aplikacji.

Charakterystyka działania, właściwości i rozwiązania programowo-sprzętowe bezprzewodowych sieci LAN

Początki zastosowania bezprzewodowych sieci lokalnych *(ang. WLAN - Wireless Local Area Networks)* sięgają roku 1994. Rozwiązania z tamtego czasu były drogie, karty sieciowe zapewniające bezprzewodowy dostęp były około 5 razy droższe niż obecnie. Teraz, te same urządzenia można nabyć za sumę jedynie 2 razy większą od tej, jaką trzeba zapłacić za tradycyjne rozwiązanie. Do 2003 roku liczba użytkowników sieci WLAN ma wzrosnąć 10-krotnie i osiągnąć liczbę 23mln. Rynek WLAN wzrośnie natomiast z 771mln$ w 1999r. do 2,2mld$ w roku 2004. Głównych przyczyn takiego stanu rzeczy należy upatrywać m.in. w:

- zwiększonej ruchliwości użytkowników różnego rodzaju sieci;
- chęci obniżenia kosztów przez korporacje;
- integracji technologii telekomunikacyjnych i informatycznych;
- potrzebie dostępu do sieci w każdej chwili;
- zwiększonej produktowności.

Standard	Controlling Agency
802.11	Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
HiperLAN, HiperLAN/2	European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Broadband Radio Access Networks (BRAN) project
Bluetooth	Bluetooth Special Interest Group (SIG)
HomeRF	International Telecommunications Union's (ITU's) HomeRF working group.

Tabela 9. Standardy WLAN

W powyższej tabeli przedstawiony został podział standardów i zaleceń określających zasady działania stosowanych obecnie sieci WLAN wraz z podaniem organizacji standaryzującej ich działanie. Warto zauważyć, że standard bezprzewodowego interfejsu IEEE 802.11 powstał w czerwcu 1997 roku a specyfikacja sieci radiowej 802.11 definiuje wspólną warstwę MAC

(Medium Access Control) dla trzech warstw fizycznych (PHY) – dwóch radiowych, jednej podczerwieni. Natomiast wyróżnia się następujące typy połączeń elementów sieci działającej zgodnie ze standardem 802.11:

IBSS (Independent Basic Service Set) - bezpośrednie połączenie komputerów przez adaptery WLAN (Wireless LAN);

BSS (ang. Basic Service Set) – połączenie komputerów z użyciem koncentratora radiowego Access Point (AP) – w roli wzmacniacza, zasięg się podwaja.

ESS (ang. Extended Srvice Set) – kilka koncentratorów AP, dostęp do zwykłego (kablowego) LANu. AP połączone przy pomocy sieci DS (ang. Distribution System).

Dwie radiowe warstwy PHY wykorzystują technikę rozpraszania widma (w celu zabezpieczenia przesyłanych danych przed podsłuchem):

- technika DSSS (*ang. Direct Sequence Spread Spectrum)* – rozpraszanie widma z wykorzystaniem sekwencji bezpośredniej. Polega na nałożeniu na oryginalny sygnał informacyjny specjalnie przygotowanej sekwencji bitów (chipping code). Ma ona charakter przebiegu pseudolosowego. Istotne jest, aby sekwencja ta zmieniała się w czasie znacznie szybciej niż „właściwy sygnał informacyjny. Nakładanie na siebie danych i sekwencji pseudolosowej polega np. na pomnożeniu przez siebie obydwu sygnałów albo wykonaniu na nich logicznej funkcji XOR. W efekcie otrzymujemy sygnał zmieniający się szybciej niż podstawowy strumień danych, a co za tym idzie – zajmujący większe pasmo częstotliwości. Wysyłany w eter spreparowany sygnał sprawia wrażenie szumu. Odbiorca musi znać pseudolosową sekwencję nałożoną na sygnał informacyjny – udostępnianą tylko stacjom roboczym sieci.
- technika FHSS *(ang. Frequency Hopping Spread Spectrum)* – rozpraszanie widma z przeskokiem częstotliwości. Działa w ten sposób, że pseudolosowa sekwencja sterująca wykorzystywana jest do ciągłego zmieniania częstotliwości, na których nadają i odbierają poszczególne stacje robocze. Pasmo 2,4 GHz podzielone jest na 79 kanałów rozmieszczonych w 1MHz odstępach. Częstotliwość musi się zmieniać co najmniej o 6MHz (100 razy na sekundę). Technika ta nie zużywa dużo energii i jest tania. Skomplikowany mechanizm zarządzania skokami częstotliwości obniża szybkość transmisji i utrudnia roaming. W paśmie ISM można umieścić max. 26 równolegle działających sieci bazowych (BSS).

Poza standardowymi usługami zapewnianymi przez warstwę MAC, MAC 802.11 dostarcza funkcji typowych dla protokołów wyższych warstw, takich jak fragmentacja, retransmisja pakietów i potwierdzanie. Warstwa MAC określa dwie różne metody dostępu do medium: DCF(Distributed Coordination Function) i PCF (Point Coordination Function). Metoda DCF

(Distributed Coordination Function) jest prostym mechanizmem typu CSMA/CA. (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - wykrywanie nośnej z równoczesnym dostępem i unikaniem kolizji). Protokoły CSMA są dobrze znane w sieciach Ethernet, gdzie stosuje się CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Colision Detection - wykrywanie nośnej z równoczesnym dostępem i wykrywaniem kolizji). W przypadku protokołu CSMA stacja zgłasza chęć dostępu do medium. Jeśli medium jest zajęte (np. inna stacja nadaje) wtedy transmisja jest odkładana na później. W takim wypadku komputery nadające w sieciach Ethernet wykorzystują metodę wykładniczego odczekiwania (ERB – Exponential Random Backoff). Każdy komputer czeka przez losowo wybrany czas przed kolejną próbą transmisji, a przy każdej następnej kolizji podwaja dopuszczalny zakres opóźnienia. Istnieje szansa, że stacja nie wykryje zajętości medium i nastąpi kolizja. Kolizja ta musi być wykryta. Za retransmisję danych odpowiada warstwa MAC. Mechanizm CSMA/CD nie może być wykorzystywany w bezprzewodowych sieciach LAN.

HiPeRLAN (High Performance Radio Local Area Network) jest europejskim standardem transmisji radiowej w sieciach lokalnych. Standard ten został opracowany przez ETSI i zapewnia dużą prędkość transmisji, umożliwiającą zastosowanie go w aplikacjach multimedialnych. W standardzie tym zdefiniowano warstwy i podwarstwy, które mogą współpracować z rozwiązaniami zgodnymi ze standardem IEEE 802.2. W Europie na potrzeby standardu zarezerwowano pasmo częstotliwości 5,15 – 5,3 GHz oraz 17,1 – 17,3 GHz. Oba pasma zostały podzielone na kanały o szerokości 25 MHz, a na granicach pasm znajdują się przedziały ochronne o szerokości 12,5 MHz. W niższym zakresie częstotliwości dostępnych jest zatem pięć kanałów, z których trzy o kolejnych numerach „0", „1" i „2" są dostępne do transmisji, pozostałe zaś wykorzystywane są opcjonalnie. W standardzie HiPeRLAN zdefiniowano protokół niewymuszonego, priorytetowego dostępu dołącza – EY-NMPA (ang. Elimination Yield – Non-preemptive Priority Multiple Access). Protokół ten jest połączeniem mechanizmów wykrywania nośnej z algorytmami eliminacji I rozwiązywania konfliktów. W protokole wyodrębniono mechanizm dostępu do kanału wolnego i zajętego oraz w przypadku tzw. ukrytej eliminacji. Dostęp do kanału wolnego ma miejsce wówczas, gdy stacja stwierdza brak transmisji w kanale przez czas odpowiadający czasowi transmisji co najmniej 1800 bitów HBR tj. około 76 ms. W takim przypadku stacja może natychmiast rozpocząć transmisję.
Drugi przypadek gdy chcemy uzyskać dostęp do kanału zajętego ma miejsce wówczas, gdy stacja stwierdza realizację transmisji lub przygotowanie do niej. W takim przypadku stacja musi zsynchronizować swe działania z końcem tzw. cyklu transmisyjnego. Cykl taki składa się z trzech faz: zgłoszenia priorytetów, rywalizacji, transmisji.

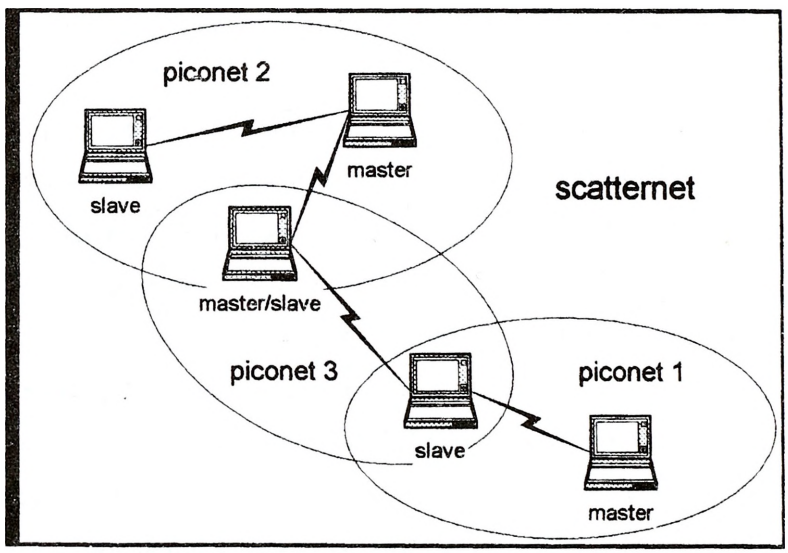
Standard IrDA (Infrared Data Association) jest grupą skupiającą kilkudziesięciu producentów sprzętu komputerowego. System IrDA jest firmowym rozwiązaniem do transmisji danych cyfrowych z wykorzystaniem podczerwieni. Jego elementy są do tworzenia sieci tymczasowych, w których znajdują się komputery przenośne. Do podstawowych usług można zaliczyć: przesyłanie plików między komputerami, drukowanie, dostęp do zasobów sieci przewodowej, transmisja danych i mowy między komputerami a telefonem komórkowym, sterowanie urządzeniami telekomunikacyjnymi. Standard IrDA składa się z trzech elementów, które można podzielić na następujące elementy: obowiązkowe (IrSIR – opis warstwy fizycznej, IrLAP – protokół dostępu do łącza, IrLMP – protokół zarządzania łączem), nieobowiązkowe – opcjonalne (IrTTP – protokół transportowy, IrCOMM – zasady emulacji standardowych łączy typu RS-232C i Centronics przy użyciu produktów zgodnych ze standardem, IrPNP – rozszerzenia technologii Plug and Play, IrLAN – zasady współpracy z sieciami lokalnymi, IrOBEX – zasady wymiany obiektów pomiędzy stacjami), multimedialne (IrTran-P – zasady przesyłu i reprezentacji obrazów cyfrowych, IrMC – zasady współpracy ze sprzętem telekomunikacyjnym).

Protokół dostępu do łącza IrLAP (Link Access Procedure) oparty jest na protokole HDLC. Identyczny jest format ramki, różnice dotyczą jedynie sposobu wskazania początku i końca ramki oraz sposobu uzyskiwania przezroczystości protokołu. Protokół zarządzania łączem IrLMP (Link Management Protocol) umożliwia: zmianę liczby stacji w sieci w czasie jej pracy, ozpoznanie usług oferowanych przez inne stacje, pracę wielu niezależnych, współbieżnych aplikacji na jednym łączu. Protokół IrLMP składa się z dwóch części: multipleksera (LM-MUX) umożliwiającego dokonania wielu połączeń na jednym łączu oraz systemu dostępu do informacji o łączu (LM-IAS), umożliwia stacjom uzyskanie informacji o stanie i możliwościach innych stacji. Protokół IrCOMM pozwala na zastąpienie powszechnie stosowanych standardów połączeń kablowych na połączenia za pomocą podczerwieni i zakłada całkowitą zgodność urządzeń z oprogramowaniem napisanym dla połączeń przewodowych. Standard IrDA przewiduje emulację czterech typów łączy: 3-przewodowy port RS-232, 3-przewodowy port RS-232C, 9-przewodowy port RS-232C, Centronics.

Do współpracy z sieciami lokalnymi został stworzony protokół IrLAN. Dzięki temu możliwy jest między innymi dostęp stacji nie wyposażonych w karty sieciowe do zasobów sieci lokalnej. W chwili obecnej są sprecyzowane zasady współpracy ze standardami 802.3 (Ethernet) i 802.5 (Token Ring). Możliwe są trzy konfiguracje sieci: z punktem dostępu (w której każda stacja posiada indywidualny adres sieciowy), partnerska (w której stacje nie mają do-

stępu do sieci przewodowej), z komputerem nadrzędnym (w której stacje dzielą jeden wspólny adres sieciowy).

Do powstania systemu BlueTooth przyczyniły się takie firmy jak Ericsson, IBM, Intel, Nokia i Toshiba. Przeznaczenie systemu ma zapewnić łączność bezprzewodową między komputerami i urządzeniami telekomunikacyjnymi. W strukturę systemu BlueTooth wchodzą następujące składniki: prametry modułu radiowego, funkcje sterownika łącza, procedury zarządzania łączem, funkcje oprogramowania. W systemie tym możliwe jest utworzenie łącza dwu- lub wielopunktowego a co najmniej dwa urządzenia pracujące w tym kanale tworzą podsieć (piconet). W takiej sieci jedna stacja pełni funkcję nadrzędną (master) pozostałe pełnią funkcje podrzędne (slave). Kilka podsieci działających na wspólnym obszarze tworzy sieć rozproszoną (scatternet). W takiej sieci stacje podrzędne mogą zmieniać podsieci, natomiast stacja nadrzędna w jednej podsieci może być jednostką nadrzędną w innej (rys. 37). Poszczególne podsieci nie są z sobą zsynchronizowane i pracują na różnych kanałach.



Rys. 37. Topologia BlueTooth

System BlueTooth ma budowę warstwową w której wyróżniamy: specyfikację łącza radiowego (Radio Specification), sterownik łącza (Baseband Specification) i protokoły warstwy liniowej LMP i L2CAP, protokół wyższych warstw. W systemie BlueTooth wykorzystano technologię widma rozproszonego metodą przeskoków częstotliwości i pracuje w paśmie częstotliwości 2,4 – 2,4835 GHz. Pasmo to zostało podzielone na kanały o szerokości 1 MHz, a na krańcach całego pasma stosuje się przedziały ochronne o szerokości kilku MHz. W zależności od kraju ilość kanałów to od 26 do 79. Typowy zasięg to 10m i ograniczony do jednego pomieszczenia. Stosowana jest modulacja GFSK (ang. Gaussian Frequency Shift Keying)

prędkość transmisji wynosi 1 Mb/s. W warstwie liniowej sterownik łącza steruje pracą modułu radiowego a wyróżnia się dwa protokoły: zarządzania łączem LMP (Link Management Protocol), łącza logicznego L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol). W systemie BlueTooth możemy zestawić dwa rodzaje łączy między stacją nadrzędną i podrzędną: synchroniczne łączę połączeniowe (SCO (Synchronous Connection-Oriented link), asynchroniczne łącze bezpołączeniowe ACL (Asynchonous Connection-Less link).

Mimo ewolucji współczesnych sieci komputerowych duże znaczenie mają i mieć będą przewodowe media transmisyjne. Do najczęściej wykorzystywanych rodzajów przewodowych mediów transmisyjnych współczesnych sieci teleinformatycznych zautomatyzowanych systemów zarządzania przestrzenią powietrzną zalicza się:

- pary symetryczne – skrętki (Twisted Pair), standardowa technologia używaną w sieciach LAN;
- skrętka nieekranowana UTP (Unshielded Twisted Pair), ranowanych przewodów, które są powszechnie stosowane w sieciach telefonicznych i komputerowych;
- skrętka ekranowana FTP (Foiled Twisted Pair), przeznaczona głównie do budowy sieci komputerowych (Ethernet, Token Ring);
- skrętka ekranowana STP (Shielded Twisted Pair), przeznaczona do użycia w środowiskach podatnych na zakłócenia elektromagnetyczne i zakłócenia częstotliwościami radiowymi;
- kabel współosiowy (Coaxial Cable);
- światłowód (Fibre), znikome zjawisko tłumienia, a także odporności na zewnętrzne pola elektromagnetyczne, przy braku emisji energii poza tor światłowodowy, stanowi on obecnie najlepsze medium transportowe stosowane w telekomunikacji.

Zapotrzebowanie na cyfrowe systemy łączności bezprzewodowej jest bardzo duże i cały czas wykazuje tendencję wzrostową. W szczególności dotyczy to systemów telefonii komórkowej oraz systemów łączności osobistej PCS (Personal Communications Systems). Równolegle z pracami nad ogólnodostępnymi systemami radiowymi prowadzone są badania nad bezprzewodowymi sieciami LAN umożliwiającymi transmisję z szybkościami od kilku do kilkuset Mbps. W telekomunikacji wykorzystuje się dwa rodzaje bezprzewodowego medium transmisyjnego: fale z zakresu podczerwieni i radiowe.

Sieci LAN wykorzystujące rozproszone promieniowanie podczerwone wysyłają je we wszystkich kierunkach. Promienie odbijają się od ścian, sufitów i wszystkich ciał stałych obecnych w pomieszczeniu, umożliwiając w ten sposób ustanowienie połączenia z urządzeniem, które niekoniecznie znajduje się w zasięgu wzroku. Kanały transmisyjne realizowane w oparciu o promieniowanie podczerwone, emitowane w otwartej przestrzeni lub w pomiesz-

czeniach wyróżnia się następującymi cechami: użytkowy zakres widma do 200 THz, może być wykorzystywany wielokrotnie w obrębie tego samego budynku, co jest związane z brakiem przenikalności fal przez ściany pomieszczeń, niewielkie lub żadne zaniki sygnałów wynikające z wielodrogowości transmisji, wysoka odporność na interferencje elektromagnetyczne, co staje się przydatne do stosowania tej techniki w budynkach przemysłowych, gdzie takie zakłócenia występują, stosunkowo wysoka tłumienność jednostkowa, mieszcząca się w zakresie 1 - 10 dB/km dla promieniowania o długości fali 0.7 - 1.5 μm, niewielki zasięg sygnałów podczerwieni, nie przekraczający zwykle kilkudziesięciu metrów z przepływnością do 1 Gbps. Tworzenie wydzielonych łączy podczerwieni na większych odległościach wiąże się ze zmniejszeniem szybkości transmisji do 2 - 155 Mbps, stosunkowo duża wrażliwość na zakłócenia pochodzące ze źródeł promieniowania widzialnego.

Transmisja za pomocą mikrofal (o częstotliwości powyżej 1 GHz) może być zrealizowana pod warunkiem wzajemnej widoczności anten nadawcy i odbiorcy. Odstępstwem od tej zasady jest wykorzystanie zjawiska ugięcia i rozproszenia: wolny od przeszkód obszar pierwszej strefy Fresnela (elipsoida obrotowa), co umożliwia komunikację w obszarze poza bezpośrednią widocznością anten. Maksymalna odległość między kolejnymi węzłami naziemnej radiolinii mikrofalowej zwykle nie przekracza 60 km; aby uzyskać większy zasięg stosuje się stacje przekaźnikowe (przemienniki pasma). Stosowane częstotliwości radiowe znajdują się w zakresie 1-30 GHz, przy czym wyższe częstotliwości są używane do transmisji prywatnych na krótszych dystansach, o większych możliwościach skupiania kierunkowego podobnie jak promieniowanie optyczne. Transmisje mikrofalowe są stosowane w celu: zapewnienia łączności między dwoma budynkami w mieście, komunikacji na terenach otwartych, gdzie położenie kabla nie jest opłacalne (pustynie, bagna, obszary wodne), zapewnienia połączeń naziemnych dublujących inne rodzaje komunikacji publicznej, zapewnienia liczności satelitarnej ze stacjami naziemnymi. Rozróżnia się dwa rodzaje łączy mikrofalowych: typowe łącza dwupunktowe klasy P-P (Point to Point) do komunikacji radioliniowej, także stosowane w sieciach komórkowych, oraz klasy P-MP (Point to Multipoint), z przeznaczeniem do tworzenia dwukierunkowej sieci komunikacyjnej z koncentracją ruchu.

Łącza satelitarne, działające w szerokim zakresie częstotliwości radiowych od 0.3 GHz (pasmo UHF) do ponad 40 GHz (pasmo V), są wykorzystane zarówno w komunikacji satelitarnej, jak i kosmicznej. Do typowych zastosowań należą: komunikacja z naziemnymi obiektami ruchomymi (lądowa, samochodowa, lotnicza, morska, osobista, specjalna), komunikacja satelitarna ISL między orbitującymi obiektami, naziemna komunikacja rozsiewcza (radiowa i telewizyjna), globalna radiolokacja i radionawigacja, badanie przestrzeni kosmicznej, aplika-

cje przyszłościowe (przesyłanie energii, komunikacja kosmiczna). W łączności satelitarnej stosuje się trzy rodzaje zwielokrotnienia dostępu: częstotliwościowy FDMA, czasowy TDMA i kodowy CDMA. Krótsze czasy dostępu zapewniają protokoły rywalizacyjne (losowe) – takie jak szczelinowa Aloha; natomiast przy użyciu protokołów rezerwacyjnych uzyskuje się transmisje bezkolizyjne. Komunikacja satelitarna należy do grupy systemów liczności globalnej użytkujących łącza satelitarne i łącza naziemne oparte na: naziemnych satelitarnych stacjach odbiorczych telewizji pracujących w zakresie 11/12 GHz, terminalach VSAT pracujących w paśmie Ku 11/12/14 GHz lub w paśmie C 4/6 GHz, ruchomych naziemnych satelitarnych stacjach umożliwiających transmisję danych z niewielkimi szybkościami, pracujących w zakresie 11/ 12/ 14 GHz, naziemnych liniach radiowych do transmisji sygnałów cyfrowych, pracujących w zakresach 11, 14, 23, 38, 50 GHz. Stacje te pracują w zakresach częstotliwości, które są przyznane wyłącznie dla specyficznych rodzajów służby lub wykorzystywane wspólnie przez wiele służb naziemnych. Małe stacje terminalowe VSAT (Very Small Aperture Terminal) z antenami parabolicznymi i korzystające z kanałów satelitarnych w paśmie Ku 11/12/14 GHz lub paśmie C 4/6 GHz są przeznaczone do zastosowań rozsiewczych (tylko stacje odbiorcze) lub porozumiewawczych (stacje nadawczo-odbiorcze). Wyposażone w anteny paraboliczne o średnicy do 2,4 m dla pasma Ku (w paśmie C mogą być większe), pracują w trybie bezobsługowym bezpośrednio u użytkownika, zwykle na trudno dostępnym terenie lub pozbawionym wystarczającej infrastruktury telekomunikacyjnej. Maksymalna przepływność transmisji nie przekracza 2 Mb/s, najczęściej stosowana wynosi tylko 64, 128 lub 256 kb/s.

Systemy VSAT odróżniają się od innych systemów satelitarnych następującymi cechami: pracują zwykle w zamkniętych sieciach dla określonych zastosowań, anteny paraboliczne VSAT są instalowane bezpośrednio u użytkownika, a ich gęstość występowania może być bardzo duża, są zwykle elementami sieci o topologii gwiazdy (*star*), składającej się ze względnie dużej stacji centralnej, zwanej stacją hub i wielu naziemnych stacji VSAT. Znane są jednak sieci o konfiguracji kraty (mesh) bez stacji centralnej ze sterowaniem rozproszonym, pracują w trybie bezobsługowym, zazwyczaj z monitorowaniem przez centralny ośrodek. Mogą również być wykorzystane lokalne ośrodki monitorowania i sterowania, wykorzystują transmisję cyfrową z szybkością nie większą niż 2 Mb/s, są wyposażone w nadajniki radiowe o małej mocy, a moc promieniowania musi być ograniczana, jeśli wymagają tego względy bezpieczeństwa, wymagają uzyskania licencji na ich stosowanie, jednak wiele administracji wprowadziło uproszczone procedury licencyjne dla użytkowników terminali VSAT.

Sposób prowadzenia transmisji szeregowej, stosowanej powszechnie w telekomunikacji między urządzeniami komunikacyjnymi, ujęto w wielu definicjach standardów posługujących się różnymi interfejsami sieciowymi. Dla każdego z nich istnieją normy określające nie tylko ogólne funkcje interfejsu, ale także dokładne własności fizyczne i konstrukcje złączy, z wyszczególnieniem indywidualnych funkcji i lokalizacji poszczególnych styków. Do najbardziej popularnych należą interfejsy szeregowe, realizowane na poziomie fizycznym za pomocą złączy sieciowych:

- złącza RJ-11, RJ-12 (6-stykowe) dla dwu- i czteroprzewodowych torów komunikacyjnych stosowanych w telefonii i systemach komputerowych;
- złącza RJ-45 (8-stykowe), modularne złącze używane w sieciach komputerowych i systemach telefonii cyfrowej CTI;
- złącza interfejsów szeregowych RS-232C/V.24 (9-stykowe DB9 i 25-stykowe DB25) przeznaczone głównie do komunikacji terminali w środowisku komputerowym. Jest standardowym interfejsem szeregowym dla transmisji asynchronicznej i synchronicznej wprowadzonym w 1969r., określającym sposób łączenia komputerów z modemami. Definiuje rodzaj łącza, taktowanie i charakterystykę sygnałów. Maksymalna szybkość transmisji wynosi 24 kb/s przy długości linii ok. 16 m. Zasięg transmisji nie jest określony jawnie, lecz przez dopuszczalną pojemność kabla (do 2500 pF) i przesunięcie fazy sygnału (nie może przekraczać 4% czasu nadawania jednego bitu). RS-232C jest funkcjonalnie zgodny ze standardami CCITT: V.24 (zestaw sygnałów i ich funkcje) oraz V.28 (charakterystyki elektryczne sygnałów). Symbol C określa trzecią wersję standardu (1969 r.), przy czym przyjmuje się, że jeśli brak oznaczenia literowego, złącze komunikacyjne dotyczy wersji RS-232C. Istnieje również wersja zmodernizowana RS-232D, wprowadzająca zmiany kosmetyczne w parametrach.

RS-422A – jest to jeden z wariantów standardu RS-232C polegający na wprowadzeniu zrównoważonej, różnicowej linii symetrycznej między nadajnikiem i odbiornikami sygnału. Pełna symetryzacja urządzeń pozwala na podniesienie transmisji do 10Mb/s. Typowym zastosowaniem jest transmisja danych z centralnego komputera do wielu odległych (do 1200 metrów) urządzeń zewnętrznych i stacji roboczych. Tor transmisyjny zwykle tworzą pary współosiowych przewodów zamknięte jednostronnie rezystorami dopasowującymi. RS-423A - standard interfejsu transmisji szeregowej, rozszerzenie RS-232C. Modyfikacja polega głównie na zdefiniowaniu obwodu transmisyjnego, składającego się z niesymetrycznego nadajnika, symetrycznego (różnicowego) odbiornika i linii transmisyjnej. Zmiana ta zwiększa zasięg

transmisji i odporność linii na zakłócenia zewnętrzne. Typowa szybkość transmisji w tym standardzie wynosi 100 kbps przy odległości 30 m i spada do 3 kb/s w zasięgu 1200 m.

RS-485 - standard transmisji szeregowej wprowadzony w 1983 r. jako rozwinięcie standardu RS-422A. Zawiera wydzielony symetryczny i zrównoważony tor transmisyjny przeznaczony do podłączenia wielu odbiorników i nadajników sygnału do jednej linii. Nadajniki sygnału muszą być trójstanowe, a w danym przedziale czasu może pracować tylko jeden z nich - pozostałe są w stanie wysokiej impedancji (trzeci stan). Liczba urządzeń przyłączonych do wspólnego toru zależy od zastosowanych układów scalonych, zwykle ogranicza się do kilkudziesięciu urządzeń nadawczo-odbiorczych w jednym torze fizycznym.

HSSI (High Speed Serial Interface) - prosty i szybki interfejs szeregowy dla telekomunikacyjnych łączy cyfrowych o podstawowej przepływności do 52 Mb/s (SONET). Opisany w standardzie EIA, określa łącze między urządzeniem końcowym DTE dla danych a urządzeniem komunikacyjnym DCE z zastosowaniem techniki potwierdzeń (handshake). Interfejs HSSI jest zrealizowany w technice ECL (Emiter Coupled Logic) z wykorzystaniem skrętki symetrycznej, z czasem propagacji ok. 25 ns dla maksymalnego zasięgu 15 m (między DTE i DCE). Interfejs HSSI jest obecnie promowany przez wielu producentów sieciowych, m.in. IBM i Cisco.

W transmisji równoległej między komputerami lub innymi urządzeniami cyfrowymi wszystkie bity tworzące znak danych lub słowo maszynowe komputera są przesyłane synchronicznie i jednocześnie, przez wielokanałowe medium transmisyjne (kabel wielożyłowy, skrętka przewodów). W odróżnieniu od transmisji szeregowej długość połączenia w przekazach równoległych jest ograniczona zwykle do kilku metrów z uwagi na możliwość rozsynchronizowania sygnałów. Największą przepływność w transmisji równoległej uzyskano w standardzie HIPPI (1600 Mbps).

Cntronics - najprostszy, jednokierunkowy i naprzemienny interfejs równoległy działający z potwierdzeniem typu handshake. Stosowany typowo do przyłączania urządzeń zewnętrznych do komputerów klasy PC (drukarki, plotery). Maksymalny zasięg- kilka metrów przy szybkości do kilkuset bajtów na sekundę.

SCSI (Small Computer System Interface) - uniwersalny, znormalizowany interfejs 8-bitowy zdefiniowany do komunikacji mikrokomputerów i szybkich komputerowych urządzeń zewnętrznych (pamięci dyskowe, mikrokomputery). Możliwa praca asynchroniczna (1.5 Mb/s) i synchroniczna do szybkości 4 Mb/s w zasięgu 6 m przy liniach asymetrycznych oraz do 25 m przy różnicowym sposobie przesyłania danych.

HIPPI (High Performance Parallel Interface) - technika stosowana głównie do równoległych połączeń interfejsowych między superkomputerami. Opracowany przez ANSI standard HIPPI obejmuje kilka wersji tego łącza z przeznaczeniem: do wymiany banków danych RAM, łączenia superkomputerów z hubami, routerami, serwerami dyskowymi, a także do kampusowej szeregowej transmisji między superkomputerami. Wersja standardowa HIPPI umożliwia jednokierunkową transmisję danych z szybkością 800 Mb/s (przez wieloparowy kabel miedziany o przepływności: 25 Mb/s x 32 bity = 800 Mb/s) w zasięgu do 25m. Przekaz jednego 32-bitowego słowa wymaga 50-parowego kabla zawierającego wiązki 32 skrętek dla danych, 4 par przewodów do przesłania parzystości oraz kilku sygnałów sterowania z potwierdzeniem transmisji. Transmitowane bloki danych mogą mieć zmienną długość od 64 kB do 4.3 GB. Większą szybkość transmisji (1600 Mb/s) uzyskuje się przez podwojenie liczby par przewodów miedzianych (dwa kable) między urządzeniami stojącymi zwykle w tym samym pomieszczeniu. Najnowsza wersja standardu HIPPI pozwala na szeregową transmisję z szybkością 800 Mb/s (lub 1600 Mb/s) na odległość do 10 km przez dupleksowe łącze światłowodowe. W standardzie szeregowym stosowany jest kod transmisyjny 21B/24B, charakteryzujący się bardziej wydajną transmisją niż stosowane do tej pory kody transmisyjne 4B/5B i 3B/ 10B. Alternatywą dla interfejsu HIPPI jest standard Fibre Channel o przepływności do 800 Mb/s.

Fibre Channel - standard szybkiej sieci komputerowej (1993 r.) do łączenia superkomputerów z urządzeniami peryferyjnymi, węzłami sieci (huby, routery) oraz innymi sieciami (ATM, FDDI, Token Ring, Ethernet). Stosowany często do połączeń między dwoma lub więcej komputerami przetwarzającymi równolegle, także do ich połączeń z urządzeniami pamięci masowej lub superserwerami, gdzie jest wymagana duża szybkość transmisji. Wieloprotokołowa sieć skalowalna z kodowaniem 8B/10B, wykonana za pomocą kabli miedzianych z zastosowaniem techniki ECL *(ang. EmiterCoupled Logic)* lub z włókien światłowodowych, umożliwia kilka szybkości transmisji (maksymalnie 800 Mb/s) na niewielkich odległościach (do 100 m) w zależności od medium.

Charakterystyka działania i właściwości usługi VoIP

Międzynarodowa Unia Telekomunikacyjna ITU *(ang. International Telecommunication Union)* opracowała serię standardów używanych do kodowania głosu. Problem z kodowaniem głosu polega na tym, iż w celu ograniczenia niezbędnego pasma przenoszenia danych należy do kodowania mowy użyć jak najmniejszej liczby bitów. Używając do próbkowania mowy 8 bitów, system kodowania może rozpoznać 256 różnych poziomów określających

amplitudę analizowanego sygnału. Aby zredukować pasmo przenoszenia danych do 32 kb/s, można użyć tylko czterech bitów (64 poziomy), a bit reprezentuje wtedy zmianę w stosunku do poprzedniej wartości. Do tego dochodzą standardy kompresji oparte na algorytmie LPC (Linear Predictive Code), który modeluje ludzki głos poprzez wykorzystanie powtarzających się elementów składowych wypowiadanych słów. Większość urządzeń LPC odbiera do dalszej obróbki cyfrową mowę uformowaną zgodnie ze standardem PCM 64 kb/s, przetwarzając ją następnie na pakiety zgodnie z zestawem specyfikacji serii G.XXX, opracowanych przez ITU. Są to takie standardy jak: G.711, G.726, G.728, G.729 i G.723.1. Zamieniony w ten sposób głos na postać cyfrową, a następnie podzielony na pakiety można traktować na równi z innym pakietowym przekazem danych z jednym, ale znamiennym wyjątkiem: głos w przeciwieństwie do danych musi być przesyłany w czasie rzeczywistym - co nie jest łatwe. Obserwowany postęp w technologiach kodowania i konwersji wskazuje, że na początku następnej dekady algorytmy kompresji będą przesyłały głos o zadowalającej jakości przez kanały o przepływności binarnej 2,4 kb/s.

Protokoły kompresji	
Standard	Wymagane pasmo
G.711 PCM	64 kb/s
G.726 ADPCM	16, 24, 32, 40 kb/s
G.728 LD-CELP	16 kb/s
G.729 (G.729A) CS-ACELP	8 kb/s
G.723.1 CELP	6,3 kb/s
G.723.1 ACELP	5,3 kb/s
PCM - Pulse Code Modulation; ADPCM - Adaptive Differential Pulse Code Modulation; CELP - Code-Excited Linear Prediction; ACELP - Adaptive CELP; LD-CELP - Low Delay CELP; CS-ACELP - Conjugate Structure ACELP; MPMLQ - Multi Pulse Maximum Likelihood Quantization	

Tabela nr 10. Protokoły kompresji głosu.

Zamieniony w ten sposób głos na postać cyfrową, a następnie podzielony na pakiety można traktować na równi z innym pakietowym przekazem danych z jednym, ale znamiennym wyjątkiem: głos w przeciwieństwie do danych musi być przesyłany w czasie rzeczywistym - co nie jest łatwe. Obserwowany postęp w technologiach kodowania i konwersji wska-

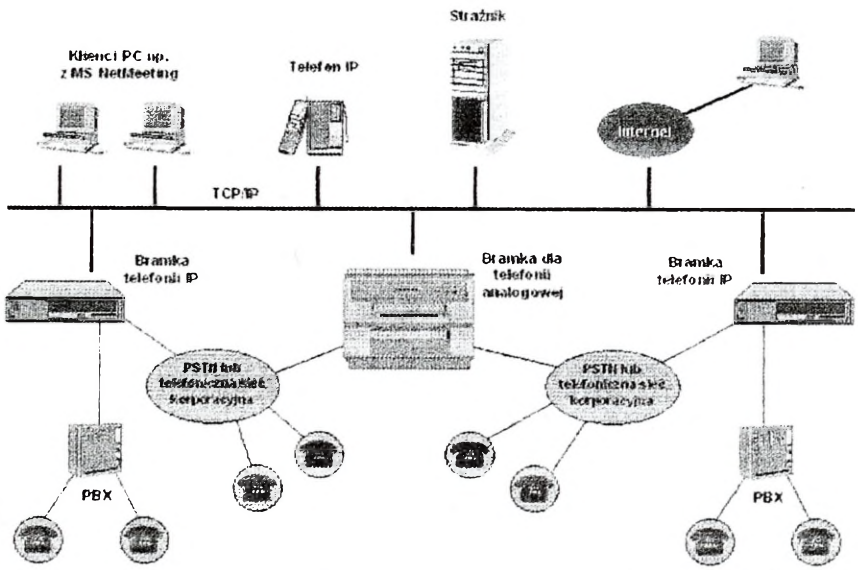
zuje, że na początku następnej dekady algorytmy kompresji będą przesyłały głos o zadowalającej jakości przez kanały o przepływności binarnej 2,4 kb/s.

Badania i praktyka wskazują, że ucho ludzkie dobrze toleruje zarówno rozsądny stopień utraty pakietów głosowych, jak i zmiany opóźnienia głosu w szerokich granicach. W trakcie przekazów głosowych opóźnienie sygnałów mowy poniżej 50 ms jest prawie niezauważalne, opóźnienia do 150 ms utrudniają konwersację, a słaba jakość rozmowy zaczyna się dopiero przy opóźnieniach ok. 500 ms, licząc łącznie w obydwu kierunkach przekazu. Z kolei akceptowalną jakość głosu uzyskuje się przy stratach pakietów poniżej 5 proc., a niedopuszczalna jakość, objawiająca się brakiem zrozumienia mowy, zaczyna się przy utracie powyżej 15 proc. ogólnej liczby przesłanych pakietów głosowych. Sieć przesyłająca głos powinna się charakteryzować tym, że opóźnienia są niewielkie i nie przekraczają określonych wartości. Uwaga ta dotyczy zarówno samej wartości opóźnienia, jak i stabilności. W sieciach opartych na protokole bezpołączeniowym, czyli również w intranetach IP i w Internecie, nie ma mechanizmów gwarantujących, że dane dotrą do adresata w określonym czasie. Mogą tu więc występować absolutnie różne opóźnienia. Protokół TCP (Transmission Control Protocol), operujący w czwartej warstwie modelu OSI, kontroluje przepływ pakietów i odpowiada za odzyskiwanie pakietów po wystąpieniu błędów. Ale wszystko to wymaga czasu i dlatego protokół TCP generuje przy przesyłaniu danych kolejne opóźnienia. Dlatego do przesyłania pakietów zawierających głos jest używany protokół UDP (User Datagram Protocol). Jednak protokół ten nie przewiduje stosowania znaczników czasu, więc nie może kontrolować opóźnień. Aby uniknąć kłopotów wynikających z faktu, że protokoły IP/UDP nie pozwalają kontrolować opóźnień, projektanci usługi VoIP zaproponowali dwa typy standardów: opisane serii ITU H.32x, IETF Session Initiation Protocol (SIP).

Protokół H.323 posiada dobrą pozycję na rynku w porównaniu z protokołem SIP, który jest nowym rozwiązaniem. Standaryzację H.323 zapoczątkowano około 10 lat temu, natomiast pierwszą wersję protokołu przyjęto w 1996 roku. H.323 należy do serii standardów komunikacyjnych nazywanych H.32x, opisujących połączenia multimedialne w różnych typach sieci włączając w to ISDN i PSTN. W styczniu 1998 roku zatwierdzono drugą wersję tego standardu opisującą dodatkowo sposób tworzenia połączeń multimedialnych w sieciach WAN (Wide Area Network). Protokół H.323 definiuje cztery podstawowe składniki systemu przesyłającego dane multimedialne w czasie rzeczywistym: terminale, bramy, gatekeepers, jednostki kontrolne MCU (Multipoint Control Units). Seria standardów H.32x opisuje różne typy protokołów dla różnych typów sieci : H.320 - wąskopasmowe sieci cyfrowe ISDN, H.321 - szerokopasmowe cyfrowe sieci ISDN i ATM, H.322 - sieci pakietowe z gwarantowanym pa-

smem, H.323 - sieci pakietowe z nie gwarantowanym pasmem, H.324 - sieci analogowe POTS. Wszystkie powyższe protokoły wspierają zestaw kodeków audio i video, zależnie od szerokości pasma udostępnianego w sieci i daty akceptacji standardu.

SIP to standard stworzony przez Multiparty Multimedia Session Control (MMUSIC) pracujący pod egidą IETF (Internet Engeneering Task Force). Protokół SIP jest jeszcze ciągle w fazie tworzenia i w związku z tym nie jest tak dobrze znany jak H.323. SIP został zbudowany w oparciu o HTML i oryginalnie zaprojektowano go do obsługi internetowych konferencji multimedialnych. Architekturę protokołu SIP tworzą dodatkowo jeszcze dwa inne protokoły sygnalizacyjne: Session Description Protocol (SDP) i Session Announcement Protocol (SAP). SIP składa się z trzech podstawowych elementów sieci: terminali (user agent servers), serwerów proxy (proxy servers, serwerów przekierowań (redirect servers). Funkcjonalność terminala SIP jest podobna do terminala H.323, a minimalna konfiguracja wymagana do komunikacji protokołem SIP to dwa takie terminale.

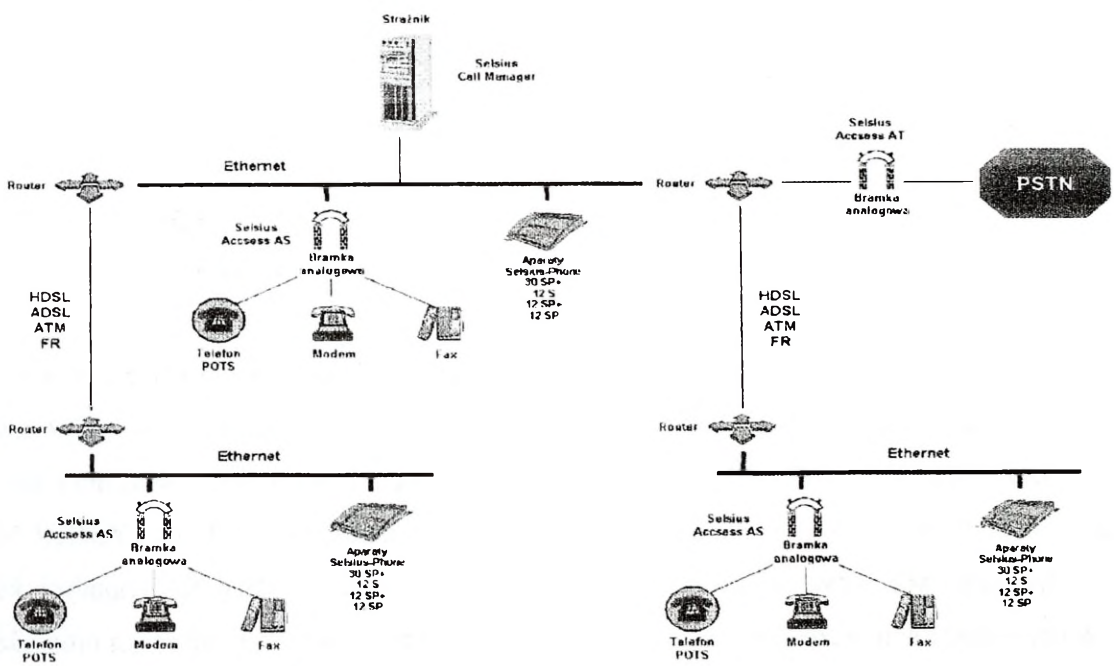


: **Rys. 38. Architektura sieci telefonicznej IP opartej na standardzie H.323**

Urządzenia integrujące zbieżne technologie, takie jak sieci telefoniczne z sieciami przesyłającymi dane, mają tę zaletę, że są łatwe do zarządzania, co ma duże znaczenie, gdyż użytkownicy mogą wtedy w stosunkowo łatwy sposób kontrolować pracę całego systemu i zarządzać nim. Przykładowym rozwiązaniem tego typu są centrale InstantOffice (Vertical Networks), oferujące instytucjom o małej liczbie abonentów komplet usług obsługujących klasyczną usługę telefoniczną i przesyłanie danych. Użytkownicy takiej centrali mogą prowadzić rozmowy telefoniczne, używać poczty głosowej, stosować routing i łączyć ze sobą sieci LAN.

Podczas wykonanych analiz rozwiązań programowo – sprzętowych obsługujących usługę VoIP, rozważone zostały:

a) oferta VoIP firmy Alcatel jest skierowana zarówno do klientów korporacyjnych, jak i operatorów sieci telekomunikacyjnych. Rozwiązanie dla klientów korporacyjnych bazuje na wykorzystaniu przełącznika OmniAccess 512 firmy Xylan, należącej do koncernu Alcatel. Może on obsłużyć 4 lub 8 portów analogowych FXO, FXS i E&M. W urządzeniu jest gniazdo na jedną kartę VoIP oraz dwa gniazda uplinkowe. Dostępne porty WAN to ISDN BRI, E1 Frame Relay lub PPP. Niezależnie od tego przełącznik ma 12 portów 10/100Base-T. OmniAccess zapewnia wsparcie dla standardów kompresji G.711, G.728, G.729a i G.723.1. Zaletą rozwiązań VoIP Alcatela jest możliwość implementacji funkcjonalności VoIP na urządzeniach dotychczas wykorzystywanych do innych celów (np. gatekeeper A1135 SMC używany był jako serwer RADIUS) oraz integracja z usługami oferowanymi przez sieci IN. Alcatel 4400 IP-PCX *(ang. Private Communication Exchange)* to abonencka centrala telefoniczna zaprojektowana specjalnie do obsługi telefonii IP, realizowanej w lokalnych i rozległych sieciach transmisji danych. Urządzenie Alcatela integruje w sobie funkcje tradycyjnej centrali telefonicznej oraz przełącznika sieciowego. Za jego pośrednictwem można do tej samej sieci przyłączyć zarówno telefony (oczywiście specjalnie wykonane), jak i komputery. Ciekawym zastosowaniem Alcatel 4400 IP-PCX może być również Web Call Center;



Rys. 39. Architektura sieci telefonicznej IP opartej na standardzie SIP

b) CISCO Systems - architektura AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data) firmy CISCO umożliwia przesyłanie w jednej, wielousługowej sieci zarówno tradycyjnych danych komputerowych, jak i głosu oraz wideo. Dzięki temu firmy mogą korzystać z jednej sieci obsługującej wszystkie formy łączności. AVVID pozwala też na rozproszenie i redundancję zasobów, dzięki czemu można uniknąć pojedynczego punktu awarii. Zapewnia to osiągnięcie dużych wydajności oraz wysokiego poziomu niezawodności systemu. AVVID pozwala obniżyć koszty eksploatacji systemów łączności, ograniczyć koszty rozmów zewnętrznych (dzięki wykorzystaniu komputerowej sieci rozległej do realizacji połączeń między placówkami tej samej firmy). Dostępne jest już oprogramowanie obsługujące funkcję "click to dial" (kliknięcie na linku przeglądarki powoduje nawiązanie połączenia telefonicznego) oraz zaawansowane call centers. Przyszłe aplikacje umożliwią np. stworzenie jednolitych systemów wymiany wiadomości (łączących m.in. funkcję e-maila i poczty głosowej), automatycznych sekretarek (odpowiednio przełączających rozmowy w zależności od Caller ID, priorytetu rozmówcy i zawartości elektronicznego kalendarza).

c) Ericsson - Ericsson IPT 1.6 jest systemem telefonii IP, obsługującym połączenia: telefon - telefon, telefon - komputer PC, faks - faks, komputer PC - telefon, strona WWW - telefon przez sieć TCP/IP. IPT jest skalowalny od systemu dla małych firm do rozwiązania pozwalającego na realizowanie połączeń globalnych. System nadzoru IPT (tzw. O&M system) pozwala specjalistom od zarządzania monitorować stan sieci z centralnej lokalizacji oraz zmieniać i uaktualniać system z centrum nadzoru. Podstawowe komponenty IPT to: Voice Gateway (VG), Sitekeeper (SK), Management Server (MS), IVR, Ac-counting Server (AS), AAA i karta SS7.

d) Lucent Technologies - Brama MultiVoice Gateway dla sprzętu z rodziny MAX zapewnia interfejs między siecią PSTN a sieciami z protokołem IP. Jej rolą jest umożliwienie połączeniom głosowym "wejścia" i "wyjścia" z sieci pakietowej. Brama ta pełni funkcję zakończenia dla interfejsów właściwych dla sieci PSTN (np. T1, PRI, E1, BRI). Obsługuje różne kodeki zapewniające zróżnicowany poziom kompresji głosu i umożliwiające obniżenie wymagań na przepływność w sieci pakietowej. Potrafi odczytywać i generować sygnały DTMF do emulacji działania sieci PSTN i obsługuje stos protokołów ITU-T H.323 do komunikacji telefon-telefon przez sieć z protokołem IP. Brama działa w połączeniu z systemem sterującym MultiVoice Access Manager, umożliwiając zestawianie i likwidację połączeń głosowych VoIP. Brama MultiVoice Gateway dla sprzętu z rodziny MAX stanowi połączenie komutatora dostępowego WAN nowej generacji - MAX 6000, kart roz-

szerzeń MultiVoice DSP oraz odpowiedniego oprogramowania MultiVoice. Początkowo brama ta będzie obsługiwała tylko połączenia telefon-telefon wg specyfikacji H.323, zapewniała wystarczająco pojemne interfejsy do sieci telefonicznej i pakietowej, obsługiwała kodeki sygnału mowy oraz wirtualne sieci prywatne VPN (Virtual Private Networks). Będzie także zapewniała detekcję i generację sygnałów DTMF oraz eliminację echa.

e) Motorowa - Technologia Voice Relay jest własnym rozwiązaniem Motoroli, służącym integracji przesyłania danych, dźwięku i faksów poprzez publiczne lub prywatne sieci transmisji danych. Podstawą jej działania jest protokół Frame Relay i IP. Dzięki Voice Relay, wykorzystując już istniejącą w przedsiębiorstwie infrastrukturę sieci WAN, można prowadzić rozmowy telefoniczne między oddziałami firmy znajdującymi się zwykle w odległych od siebie miejscach. Sieć, w której pracują urządzenia dostępowe z rodziny Vanguard firmy Motorola, wykorzystuje technologię Voice over Frame Relay i Voice over IP. Technologia Motoroli pozwala zintegrować transmisję danych i dźwięku w jednej sieci rozległej.

f) Siemens - Serwer sieci konwergentnych HiNet VS 1600 jest przeznaczony dla średniej wielkości instytucji wykorzystujących sieci lokalne. Standaryzowana 19-calowa obudowa umożliwia instalację w typowych szafach komputerowych. Urządzenie współpracuje z siecią Ethernet LAN 10/100 Mb/s oraz z publiczną siecią cyfrową ISDN za pomocą 60 kanałów głosowych B o przepływności 64 kb/s każdy. Zintegrowany gateway umożliwia implementację rozwiązań głosowych w sieciach IP. System HiNet VS 1600 może pracować jako jeden z węzłów sieci korporacyjnej. Protokoły sieciowe CorNet oraz Qsig umożliwiają wymianę informacji o połączeniach, naliczanie kosztów oraz dają możliwość obsługi m.in. centralnych systemów poczty głosowej.

9. SYSTEM ACAS II W PROGRAMIE EUR RVSM

Lotniczy system unikania kolizji (antykolizyjny) stanowi jeden z niezbędnych elementów prawidłowej realizacji europejskiego programu zredukowania minimalnych pionowych separacji w przestrzeni powietrznej – RVSM. Stąd też konieczne jest zaprezentowanie najnowszego urządzenia TCAS II (Traffic Alert and Collision Avoidance System/Terminal Alert/Collision Avoidance System) wersji 7. Z przedstawionych w nawiasie dwóch wersji tłumaczenia tego samego akronimu TCAS, każda jest w oficjalnym obiegu i co najważniejsze każda jest dobra (FAA USA - Terminal, a w Europie – Traffic). Być może określenie Terminal bierze się stąd, że TCAS działając w bezpośrednim otoczeniu statku powietrznego jest

ostatnim urządzeniem chroniącym przed kolizją. W celu uniknięcia pomyłek zasadne jest używanie nazwy ACAS – Airborne Collision Avoidance System, pod którą wymieniony powyżej system uzyskał certyfikat ICAO. Z wiadomych względów, dla głębszego poznania zasygnalizowanych zagadnień, zasadne jest przestudiowanie dokumentacji ICAO i RTCA, podanej w bibliografii.

Pierwsze prace nad systemem TCAS podjęto w Stanach Zjednoczonych jeszcze w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku z inicjatywy FAA, a jego działanie uzależnione zostało od transponderów radaru wtórnego innych statków powietrznych. System TCAS pracuje jak uproszczony radar wtórny, bowiem wysyła zapytania i odbiera odpowiedzi transponderów innych statków powietrznych za pomocą zestawu anten kierunkowych, po czym określa sektor przestrzeni i kierunek przemieszczania się źródeł sygnałów. Na tej podstawce wyznacza czas do ewentualnej kolizji. Jeżeli tak śledzony statek powietrzny odpowiada na zapytania TCAS modem C (identyfikacja i wysokość) lub modem S, to system może określić czas potrzebny do osiągnięcia jednakowej wysokości lotu. W rozwoju systemu TCAS wyodrębniono trzy zasadnicze typy:

- TCAS I, najprostszy, a jego nadajnik wysyła zapytania modu C (takie same, jakie są wysyłane przez radar wtórny). Natomiast odpowiedzi transponderów są odbierane przez odbiornik TCAS i kierowane do prostego mikroprocesorowego przelicznika określającego odległość. Kierunkowa charakterystyka zespołu anten odbiorczych pozwala na określenie położenia odpowiadającego statkowi powietrznemu w poziomie (prawo, lewo, przód, tył). TCAS I może jedynie określić, który z pobliskich statków powietrznych podejrzanie się zbliża, a sygnalizuje ten fakt podświetleniem odpowiedniego sektora na prostym wskaźniku oraz podaje ostrzeżenie głosowe (Traffic, traffic). Taka informacja nazywa się Traffic Adyisory (TA) a personel latający po odebraniu TA musi wizualnie zlokalizować źródło niepokoju, zmienić kurs lub wysokość lotu i powiadomić o tym fakcie odpowiedniego kontrolera. Urządzenia TCAS I są nadal używane, głównie na starszych samolotach dyspozycyjnych, chociaż nie były nigdy objęte międzynarodowym standardem.
- TCAS II (rys. 40) wysyła zapytania modami A/'C i S, a od systemu TCAS I różni się przede wszystkim tym, że jest w stanie dokładnie określić ruch w płaszczyźnie pionowej zbliżającego się statku powietrznego. W związku z tym oprócz Traffic Adyisory (TA) może udzielić dodatkowo Resolution Advisory (RA), czyli określić manewr, niezbędny dla uniknięcia kolizji.

Zasadne jest podanie, że istnieją dwa zasadnicze poziomy komunikatu Resolution Advisory RA:

- zapobiegawczy (preventive), który informuje personel latający o tym, że zmiana wysokości lub kursu może spowodować konflikt;
- wykonawczy (positive) doradzający wykonanie odpowiedniego manewru pionowego w celu uniknięcia kolizji.

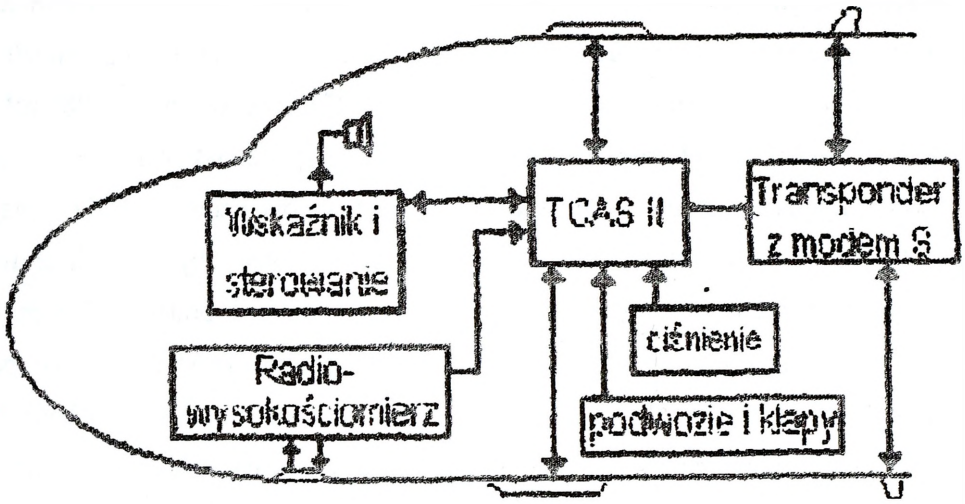
W przypadku współpracy z transponderami lub radarem wtórnym z modem S poziomu drugiego i wyższych inne statki powietrzne i/lub kontrola ruchu lotniczego są powiadamiane o podawanym komunikacie RA i wykonywanym manewrze. Orientacyjne położenie wykrytych przez TCAS II statków powietrznych i ewentualne komunikaty RA są zobrazowane na małym wyświetlaczu ciekłokrystalicznym. Zapobiegawczy lub wykonawczy komunikat RA może być również sygnalizowany na ekranach: EHSI (Electronic Horizontal Situation Indicator), EADI (Electronic Attitude Director Indicator) mimo, że urządzenie systemu TCAS II i jego wyświetlacz są niezależne od systemu zarządzania lotem i mogą pracować poprawnie nawet wtedy, gdy jest on wyłączony. Niezależnie od wskaźników, komunikaty TA i RA są sygnalizowane głosem. Wyświetlacz urządzenia TCAS II zawiera zasadniczo dwa wskaźniki: symboliczny plan sytuacji w zasięgu wykrywania (od 4 do 30 mil) i wariometr IVSI (Instantaneous Vertical Speed Indicator) z paskowym wskaźnikiem komunikatów RA. Warto zaznaczyć, że wyświetlacz komunikatów RA systemu TCAS podaje zalecane wznoszenie w stopach na minutę oraz oznacza zakres prędkości pionowej w zielonym sektorze. Natomiast symbole statków powietrznych znajdujących się w przestrzeni powietrznej są oznaczane odpowiednio do swojego położenia i zagrożenia:

a) nie kolizyjne - niebieski lub biały obrys rombu;
b) bliskie ale nie kolizyjne - niebieski lub biały romb;
c) traffic advisory (TA) - żółte kółko;
d) zagrożenie (RA) - czerwony kwadrat;
e) ponadto spotyka się oznaczenie BR> i przy symbolu jest podana wysokość w setkach stóp pojawiającego się statku powietrznego względem własnego poziomu lotu oraz strzałka oznaczająca nakazaną zmianę wysokości (zwiększanie lub zmniejszanie).

Na wskaźniku pokładowym wokół symbolu własnego statku powietrznego jest zaznaczony dwumilowy okrąg, ale należy pamiętać że ma on raczej znaczenie tylko orientacyjne. Natomiast komunikat RA jest generowany na podstawie wyliczonego czasu do kolizyjnego spo-

tkania. W przypadku, gdy jest więcej źródeł zagrożenia, system stara się je sprowadzić do pojedynczego komunikatu RA, albo udzielać osobnych, ale wzajemnie niesprzecznych komunikatów RA dla poszczególnych zagrożeń. System TCAS II jest rozwijany od 1981 roku, a w czasie prac konstrukcyjnych i testów powstało kilka jego wersji. Jednak pierwszą wersją na tyle dopracowaną, aby można było ją w praktyce ocenić była wprowadzona w 1989r. wersja 6 urządzenia TCAS II. W trakcie eksploatacji, system ten dawał jednak zbyt dużo fałszywych alarmów, powodowanych głównie przez statki powietrzne wykonujące podejścia lub znajdujące się na lotniskach (np. kołowanie). Toteż, aby ograniczyć to niekorzystne zjawisko, pojawiła się wersja 6.04 urządzenia TCAS, która zaczęła dodatkowo używać wysokość bezwzględną, pochodzącą z radiowysokościomierza. W związku z tym możliwe stało się porównywanie aktualnej wysokości barometrycznej ze wskazaniami radiowysokościomierza, w celu otrzymywania elewacji powierzchni ziemi. Podkreślić należy, że od 11 listopada 1993 urządzenie – system TCAS II uznawane jest przez ICAO jako międzynarodowy standard pod nazwą ACAS II (dokładne specyfikacje zawarte są w Aneksie 10 ICAO). Natomiast w Stanach Zjednoczonych od 30 grudnia 1993 każdy statek powietrzny zabierający powyżej 30 pasażerów musi być wyposażony w system TCAS II. Podkreślić należy, że według międzynarodowych standardów, obecnie instalowane urządzenia ACAS muszą spełniać wymagania przynajmniej wersji 7.0, charakteryzującej się większymi możliwościami współpracy z systemami kontroli ruchu lotniczego. Już od 1 stycznia 2000r. w europejskiej przestrzeni powietrznej system ACAS II jest obowiązkowy dla wszystkich statków powietrznych o masie startowej powyżej 15 ton lub powyżej 30 miejsc pasażerskich. Równocześnie 31 marca 2001r. minął termin dokonania modernizacji do standardu wersji 7.0 wszystkich funkcjonujących instalacji ACAS. Natomiast od 1 stycznia 2005r. system ACAS II jest obowiązkowy dla wszystkich statków powietrznych o masie startowej powyżej 5700 kg lub powyżej 19 miejsc pasażerskich.

Pojawiają się ostatnio informacje o urządzeniu TCAS III. Jest ono nadal w fazie prób, testów lotniczych i właściwie stanowi ulepszoną wersję systemu TCAS II. Jednak w urządzeniu TCAS III przewidywany jest komunikat wykonawczy RA, którego zadaniem jest umożliwienie także wykonania manewru w płaszczyźnie poziomej. Również został znacznie ulepszony zespół anten, co pozwala zwiększyć precyzję funkcjonowania całego systemu i zminimalizować liczbę tzw. fałszywych alarmów. W najbliższej przyszłości przewiduje się, że TCAS III będzie wykorzystywał poziom trzeci lub wyższy Modu S. Umożliwi to przedstawienie położenia własnego statku powietrznego w oparciu o techniką satelitarną np. GPS, Galileo lub inne.



Rys. 40. System TCAS na pokładzie statku powietrznego

Budowa modułowa, zastosowanie współczesnych rozwiązań konstrukcyjnych, spowodowały powstanie listy komunikatów głosowych w systemie TCAS II, która nie jest zamknięta, a przedstawia ją **tabela 1**. Zawarte dane dotyczą systemu TCAS II wersji 7.0. Warto zwrócić uwagę na fakt, że komunikaty są krótkie, jednoznaczne i łatwe do rozróżnienia nawet, gdy się ich wyraźnie nie słyszy z powodu hałasu albo prowadzenia korespondencji radiowej. Należy dobrze poznać TCAS II wersję 7.0, która funkcjonuje w ramach ACAS II, jeżeli ma prawidłowo funkcjonować program RVSM w polskiej przestrzeni powietrznej. W związku z tym personel latający i naziemny powinien wiedzieć:

- jak funkcjonuje TCAS II w europejskiej przestrzeni powietrznej w ramach programu RVSM;
- w jaki sposób można wykorzystywać TCAS II w europejskiej przestrzeni powietrznej w ramach programu RVSM;
- jak na bazie TCAS II można zapewnić większą elastyczność, ekonomikę i zwiększyć bezpieczeństwo wykonywanych misji, operacji w europejskiej przestrzeni powietrznej i jak współpracuje on z innymi systemami.

Przedstawione zagadnienia dotyczące funkcjonowania ACAS II europejskiej przestrzeni powietrznej w ramach programu RVSM, zostały opracowane na podstawie prowadzonych testów i doświadczeń z systemem TCAS II w północno- atlantyckiej przestrzeni powietrznej RVSM. Stąd też w drugiej części materiału pojawi się opis podstawowych parametrów technicznych TCAS II, ściśle związanych z programem RVSM. W celu umożliwienia dokonania

dogłębnej analizy przedstawione zostanie zestawienie TCAS II wersji 7.0 i TCAS II wersji 6.04. Już w 1995r. przywódcy państw członkowskich ECAC (European Civil Aviation Conference) podpisali międzynarodową umowę, w ramach której przyjęty został wspólny plan zamierzeń związanych z opracowaniem i wykonaniem systemu ACAS II dla potrzeb Europy. Następnie wytyczone wcześniej kierunki zostały przyjęte do realizacji przez ECAC podczas spotkania ministrów w 1997r. Jak to już wcześniej zostało wspomniane, system TCAS II wersja 7.0 jest obecnie jedynym wyposażeniem, które spełnia wymagania SARPs (Standards and Recommended Practices) ACAS II, ustanowione przez CIAO. Stąd też TCAS II w wersji 7.0 jest obecnie wymaganym systemem w ramach ACAS II. Zasadne jest podanie, że TCAS II wersja 7.0 nie został skonstruowany szczególnie dla potrzeb operacyjnych programu RVSM czy też funkcjonowania NAT (Północno-atlantycka RVSM), ale jego powstanie spowodowały względy bezpieczeństwa i ekonomiki transportu lotniczego. Toteż celem modernizacji systemu TCAS II było osiągnięcie między innymi lepszej: współpracy proceduralnej z ATC (Air Traffic Control), ograniczenie interferencji, dostarczanie precyzyjnych danych dotyczących ograniczenia odchyleń wysokości w odpowiedzi przesyłanej do RA i szereg innych. Natomiast sprawdzanie i certyfikacja wyposażenia ACAS II zostały wykonane w fazie implementacyjnej. Zasadne jest podanie, że w związku z występującymi rozlicznymi trudnościami z ACAS II, nastąpiło czasowe przesunięcie implementacji tego systemu - do 30 września 2001.

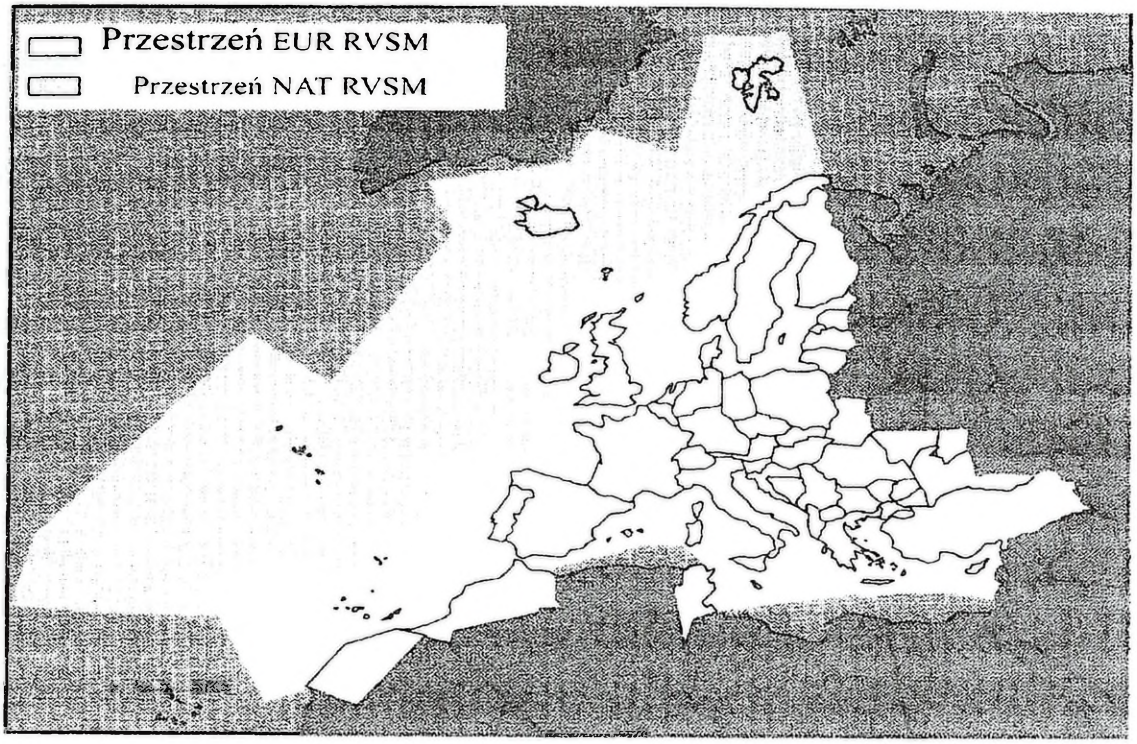
Komunikat	**Wskazanie schodzenia**	**Wskazanie wznoszenia**
TA	Traffic, traffic	Traffic, traffic
Initial preventive RA	Monitor vertical speed	Monitor vertical speed
Corrective RA	Descend, descend	Climb, climb
Strengthening RA	Increase descend	Increase climb
Weakening RA	Adjust vertical speed, adjust	Adjust vertical speed, adjust
Reversing sense RA	Descend, descend NOW	Climb, climb NOW
RA with altitude crossing	Descend, crossing descend	Climb, crossing climb
RA to maintain vertical speed	Maintain vertical speed, maintain	Maintain vertical speed, maintain
RA to maintain vertical speed with altitude crossing	Maintain vertical speed, crossing maintain	Maintain vertical speed, crossing maintain
RA to reduce vertical speed	Adjust vertical speed, adjust	Adjust vertical speed, adjust
RA termination message	Clear of conflict	Clear of conflict

Tabela 11. Oznaczenia komunikatów głosowych TACS II

Przyjęta przez ICAO koncepcja RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum) ma za zadanie zredukować pomiędzy statkami powietrznymi minimalną separację pionową z 2000 stóp do 1000 stóp w zakresie poziomów lotu od FL290 do FL410 (włącznie). W związku z realizacją programu RVSM zwiększyła się pojemność przestrzeni powietrznej poprzez dostarczenie użytkownikom większej liczby poziomów lotu, elastyczność, optymalizację profilów wykonywanych lotów. Jednak zanim program RVSM objął znaczny obszar Europy, najpierw utworzono 27 marca 1997 NAT Region, w którym zredukowano minimalną separację pionową od poziomu lotu FL330 do FL370. Natomiast 8 października 1998 zwiększono zakres wykonywanych operacji według programu RVSM w NAT Region od poziomu lotu FL310 - FL390 (włącznie). Od 24 styczniu 2002 program RVSM w NAT Regionu jest realizowany w zakresie poziomów lotu od FL290 - FL410 (włącznie) i tym samym wszystkie operacje będą zharmonizowane z europejskim Regionem (EUR RVSM Region). Zasadne jest też podanie, że program RVSM został też wprowadzony w Pacyfik Region od 24 lutego 2000, pomiędzy poziomami lotu FL290 a FL390, w granicach Oakland Oceanic FIR i Anchorage FIR. Natomiast 12 lipcu 2001 na zgromadzeniu EUROCONTROL, podjęto decyzję dotyczącą wprowadzenia programu RVSM w europejskiej przestrzeni powietrznej (rys. 41) z dniem 24 stycznia 2002, pomiędzy poziomami lotu od FL290 do FL410 (włącznie). Równocześnie przyjęto, że tylko odpowiednio wyposażony statek powietrzny będzie mógł w pełnym zakresie wykonywać loty w przestrzeni powietrznej EUR RVSM. Podkreślić należy, że najwcześniej wprowadzać zaczęto program zredukowania minimalnych separacji pionowych w: Irlandii, Wielkiej Brytanii, Niemczech i Austrii. Jednak nie był on oparty na pełnych procedurach i wymaganiach, niezbędnych dla współczesnej koncepcji EUR RVSM. Wczesne wprowadzenie RVSM przez Niemcy i Austrię sprowadzało się głównie do stosowania przez ATC (Air Traffic Control) 1000 stopowej pionowej separacji dla poziomów lotu powyżej FL290, pomiędzy RVSM przyjętym dla statków powietrznych wykonujących taktyczne loty. Natomiast w Wielkiej Brytanii i Irlandii poziomy lotu RVSM mogły być zamawiane w planie lotu.

Wprowadzanie systemu ACAS II w Europie i realizacja koncepcji RVSM nie stanowią jednego programu, chociaż obecnie istnieje interakcja pomiędzy nimi. Trzeba wiedzieć, że ACAS II nie jest sam w sobie warunkiem wstępnym dla programu EUR RVSM. Tym samym wprowadzanie systemu ACAS II nie oznacza, że wszystkie statki powietrzne przemieszczające się w przestrzeni powietrznej EUR RVSM będą wyposażone w TCAS II wersji 7.0, a szczególnie przed 1 stycznia 2005. Dopuszczalne jest posiadanie przez niektóre statki po-

wietrzne (np. określone typy statków powietrznych biznesmenów) systemu TCAS II wersji 6.04, a nawet mogą one nie posiadać takiego wyposażenia.



Rys. 41. Przestrzeń powietrzna EUR RVSM

Od 27 marca 1997 systematycznie realizowano program RVSM w przestrzeni powietrznej NAT Region, więc od tej chwili statki powietrzne wyposażone w TCAS II wersji 6.04 wykonywały loty w tej przestrzeni powietrznej od tej daty. Jednak podkreślić należy, że TCAS II wersji 6.04 został przystosowany do funkcjonowania na bazie przyjętej (standardowej w tym czasie) 2000 stopowej pionowej separacji poziomów lotów powyżej FL300. Oznacza to, że wersja ta nie jest absolutnie dostosowana do przestrzeni powietrznej EUR RVSM. Ponadto w przestrzeni powietrznej NAT Region, komunikacyjny statek powietrzny podąża tym samym szlakiem (tą samą drogą lotniczą) przez kilka godzin ze stałymi wartościami prędkości rzeczywistej, które stanowiły nową operacyjną konfigurację dla TCAS II. Zanim jednak wprowadzono program RVSM w przestrzeni powietrznej NAT Region, wykonano w niej stosowne badania – testy lotnicze. Wskazały one, że system TCAS II wersji 6.04, wykorzystywany zgodnie z koncepcją RVSM w przestrzeni powietrznej NAT Region, generował niepożądane wskazania:

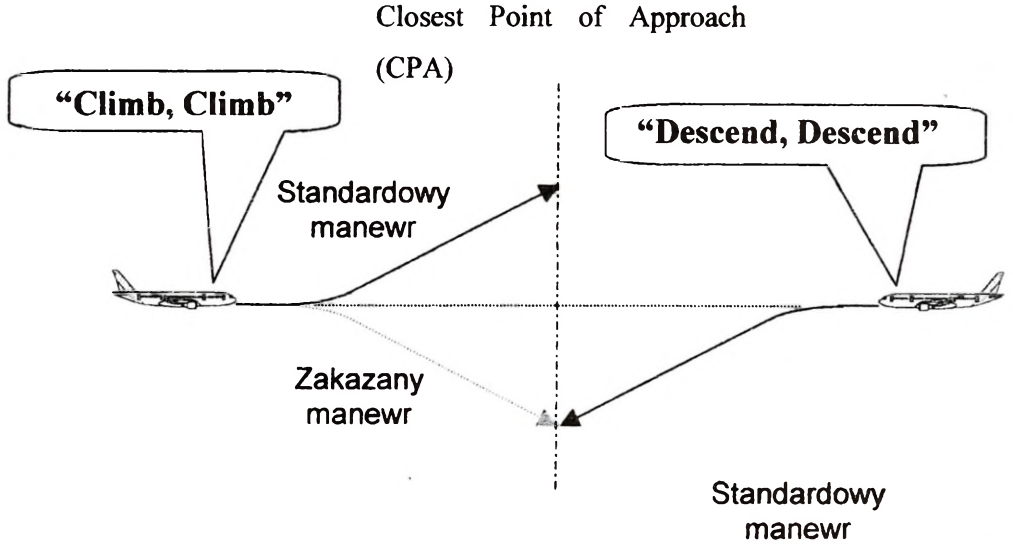
- komunikaty TA – gdy była utrzymywana 1000 stopowa pionowa separacja pomiędzy statkami powietrznymi (komunikaty te trwały niejednokrotnie kilka minut i były bardzo często powtarzane);
- komunikaty RA – były często wywoływane pomiędzy statkami powietrznymi wykonującymi loty z 1000 stopową separacją pionową;
- podczas celowego wykonywania dużych pionowych odchyleń przez personel latający, również występowały komunikaty RA.

W pierwszym tygodniu konsekwentnego wprowadzania programu RVSM w przestrzeni powietrznej NAT Region, pojawiło się szereg skarg ze strony personelu latającego. Głównie dotyczyły one faktów, że bardzo długo pojawiały się niepotrzebnie ostrzegawcze komunikaty TA, pomiędzy statkami powietrznymi wykonującymi loty w sąsiednich poziomach lotów. Takie komunikaty TA były właśnie regularnie wysyłane przez system TCAS II wersji 6.04. W takim przypadku tylko zastosowanie odpowiedniej procedury operacyjnej w postaci poprawki nawigacyjnej lub poprawek do odpowiednich parametrów, pozwalało eliminować powracające lub długotrwałe komunikaty TA. Również pojawiało się szereg niepożądanych komunikatów RA, mimo, że nie miały one żadnych realnych podstaw, a wywoływane były głównie z powodu turbulencji lub wadliwego wskazywania wysokości.

TCAS II jest pokładowym systemem przeznaczonym do zapewnienia bezpieczeństwa w przestrzeni powietrznej poprzez działanie jako „ostatnia – ucieczka". Jest to metoda, która zapobiega możliwości powstania czołowej powietrznej kolizji, poprzez rekomendowanie – wskazywanie personelowi latającemu zalecanych dla statku powietrznego manewrów w płaszczyźnie pionowej, kiedy tylko dostrzeżone zostanie ryzyko kolizji. W związku z tym TCAS II jest tak zaprojektowany, aby mógł pracować automatycznie i niezależnie od jakiegokolwiek nawigacyjnego wyposażenia statku powietrznego i naziemnych systemów. Wynika z tego, że system TCAS II bez przerwy nadzoruje otaczającą go przestrzeń – przesłuchuje transponder innego statku powietrznego, znajdującego się w jego sąsiedztwie i na tej podstawie dokonuje oszacowania możliwości wystąpienia ryzyka kolizji. W przypadku, kiedy tylko intruz - inny statek powietrzny, wykonujący lot na tej samej wysokości (poziomie lotu), zostanie „zauważony" przez system TCAS II to odbywa się współpraca transponderów. Polega ona na tym, że obydwa urządzenia pokładowe systemu TCAS II tych statków powietrznych koordynują swoje komunikaty RA, w celu wybrania optymalnego i bezpiecznego rozwiązania. Na tej podstawie zostaje określony manewr, który należy wykonać i w formie decyzji jest przekazany personelowi latającemu. W takiej sytuacji bardzo ważną rzeczą jest, aby personel

latający postępował zgodnie z komunikatem RA i to tak dokładnie jako tylko jest to możliwe. Tym bardziej, że bardzo ryzykowne (wręcz niebezpieczne) byłoby postępowanie – manewrowanie wbrew podanemu komunikatowi RA (rys. 42). W przypadku, gdy personel latający nie może wykonać sygnalizowanego komunikatem RA przez system TCAS II „Wznoszenia – Climb" to powinien przynajmniej utrzymywać aktualną wysokość – poziom lotu i pod żadnym pozorem nie wykonywać zniżania. Podkreślić należy, że istota funkcjonowania systemu TCAS II oparta jest na dwóch zasadniczych podstawach:

- ostrzeżenia czasowego, które oparte jest o wyliczenia „czasu dojścia" (nie odległości dojścia) do ostatecznego - zamkniętego punktu podejścia – CPA (Closest Point Approach);
- wrażliwości poziomu lotu, która jest funkcją wysokości i która jednocześnie definiuje bezpieczny poziom lotu chronionego poprzez wyznaczanie większej wartości progowej.



Rys. 42. Koordynacja komunikatów RA w współpracy pokładowych urządzeń TCAS - TCAS

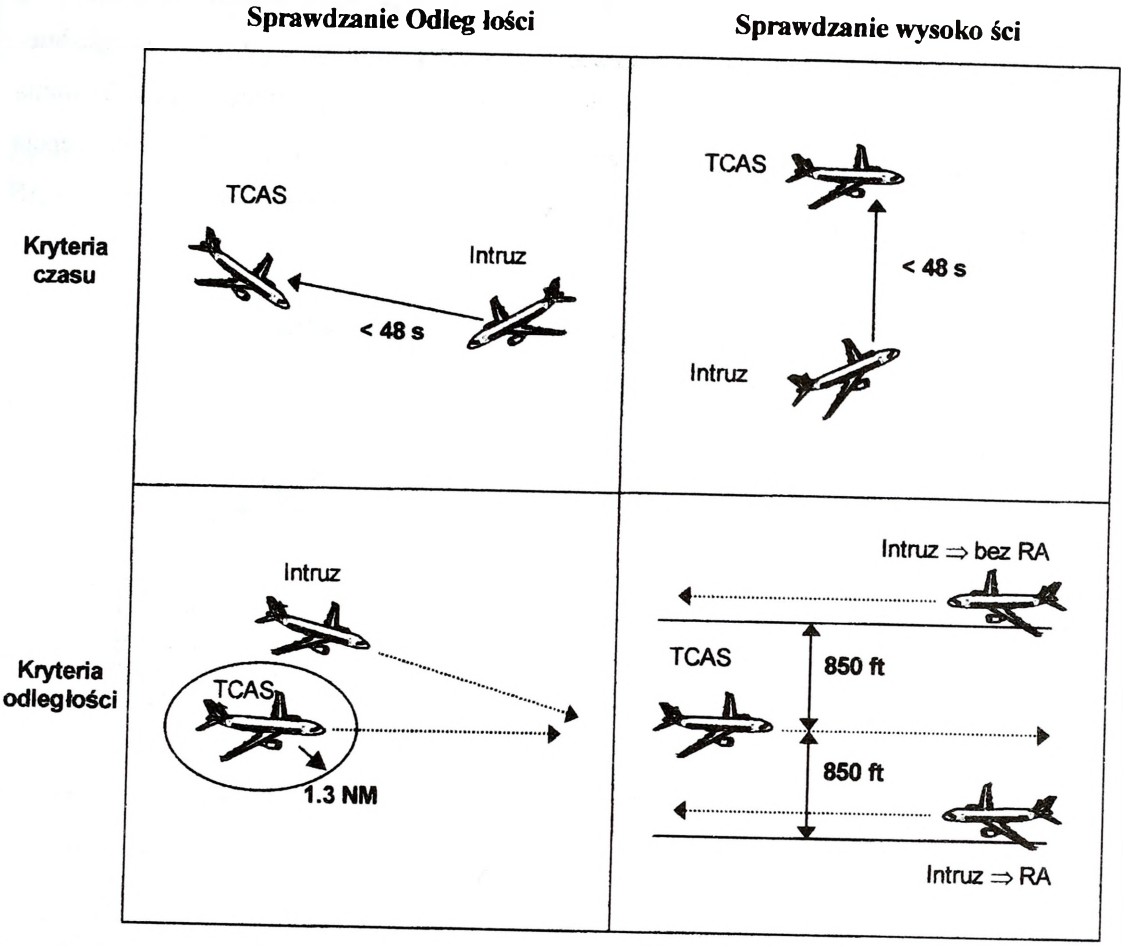
W celu lepszego zrozumienia mogących pojawić się sprzeczności, trudności konfiguracyjnych pomiędzy systemem TCAS II a programem EUR RVSM, zasadne jest przedstawienie istoty powstawania – pojawiania się komunikatów TA i RA. Wiadomo, że system TCAS wysyła te komunikaty, jeżeli pojawi się zagrożenie, możliwość powstania kolizji w zakresie poziomów lotów od FL200 do FL420. Jest to zakres odpowiedni dla przestrzeni powietrznej , w której realizowany jest program RVSM. System TCAS II podaje określony komunikat, kiedy w monitorowanym obszarze (odległość, wysokość) pojawi się inny statek powietrzny. Pod-

stawą do ciągłego przeglądania przestrzeni powietrznej jest funkcja „czas dojścia" do CPA, polegająca na tym, że bez przerwy sprawdzana jest odległość pomiędzy statkiem powietrznym a wyliczonym dla tych parametrów punktem kolizyjnym. W związku z tym przyjmuje się wartości progowe dla komunikatów: TA - 48 s, RA - 35. W przypadku, gdyby pojawiłyby się specyficzne przypadki, dla ochrony odległości i innych zostały również wprowadzone (unikanie bardzo bliskiego podejścia w zasięgu działania systemu bez wywoływania jakiegokolwiek komunikatu przez inny statek powietrzny – intruza) założenia, według których zdeterminowano odległość ochronną pomiędzy statkiem powietrznym wynoszącą odpowiednio dla komunikatów: TA – 1,3 NM (mili nautycznej – morskiej), RA – 1,1 NM.

Podstawę do ciągłego sprawdzania danego poziomu lotu i określania wysokości niezbędnej w przypadku powstania sytuacji kolizyjnej, także stanowi funkcja „czas dojścia" do CPA. Jednak osiągana wartość uzyskiwana jest poprzez dzielenie względnej wysokości statku powietrznego przez względną pionową prędkość. W związku z tym przyjmuje się wartości progowe dla komunikatów: TA - 48 s, RA – 35. Podkreślić należy, że jeżeli statek powietrzny znajduje się na swoim poziomie to wartość progowa czasu dla komunikatu RA jest zmniejszona do 25 s (określenie możliwości zajęcia wyższego poziomu poprzez zastosowanie manewru względem intruza). Jednak dla różnorodnych przypadków związanych z wysokością lub dla statków powietrznych, które posiadają relatywnie bardzo małą prędkość wznoszenia, przyjęto, że odpowiednie wartości progowe dla komunikatów wynoszą: TA - 850 stóp, RA - 700 stóp. Zasadne jest podanie, że wysokość intruza (statku powietrznego wykonującego lot nie na swoim poziomie) wykorzystywana przez system TCAS II jest otrzymywana wskutek współpracy z jego transponderem. W związku z tym wysokość ta jest dekodowana co 100 lub 25 stóp. Oznacza to, że wysokość intruza określona przez TCAS II może być nieznacznie różny niż jest w rzeczywistości. Jednak w przeciwieństwie TCAS II określi własną wysokość z 1 stopową dokładnością. Na rys. 43 i 44 przedstawione zostały wartości progowe dla zasięgu i wysokości, które także występują w przestrzeni powietrznej RVSM.

W przypadku, gdy uruchomiony jest komunikat RA system TCAS II wskazuje optymalny pionowy manewr, który należy wykonać aby osiągnąć odległość 600 stóp w płaszczyźnie pionowej. Oznacza to, że TCAS II próbuje zapobiec powstaniu kolizji, tak bardzo jak tylko jest to możliwe, poprzez uruchomienie komunikatu RA z jednoczesnym wskazaniem odpowiedniej trajektorii dalszego lotu. W zależności od reakcji personelu latającego, zmian zachodzących w sytuacji powietrznej, zmienia się intensywność komunikatów i zobrazowanie obszaru wokół statku powietrznego na wskaźniku. Zaznaczyć należy, że TCAS II jest zdolny do

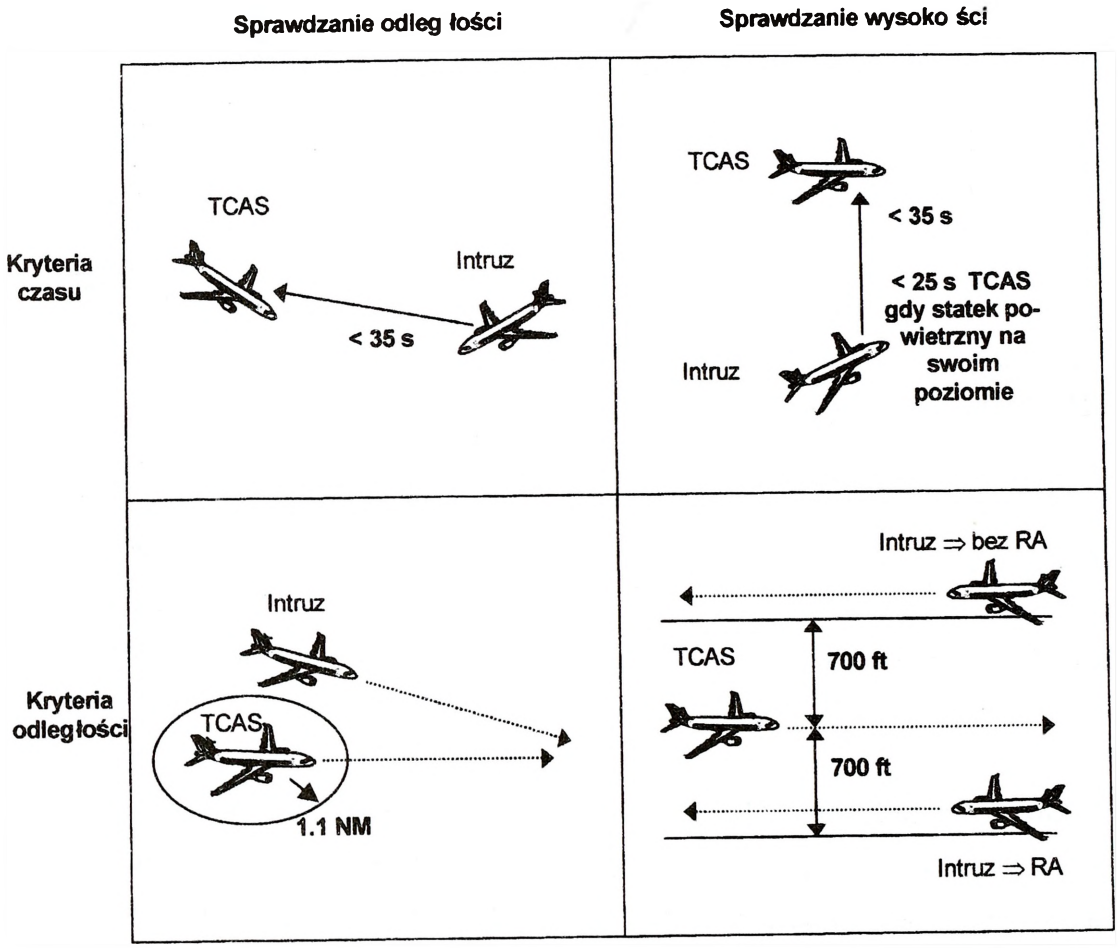
rozwiązywania złożonych problemów związanych z sytuacjami kolizyjnymi w przestrzeni powietrznej jak też z jednostkowymi komunikatami RA.



Rys. 43. Uruchomienie komunikatu TA przez TCAS WERSJI 7.0 w przestrzeni powietrznej RVSM

Rozwój TCAS II wersji 7.0 został oparty na wynikach uzyskanych w trakcie wykonywania różnorodnych operacji w przestrzeni powietrznej, testowania, monitorowania i ciągłego badania programów, podzespołów systemu TCAS II wersji 6.04. Po przeprowadzeniu stosownych testów i certyfikacji, FAA (Federal Aviation Administration) współpracując z RTCA (Radio technical Commission for Aeronautics) i w oparciu o dokument RTCA SC-147/DO - 185A (Minimum Operational Performance Standards for Traffic Alert and Collision Avoidance System Airborne Equipment), zdecydowała, że system TCAS II wersja 7.0, spełnia warunki i może być wykorzystywany w przestrzeni powietrznej realizującej program RVSM. Jednocześnie wyraźnie podkreślono, że zasadnicza różnica w systemie TCAS II wersji 6.04 a wersji 7.0 polega na definiowaniu określonych parametrów oraz wysokości. Gene-

ralnie TCAS wersji 6.04 definiuje potrzebne parametry powyżej poziomu lotu FL300 i tym samym jest kompatybilny z 2000 stopową pionową separacją, która stosowana jest w konwencjonalnej separacji - CVSM (Conventional Vertical Separation Minimum) przestrzeni powietrznej. Dopiero wymagana 1000 stopowa pionowa separacja oraz potrzeba uwzględnienia zakresu poziomów lotu od FL200 do FL420, spowodowały potrzebę zmodyfikowania istniejącego urządzenia i tak powstał TCAS II wersji 7.0, który jest kompatybilny z koncepcją RVSM. Różnice w prezentowaniu komunikatów: TA, RA dla poszczególnych wersji TCAS przedstawia tabela 11.



Rys. 44. Uruchomienie komunikatu RA przez TCAS WERSJI 7.0 w przestrzeni powietrznej RVSM

Z przedstawionego zestawienia wynika, że w konsekwencji dokonanych modyfikacji możliwe stało się:

- zredukowania wysokości progowej dla RA z 800 stóp do 700 stóp;

- redukcja celowego odchylenia w płaszczyźnie pionowej z 700 stóp do 600 stóp, która powinna zmniejszać lub wyrównywać pionowe odchylenia w odpowiedzi na RA;
- zredukowanie progowej wysokości dla TA z 1200 stóp do 850 stóp, co zapobiega wywoływaniu komunikatów TA pomiędzy 1000 stopowymi poziomami lotu statku powietrznego;

Wersje TCAS	**TA**		**RA**		
	Progowy czas	**Progowa wysokość**	**Progowy czas**	**Progowa wysokość**	**Celowe pionowe odchylenie**
6.04	48 s	1200 ft	35 s	800 ft	700 ft
7.0	48 s	850 ft	35 s	700 ft	600 ft

Tabela 12. Wartości parametrów TA i RA w przestrzeni RVSM

W dodatku, jeśli statek powietrzny znajduje się na swoim poziomie lotu to progowa wartość czasu jest zredukowana z 30 s do 25 s, aby umożliwić załodze dostrzeżenie intruza i uniknąć wywoływania komunikatu RA. To powinno ograniczyć liczbę pojawiających się komunikatów RA podczas lotu statku powietrznego, uruchamianych przez inny statek powietrzny przebywający powyżej lub poniżej 1000 stóp. W systemie TCAS II wersji 7.0 wprowadzono też mechanizm osłabiający RA, kiedy statek powietrzny przemieszcza się bardzo powoli i nie wynika jasno z tego faktu, że może pojawić się sytuacja konfliktowa. Kolejne ulepszenie TCAS II wersji 7.0, które obecnie predysponuje go do wykorzystywania w przestrzeni powietrznej RVSM to zastosowanie w nim podzespołu MDF (Miss Distance Filtering). Dzięki temu urządzeniu możliwe jest określanie poziomej odległość do punktu CPA i w ten sposób też unikania kolizji. W konsekwencji kilka komunikatów RA będzie filtrowanych w przestrzeni powietrznej RVSM dla statku powietrznego z przewidywaną poziomą odległością do CPA większą niż 2,2 NM w określonych warunkach (np. statek powietrzny w zmianie kierunku). Stąd też istnieje możliwość, że mogą być wywoływane jakieś komunikaty RA w takich położeniach. Starano się to zjawisko eliminować w kolejnych urządzeniach.

W ramach prac EUROCONTROL skoordynowano projekt ACASA (Airborne Collision Avoidance System Analysis), tak aby pod kątem wykonywanych w Europie operacji lotniczych był on odpowiedni do TCAS II. Zasadnicze wysiłki poświęcono badaniom systemu

TCAS II, programu RVSM i ich wzajemnej interakcji w obszarze Europy. W związku z tym głównym celem badania interakcji TCAS II i RVSM było wykonanie porównania jak sprawuje się system TCAS II wewnątrz przyszłego RVSM i aktualnego CVSM środowiska. Przeprowadzone badania skupiały się nie tylko na wyjściowych danych technicznych, ale też na identyfikowaniu potencjalnych operacyjnych sytuacji i dostarczaniu odpowiednich poleceń. Aby uzyskać większą liczbę wyników, badania zostały oparte na różnorodnych źródłach danych np. zmodyfikowany radar danych, czas rzeczywisty i szybki czas symulacyjny, automatyczne i nie – automatyczne doprowadzanie do spotkań. Pomijając szczegóły tych badań wystarczy stwierdzić, że po opracowaniu wyników okazało się, że system TCAS II wersji 7.0 na 1000 godzin lotu powinien wywołać maksimum 47 komunikatów TA w przestrzeni powietrznej RVSM, podczas TCAS II wersji 6.04 w identycznych warunkach wywołuje aż 840 komunikatów TA na 1000 godzin lotu.

Generalnie można stwierdzić, że według programu RVSM przyjmuje się, zamiast dotychczasowego jednego, dwa poziomy dla statków powietrznych, z separacją 1000 stóp. Obecnie tylko urządzenie TCAS II w wersji 7.0 jest w stanie zapewnić realizację tego programu, kompatybilność i interoperacyjność. Takich cech nie posiada urządzenie TCAS II w wersji 6.04, gdyż podaje tylko komunikaty typu TA a ponadto nie sprawdziło się w tzw. krytycznych konfiguracjach na linii TCAS II - RVSM. Komunikaty były wywoływane głównie przez dwa zasadnicze czynniki:

- wadliwe utrzymywana wysokość z powodu różnorodnych oscylacji i turbulencji;
- utrzymywanie mniejszej niż 1000 stóp separacji podczas wykonywania lotów.

Pokrótce przedstawione zostaną różnorodne krytyczne konfiguracje, dla których przyjęto, że statek powietrzny jest wyposażony w TCAS II wersji 7.0, dopuszczony został do wykonywania lotów w przestrzeni EUR RVSM. Dla lepszego zrozumienia rysunków, zasadne jest podanie, że poszczególne linie odpowiednio oznaczają:

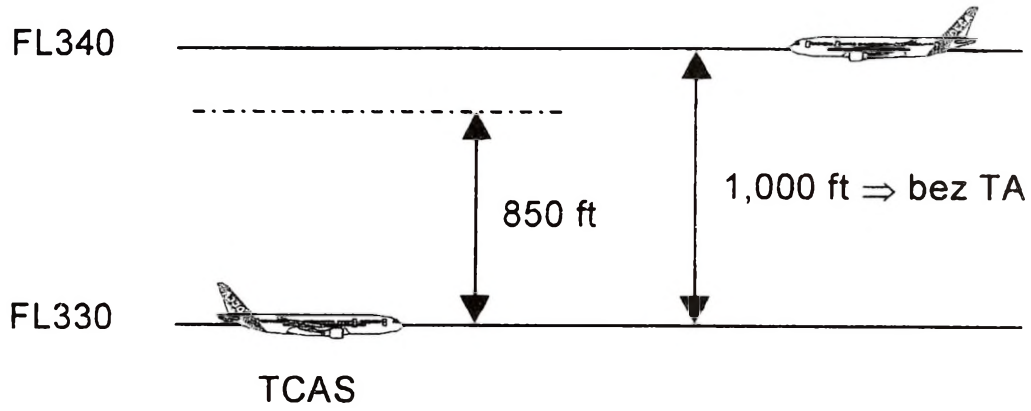
a) poziom lotu ——————

b) trajektoria przewidywana przez TCAS II – – – – –

c) TCAS II próg. – • – • – •

Niewątpliwie ważnym zagadnieniem, związanym z RVSN jest standardowa separacja pionowa. W takim przypadku, dla określonego statku powietrznego wykonującego lot na danym poziomie lotu ważna jest informacja dotycząca tego co dzieje się na przyległych poziomach lotu, rozdzielonych 1000 stopową separacją. Ten standardowy typ spotkania dla TCAS II wersji 7.0 przedstawia rys. 45. Podać należy, że w tym przypadku poziomu lotu statku po-

wietrznego, wysokościowe testowanie jest spełnione poprzez porównanie względnej wysokości pomiędzy statkiem powietrznym a wysokością progową. Z rysunku wynika, że względna wysokość jest niższa niż progowa a warunki wysokościowego testowania są spełnione i nie pojawiają się żadne komunikaty. Zasadne jest podanie, że wartości wysokości progowych dla TCAS II wersji 7.0 wynoszą odpowiednio: 850 stóp dla TA i 700 stóp dla RA. Oznacza to, że kiedy dwa statki powietrzne utrzymują podane parametry to nie będą się pojawiały żadne komunikaty (TA, RA).

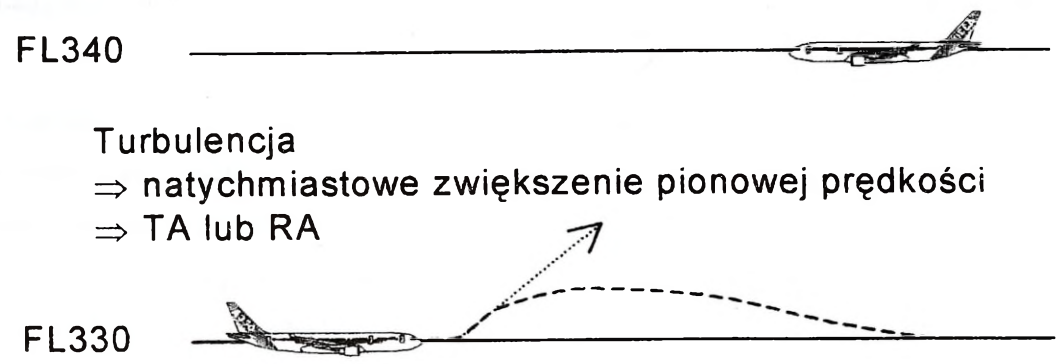


Rys. 45. Standardowa pionowa separacja w RVSM

Ważną rzeczą jest przedstawienie zasadniczej różnicy pomiędzy przestrzenią o zredukowanych separacjach pionowych (RVSM) a konwencjonalną przestrzenią (CVSM – Conventional Vertical Separation Minimum). Polega ona na tym, że w zakresie poziomów lotów od FL290 do FL410 stosuje się pionowe separacje: 1000 stóp (RVSM) i 2000 stóp (CVSM). Trzeba stwierdzić, że urządzenie TCAS II wersji 7.0 zachowuje się identycznie zarówno w CVSM jak i RVSM. Przy założeniu, że TCAS II wersji 6.04 ma większe wartości progowej wysokości (wynoszą one odpowiednio: 1200 stóp dla TA i 800 stóp dla RA), jest sprawą oczywistą, że nie może to urządzenie być przydatne w RVSM, gdyż w konsekwencji byłby przez cały czas wywoływany komunikat TA. W związku z tym urządzenia TCAS II wersji 6.04 z powodzeniem mogą być stosowane podczas wykonywania lotów w CVSM.

Jest rzeczą wiadomą, że podczas wykonywania lotu występuje mniejsze lub większe pionowe odchylenie od określonego poziomu lotu – wysokości. Takie zjawisko dla dwóch statków powietrznych przedstawione zostało na rys. 46. W konsekwencji powoduje to fakt, że względna wysokość pomiędzy statkami powietrznymi jest mniejsza niż 1000 stóp i wtedy

lub „Schodzę". Podobne komunikaty otrzyma drugi statek powietrzny tylko zamiast „Schodzę" pojawi się komunikat „Wznoszę". Zasadne jest stwierdzenie, że zarówno komunikaty TA jak i RA, mogą być wywoływane z powodu turbulencji pomiędzy statkami powietrznymi wykonującymi loty w przyległych poziomach lotów. Niemniej jednak, w praktyce są to bardzo rzadkie wydarzenia i One są bardziej prawdopodobni wydarzyć się podczas powolnych lotów niż podczas przejść w przestrzeni powietrznej NAT.

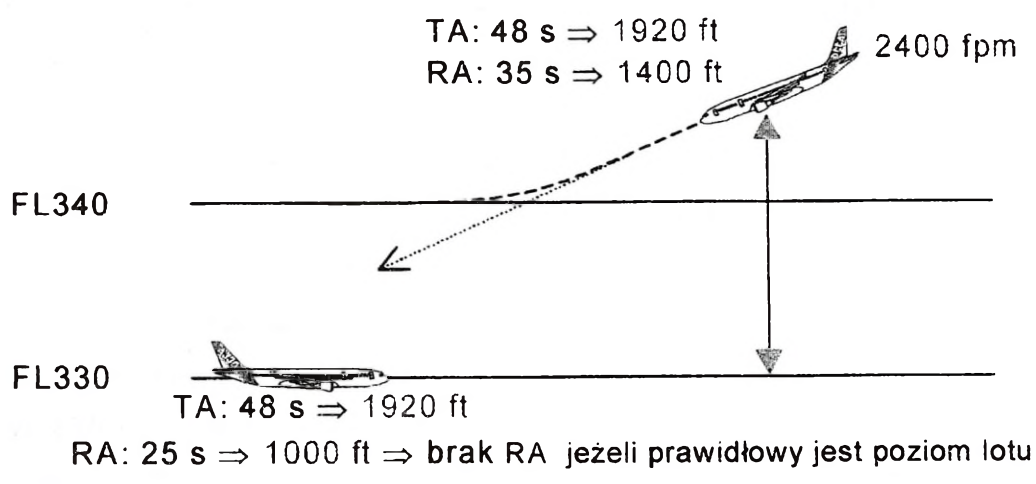


Rys. 48. Turbulencja

Podkreślić należy, że zastosowana w przestrzeni powietrznej CVSM 2000 stopowa pionowa separacja najlepiej zapobiega powstawaniu komunikatów doradczych TA i RA, ponieważ w przypadku wystąpienia turbulencji akceptuje bardzo szybkie i długie zmiany wysokości a wskazywana pionowa prędkość może być dwa razy większa niż w przestrzeni powietrznej RVSM (np. 40000 stóp/minutę), aby dopiero wtedy pojawił się komunikat RA. Jest rzeczą charakterystyczną, że w przypadku pojawienia się komunikatu RA personel latający powinien stosować się do nich, uwzględniając instrukcje operacyjne swoich linii lotniczych, które jednak zasadniczo rekomendują podążanie za wszystkimi komunikatami RA. Zasadne jest podanie, że wykonanie bocznego odchylenia spowodowanego komunikatem RA urządzenia TCAS nie jest zawarte w żadnej procedurze. W przypadku pojawienia się komunikatu TA zarówno w przestrzeni powietrznej RVSM jak i każdej innej, personel latający nie powinien otrzymywać informacji dotyczących ruchu i nie powinien manewrować tylko w odpowiedzi do komunikatu TA, bowiem głównym celem pojawiającego się komunikatu TA jest przygotowywanie załogi do możliwości pojawienia się RA. Ważnym jest, że jeżeli tylko personel latający zamelduje o wykonywaniu manewru spowodowanego komunikatem RA, kontroler nie będzie usiłował zmodyfikować tor lotu statku powietrznego, ale dostarczy jedynie odpowiedniej informacji dotyczącej ruchu lotniczego.

Kolejną możliwością zastosowania jest utrzymywanie 1000 stopowej pionowej separacji podczas zmiany poziomu lotu. W takim przypadku należy założyć, że jeden statek powietrzny wykonuje lot utrzymując wyznaczony poziom lotu a drugi statek powietrzny zmienia swój poziom lotu, a przy tym ustawiona jest 1000 stopowa separacja pionowa np. odbywa się to w przestrzeni powietrznej RVSM. Jeśli pionowa separacja manewrującego statku powietrznego jest większa niż określony poziom lotu to urządzenia TCAS II sygnalizują, że niebawem obydwa statki powietrzne osiągną tą samą wysokość. Dalsze utrzymywanie tych parametrów może wywołać komunikaty: TA lub RA. Taki przypadek prezentuje rys. 5, kiedy zniżający się statek powietrzny jest wyprowadzany tak aby ustalona została 1000 stopowa pionowa separacja pomiędzy statkami powietrznymi. Podczas wyznaczania przez urządzenie TCAS II wersji 7.0 miejsca spotkania, testowanie wysokości jest opierane o obliczanie czasu osiągnięcia wspólnej wysokości (np. 48 sekund dla TA i 35 sekund dla RA podczas manewrowania statku powietrznego oraz 25 s dla RA podczas wyprowadzania do określonego poziomu lotu). TCAS II jako niezależny system nie bierze pod uwagę nawet zamierzonych pozytywnych zamiarów obydwu statków powietrznych a zakłada, że aktualne profile lotu będą utrzymane. Wiadomym jest, że współczesne statki powietrzne charakteryzują się tym, że potrafią w miarę szybko osiągnąć odpowiednio wyznaczone poziomy lotu i urządzenie TCAS II dostrzega tą szybką zmianę pionowej odległości w danej konfiguracji i prognozuje w oparciu o posiadane dane, bieżące parametry, miejsce i czas, w którym obydwa statki powietrzne osiągną wspólną wysokość. Dlatego też tworzy komunikat TA lub RA w zależności od przekroczenia dopuszczalnych norm przewidywanych wartości czasowych. Na rys. 49. przedstawiono w formie przykładowej sytuację, gdy statek powietrzny wykonuje zniżanie proporcjonalne 2400 stóp/minutę a urządzenie TCAS II czuwa nad tym, aby była zachowana separacja pionowa 1000 stóp ponad statkiem powietrznym wykonującym lot na swoim poziomie. W takim układzie wartość progowa czasu dla TA dla obydwu statków powietrznych wynosi 48 s, która odpowiada odległości 1920 stóp. Tymczasem statek powietrzny wykonuje zniżanie proporcjonalne 2400 stóp/minutę, dlatego też komunikat TA jest wywoływany w obydwu statkach powietrznych, w chwili kiedy zniżający się statek powietrzny przechodzi przez poziom FL349. Natomiast wartość progowa czasu dla RA wynosi 35 s dla zniżającego się statku powietrznego która odpowiada odległości 1400 stóp. Tymczasem statek powietrzny wykonuje zniżanie proporcjonalne 2400 stóp/minutę, dlatego też komunikat RA jest wywoływany w chwili, gdy wykonujący zniżanie statek powietrzny znajduje się w odległości 400 stóp od poziomu lotu FL 344. Wartość progowa czasu dla RA wynosi 25 s co odpowiada separacji pionowej 1000 stóp, przy wartości zniżania proporcjonalnego 2400 stóp/minutę. Dlatego

komunikat RA nie będzie wywoływany jeżeli zniżający się statek powietrzny wykona poprawnie wyrównanie, osiągając odpowiedni poziom lotu. Natomiast urządzenie TCAS II wersji 7.0 zostało tak zaprojektowane, aby w miarę możliwości unikać wywoływania komunikatu RA, żądającego zmiany pionowej trajektorii lotu (np. „Wznoś się RA" dla zniżającego się statku powietrznego). Natomiast wywoływany jest komunikat RA kompatybilny ze zgodą, która wymaga redukcji pionowej proporcji zniżania (np. „Dopasowuję Pionową Prędkość"). Konkludując, RA może być wywoływany podczas większej niż wymagana 1000 stopowa pionowa separacja, w przypadku zbyt dużego proporcjonalnego zniżania. Te komunikaty RA są rozważane jako niepożądane zarówno przez kontrolerów jak i pilotów. Niemniej jednak, jeśli manewrujący statek powietrzny nie osiągnie wymaganego poziomu lotu, komunikat RA staje się niezbędny – konieczny. Ponadto zredukowanie pionowego proporcjonalnego zniżania przez manewrujący statek powietrzny (np. 1000 stóp/minutę przy 1000 stopowej separacji), powinno zapobiegać pojawianiu się komunikatów RA i zmniejszyć liczbę komunikatów TA, ponieważ spełniony jest warunek wysokościowego testowania. Podkreślić należy, że jeżeli obydwa statki powietrzne wykonują manewry to względna pionowa prędkość jest bardzo duża, dlatego też jest bardziej prawdopodobn-e, że będą wywoływane komunikaty RA.



Rys. 49. Utrzymanie pionowej separacji podczas zmiany poziomów lotów

W celu zmniejszenia liczby komunikatów TA i RA a jednoczesnym zagwarantowaniu 1000 stopowej pionowej separacji pomiędzy statkami powietrznymi, personelowi latającemu i kontrolerskiemu zaleca się przestrzeganie odpowiednich procedur kiedy:

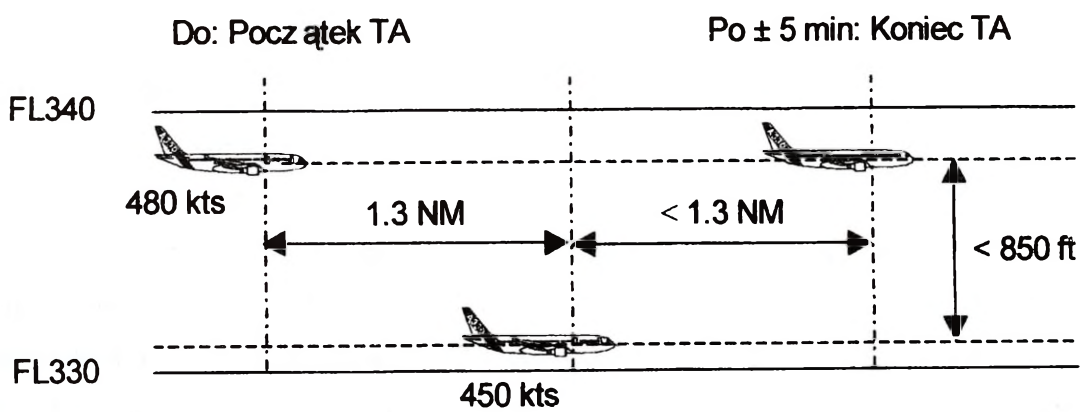
- statek powietrzny wznosi się lub zniża;

- statek powietrzny osiągnie wysokość 1000 stóp powyżej lub poniżej zgodnego poziomu lotu;
- załoga jest w pełni świadoma ruchu w najbliższym sąsiedztwie, na poziomie sąsiedniego lub zgodnego poziomu lotu;
- tylko jest to możliwe i odpowiednie.

W powyżej przedstawionych przypadkach personel latający powinien wznosić się lub zniżać proporcjonalnie 1000 stóp/minutę aż do osiągnięcia wyznaczonego poziomu lotu. Jeżeli takie warunki będą zachowane to na pewno nie pojawi się komunikat doradczy TA. Może on zostać wywołany kiedy obydwa statki powietrzne będą manewrować. Dla przykładu, takie ograniczenie w pionowym proporcjonalnym zniżaniu mogłoby wynikać z informacji dotyczącej ruchu w przestrzeni powietrznej a dostarczonej przez kontrolera. Natomiast w przypadku, kiedy pojawia się komunikat RA, personel latający powinien stosować się do operacyjnych instrukcji swoich linii lotniczych, które zwykle polecają podążać za wszystkimi komunikatami RA, bez względu na fakt czy informacja dotycząca ruchu lotniczego została dostarczona czy nie oraz czy statek powietrzny manewrujący jest wizualnie dostępny czy też nie. Ponadto kiedy pojawi się odpowiedni raport personelu latającego, spowodowany manewrem zalecanym przez komunikat RA, kontroler nie powinien w żaden sposób zmieniać toru lotu statku powietrznego a jedynie dostarczyć odpowiedniej informacji dotyczącej ruchu w najbliższej przestrzeni powietrznej.

Omówienia wymaga także szczególny przypadek minimalnie dobranych proporcji w odległości, gdy występuje duże natężenie ruchu lotniczego i w dodatku statki powietrzne wykonują lot w tym samym kierunku, co prawda na różnych poziomach, ale z minimalną separacją pionową i stałą różnicą prędkości wynoszącą 30 węzłów – rys. 50. W tym przypadku nie będą pojawiały się komunikaty doradcze o ile nie wystąpią jakiekolwiek konfiguracje krytyczne (np. pionowe odchylenia, oscylacje, turbulencja i zmiana poziomu lotu). W takim przypadku urządzenie TCAS II wersji 7.0 nie będzie emitować jakichkolwiek komunikatów doradczych, chyba, że pojawi się jedna z krytycznych konfiguracji (np. pionowe odchylenie, oscylacje, turbulencja i zmiana poziomu lotu). Zasadne jest podkreślenie, że powinien być odpowiednio zachowany testowany zasięg (oparty o funkcję czasowego dojścia do CPA) oraz wartość progowa dla doradczych komunikatów (np. 48 s dla TA). W przedstawionej sytuacji testowany zasięg jest zaspokajany, kiedy minimalna odległość wynosi 1.3 mil nautycznych dla TA. Jeżeli statek powietrzny pozostaje w odpowiedniej odległości to brak jest jakichkolwiek komunikatów. Jednak obydwa statki powietrzne przemieszczając się z prędkościami rzeczywistymi

różniącymi się o stałą wartość 30 węzłów, po pewnym czasie przekroczą barierę dopuszczalnej odległości, więc komunikat doradczy może trwać nawet kilka minut. W celu zmniejszenia czasu trwania tych komunikatów, zastosowany został specyficzny algorytm a w konsekwencji zmniejszony został ochronny zasięg odległościowy do 1 mili nautycznej dla TA. Jakkolwiek również i mimo stosowania tego algorytmu bardzo rzadko mogą pojawić się, indukowane wtórnie, krótkie komunikaty doradcze. Dla przykładu na rys. 11 przedstawiono dwa statki powietrzne wykonujące lot ze stałą prędkością rzeczywistą (450 i 480 węzłów). Komunikat TA zostanie wywoływany kiedy szybszy statek powietrzny znajdzie się w odległości 1.3 NM przed wolniejszym a zakończy się emisja tego komunikatu kiedy szybszy statek powietrzny znajdzie się za wolniejszym w odległości 1.3 mili nautycznej. Dla przyjętej różnicy prędkości wynoszącej 30 węzłów, komunikat ten powinien trwać około 5 minut. Również komunikat RA może zostać wywołany przez kilka minut o ile zostaną przekroczone dopuszczalne wartości. Jednak jeśli personel latający właściwie zareaguje w stosunku do komunikatu „Wznoś się" lub „Zniżaj" to komunikat RA zostanie zmieniony i w urządzeniu TCAS II wersji 7.0 pojawi się „Dopasuj pionową szybkość" i wtedy personel latający powinien dokonać odpowiedniej korekty i ograniczyć pionowe odchylenie. Wynika z tego, że czas trwania komunikatów: TA, RA zależny jest od utrzymywania przez personel latający minimalnych separacji – parametrów oraz od wystąpienia określonych krytycznych konfiguracji (np. pionowe odchylenie, oscylacje, turbulencja lub zmiana poziomu lotu). Niemniej jednak są to bardzo rzadkie przypadki, kiedy w przestrzeni powietrznej RVSM były wywoływane takie komunikaty. Również doświadczenia zebrane podczas funkcjonowania przestrzeni powietrznej NAT dowiodły, że podczas wykonywania lotów w powietrznej przestrzeni europejskiej bardzo rzadko pojawiały się wymienione wyżej komunikaty.



Rys. 50. Minimalne proporcje podczas wykonywania lotów na różnych poziomach w tym samym kierunku, ze stałą różnicą prędkości rzeczywistej

Podobnie do poprzednio podanych wskazówek, kiedy pojawi się komunikat RA personel latający powinien stosować się do operacyjnych instrukcji swoich linii lotniczych, które zwykle polecają podążać za wszystkimi komunikatami RA. Natomiast w przypadku pojawienia się komunikatu TA w przestrzeni powietrznej RVSM, personel latający nie powinien prosić o informacje dotyczące ruchu lotniczego tylko odpowiednio manewrować w odpowiedzi na pojawiające się komunikaty TA, gdyż komunikat ten przygotowuje załogę statku powietrznego do możliwości pojawienia się komunikatu RA. Wykonanie odpowiedniego bocznego odchylenia i utrzymywanie go podczas trwających i emitowanych przez urządzenie TCAS II komunikatów (TA, RA) nie jest zawarte w żadnej procedurze kontrolerskiej. W tym przypadku również podczas raportu personelu latającego o wykonywaniu manewru spowodowanego komunikatem RA, kontroler nie będzie usiłował zmieniać toru lotu statku powietrznego a jedynie dostarczy odpowiedniej informacji dotyczącej ruchu lotniczego.

Interesująco przedstawia się również problematyka związana z operacyjnymi implikacjami. Okazuje się, że urządzenie TCAS II wersji 7.0 z pełnym wyposażeniem nie wywołuje komunikatów doradczych na pokładach statków powietrznych poruszających się w sąsiadujących poziomach lotów, separowanych poziomo co 1000 stóp – jak to ma miejsce w przestrzeni powietrznej RVSM. Niemniej jednak przewiduje się, że liczba komunikatów: TA i RA ponad poziomem FL290 może wzrosnąć gdy realizowana jest RVSM. Wynikać to może z faktu, że statek powietrzny może utrzymywać nieprawidłową wysokość oraz mogą wystąpić negatywne zjawiska w postaci chociażby turbulencji. Jakkolwiek pewien spodziewany wzrost liczby komunikatów TA i RA ponad poziomem FL290 jest niewątpliwie niekorzystny to nie powinien on znacząco utrudniać realizowanie operacji RVSM a raczej powinny one stanowić doradcze funkcje w przestrzeni powietrznej RVSM, tak jak to wykazały wnioski z doświadczeń nabytych podczas początkowego realizowania RVSM pomiędzy poziomami FL250 a FL290. Wszystko będzie odbywać się właściwie jeśli operacyjne procedury TA i RA są odpowiednio stosowane przez załogi statków powietrznych. W chwili obecnej realizowanie RVSM powoduje, że przestrzeń powietrzna pozostaje jednorodna aż do poziomu FL420, ponieważ stosowana jest taka sama pionowa separacja. W związku z tym urządzenie TCAS II też zachowuje się jednorodnie poniżej poziomu FL420. Do tej pory zapewnione to było jedynie w przestrzeni powietrznej CVSM, ale tam obowiązywała 2000 stopowa pionowa separacja.

Spodziewany wzrost liczby komunikatów TA w RVSM nie powinien powodować jakichkolwiek implikacji dla kontrolerów, ponieważ komunikaty TA nie są zgłaszane przez personel latający. W związku z tym nie istnieje standardowa frazeologia, która mogłaby być wykorzystana w odpowiedzi na komunikat TA. Toteż kontrolerzy nie mają określonej procedury do zastosowania w takim przypadku. Niemniej jednak w trosce o personel latający i na wyraźne żądanie, powinni podawać informację dotyczącą ruchu w najbliższej przestrzeni, kiedy pojawia się komunikat TA. Tak jak spodziewany jest wzrost liczby komunikatów TA ponad poziomem FL290 podczas wykonywania lotów w przestrzeni RVSM tak samo spodziewany jest wzrost żądanych przez personel latający informacji dotyczących ruchu lotniczego. Taki wariant jest szczególnie spodziewany dla statków powietrznych wyposażonych w urządzenia TCAS II wersji 6.04 - ta wersja będzie wywoływać bardzo dużą liczbę komunikatów TA niż TCAS II wersji 7.0.

Również spodziewany jest wzrost liczby komunikatów RA ponad poziomem FL290 podczas realizowania RVSM, powodujący także wzrost odpowiedzi personelu latającego na te komunikaty. Jednak te odpowiedzi nie spowodują tego, że statek powietrzny zmieni wyznaczone warunki lotu. W rzeczywistości urządzenie TCAS II wersji 7.0 wywołuje komunikat RA żeby o ile to jest możliwe zmiana pionowej trajektorii była kompatybilna z wcześniej założonymi warunkami lotu. W dodatku należy zaznaczyć, że spodziewana jest niższa liczba wywoływanych komunikatów RA powyżej FL290 niż w zakresie FL250 - FL290 wysokościowych pasm. Zakłada się, że niemal wszystkie statki powietrzne powinny być wyposażone w urządzenia TCAS II, jeżeli mają poruszać się w przestrzeni powietrznej RVSM i wtedy komunikaty RA są koordynowane. W związku z tym z chwilą pojawienia się komunikatu RA wymagającego wykonanie odchylenia od nakazanego poziomu, ewentualne odchylenie każdego statku powietrznego będzie ograniczone do chwili kiedy personel latający obydwu statków powietrznych będzie właściwie podążał za RA. Interoperacyjność pomiędzy urządzeniami TCAS II wersji 7.0 i TCAS II wersji 6.04 w połączonym wyposażeniu środowisk jest w pełni efektywna. Koordynacja dla wywołań RA pomiędzy urządzeniami TCAS II jakichkolwiek wersji jest zdefiniowana w ICAO ACAS II SARPs. Zasadne jest podanie, że jeżeli personel latający reaguje zbyt mocno na RA to wykonanie jakiegokolwiek nadmiernego odchylenia wynikającego z odpowiedzi na taki komunikat, mógłby być bardziej destrukcyjny niż w przestrzeni powietrznej CVSM, z powodu zmniejszonej pionowej separacji pomiędzy poziomami lotów. Niemniej jednak spowodowanie spodziewanego spotkania z trzecim statkiem powietrznym wydaje się wielce nieprawdopodobne, raczej aktualnie na niższych wysoko-

ściach. Jeżeli mimo wszystko doszłoby do spotkania trzech statków powietrznych, takie zdarzenie może wystąpić to urządzenia TCAS II zawierają odpowiednie algorytmy postępowania i są w stanie dostarczyć komunikatów RA dla poszczególnych i równoczesnych zagrożeń. W PANS – RAC zawarta jest formuła stwierdzająca, że kiedy pilot zgłosi wykonywanie manewru spowodowanego decyzją doradczą ACAS TO kontroler nie będzie usiłował zmodyfikować toru lotu statku powietrznego aż do chwili gdy personel latający nie zgłosi powrotu do wykonywania bieżącego regulaminowej instrukcji ruchu lotniczego lub lotu według otrzymanej zgody, ale powinien dostarczyć odpowiedniej informacji dotyczącej ruchu lotniczego. Niemniej jednak dostarczając informacji dotyczącej ruchu lotniczego, kontrolerzy powinni wyobrazić sobie tą sytuację w oparciu o uzyskane dane m.in. z ekranu radarowego. Jednak należy pamiętać ,że ludzka percepcja dotycząca miejsca pionowego spotkania statków powietrznych mniej dokładna niż możliwości urządzenia TCAS II w tym zakresie. Toteż kiedy statek powietrzny odchyla się od nakazanych warunków w odpowiedzi na komunikat RA, kontrolerzy mogą dostarczać jedynie praktycznych informacji dotyczących ruchu lotniczego. To nie zwalnia personelu latającego od podążania za komunikatami RA jeśli są one wywoływane. Niemniej jednak w przypadku utrzymywania 1000 stopowej pionowej separacji pomiędzy poziomami lotów, personel latający powinien starać się zredukować pionowe proporcjonalne zniżanie podczas podejścia do nakazanego poziomu lotu, aby zapobiec możliwości wywoływania komunikatu RA. Podkreślić należy, że personel latający powinien być świadomy jakiej wersji TCAS II używa i powinien być szkolony według tej wersji. Takie podejście sprawi, że będą oni wiedzieli czego mogą się spodziewać od swojej pokładowej wersji TCAS II, jeżeli będą przemieszczać się w przestrzeni powietrznej RVSM.

Implementacja RVSM nie wymaga zmodyfikowania zachowania personelu latającego, powinno ono być podobne tak jak w aktualnie istniejącej nie - RVSM przestrzeni powietrznej, kiedy komunikaty; TA i RA są wywoływane. Te zachowania są takie same dla jakiejkolwiek wersji urządzenia TCAS II i przestrzeni powietrznej. Kiedy komunikat TA jest wywoływany, personel latający nie powinien żądać informacji dotyczących ruchu lotniczego. W dodatku nie powinni manewrować statkiem powietrznym w odpowiedzi tylko na komunikat TA (PANS-OPS). To stwierdzenie obowiązuje w każdej przestrzeni powietrznej, również w środowisku RVSM. Głównym celem pojawiania się komunikatów TA jest przygotowywać załogi statku powietrznego do możliwości pojawienia się RA. Ważnym jest również, że odpowiedzialność jest podzielona pomiędzy pilotami: prowadzącym aktualnie statek powietrzny i znajdującym się obok, w sposób następujący (TGL11):

- pilot prowadzący statek powietrzny powinien kontynuować lot i być przygotowany do zareagowania i podążania za komunikatem RA;
- pilot znajdujący się obok powinien dostarczać uaktualnionego miejsca położenia ruchu przedstawionego na wyświetlaczu TCAS II, używający tej informacji do pomocy wizualnego poszukiwania blisko znajdującego się statku powietrznego.

Kiedy komunikat RA jest wywoływany to personel latający powinien stosować się do swoich linii lotniczych operacyjnych instrukcji, które zazwyczaj polecają podążać za wszystkimi komunikatami RA, bez względu na fakt czy informacja dotycząca ruchu lotniczego będzie dostarczana czy też nie oraz czy pojawiający się statek powietrzny jest dostępny wizualnie czy nie. W przypadku gdy inny statek powietrzny zmienia poziom to personel latający powinien liczyć się z brakiem wstępnych komunikatów TA przed RA. Natomiast podczas wystąpienia RA, odpowiedzialność jest także dzielona pomiędzy pilota wykonującego lot i pilota znajdującego się obok (TGL11):

- pilot prowadzący statek powietrzny powinien odpowiadać na komunikat RA z pozytywnie kontrolowanym wejściem, kiedy tylko to jest wymagane;
- pilot znajdujący się obok musi dostarczać stale uaktualnianych danych dotyczących miejsca ruchu, wszelkich zmian ruchu pojawiających się na wyświetlaczu oraz monitorować odpowiedzi na komunikaty RA.

Podkreślić należy, że personel latający nigdy nie będzie wykonywał manewrów innych niż pojawiające się w komunikatach RA. Jest to spowodowane względami bezpieczeństwa, bowiem jeżeli statek powietrzny jest też wyposażony w urządzenie TCAS II (np. to stanowi standardowy przypadek w europejskiej przestrzeni powietrznej RVSM) to wykonanie innego manewru niż podawany w komunikacie byłoby niebezpieczne, ponieważ komunikaty RA występujące na pokładach obydwu statków powietrznych są koordynowane w celu zapewnienia bezpieczeństwa i wybrania optymalnego wyjścia z zaistniałej sytuacji. Zasadne jest podanie, że personel latający powinien informować kontrolerów o wykonywanych manewrach w odpowiedzi do pojawiających się komunikatów RA, gdy tylko czas i obciążenie na to pozwolą, używając do tego standardowej frazeologii lotniczej. Ponadto zmiana toru lotu będzie ograniczona do minimalnego zasięgu koniecznego do zastosowania w odpowiedzi do RA (PANS-OPS). Personel latający, który odchyli się od zgody wydanej przez kontrolę ruchu lotniczego, w odpowiedzi na komunikat RA, natychmiast po wykonaniu manewru powinien wrócić do wykonywania poprzednio wydanych instrukcji kontroli ruchu lotniczego lub otrzymanej zgody na lot, kiedy tylko zniknie sytuacja konfliktowa i oni powinni informować

o tym fakcie odpowiednią jednostkę ATC, gdy tylko jest to możliwe (PANS-OPS). Ważnym jest fakt, że kontroler nie jest odpowiedzialny za zapewnienie pionowej separacji dla statku powietrznego, który odchyla się od wyznaczonego toru lotu w odpowiedzi na komunikaty RA, więc to jest bardzo ważne aby personel latający jak najszybciej powrócił do poprzednich warunków wykonywania lotu, po ustąpieniu komunikatów RA. Wykonywanie bocznego odchylenia w odpowiedzi na pojawiające się w urządzeniu TCAS II komunikaty TA i RA, nie jest zawarte w żadnej procedurze.

Na zakończenie należy powiedzieć, że system TCAS II jest w ostatnich czasach jedynym pozwalającym zapewnić bezpieczeństwo, pozwolić zapobiec powstawaniu sytuacji kolizyjnych pomiędzy statkami powietrznymi w przestrzeni powietrznej. Odpowiednio dobrane techniczne cechy systemu dostarczają znaczącej poprawy w zachowaniu bezpieczeństwa podczas wykonywania lotu, co jest szczególnie ważne w przestrzeni powietrznej RVSM oraz jakiejkolwiek innej przestrzeni powietrznej. Jakkolwiek zarówno personel latający jak i kontrolerzy powinni być świadomi, że TCAS II nie jest doskonałym system. Nie może on przewidzieć wszystkich: możliwych do wystąpienia sytuacji kolizyjnych i zagrożeń. Trzeba sobie zdawać sprawę, że sam system może też powodować powstawanie dodatkowego zagrożenia. W konsekwencji trzeba stwierdzić, że podstawę stanowią procedury zaprojektowane dla ATC, które i tak powinny zapewnić bezpieczne wykonanie lotu bez jakiegokolwiek polegania tylko i wyłącznie na użyciu systemu TCAS II.

Uwzględniając powyższe należy jednak stwierdzić, że urządzenie TCAS II wersji 7.0 jest kompatybilne ze środowiskiem RVSM, mimo tego przewiduje się, że wykorzystywanie jego w RVSM będzie mogło doprowadzić do drobnego wzrostu wyświetlanej liczby komunikatów doradczych powyżej poziomu FL290 w porównaniu do operacji wykonywanych w przestrzeni powietrznej CVSM. Niemniej jednak, spodziewana proporcja komunikatów doradczych w przestrzeni powietrznej RVSM będzie niższa niż proporcja aktualnie obserwowana pomiędzy poziomami FL250 a FL290. Natomiast urządzenie TCAS II wersji 6.04 nie jest kompatybilne z RVSM pod względem zastosowań operacyjnych, głównie ze względu na utrzymywanie bardzo wysokiej proporcji wywoływania komunikatów TA. Niemniej jednak, zintegrowane wyposażenie pokładowe współczesnych statków powietrznych, z małym procentem pokładowych urządzeń TCAS II wersji 6.04, nie powinno w znaczący sposób stanowić znaczącą implikację dla kontrolerów.

Wykonywanie lotów w przestrzeni powietrznej RVSM nie powinno modyfikować w znaczący sposób zachowania zarówno personelu latającego jak i kontrolerskiego, natomiast taka

modyfikacja jest spodziewana w przestrzeni powietrznej nie – RVSM, kiedy wywoływane będą komunikaty TA i RA. Zapewnienie pełnego bezpieczeństwa, osiąganie określonych korzyści wskutek stosowania systemu TCAS II będzie możliwe jeżeli personel latający będzie stosował się do swoich linii lotniczych operacyjnych instrukcji, które jednak zwykle polecają podążać za wszystkimi komunikatami RA. W dodatku, powinni oni pamiętać, aby nigdy nie wykonywali manewrów odwrotnych do podawanych w komunikacie RA, bowiem komunikaty te są koordynowane pomiędzy urządzeniami TCAS II znajdującymi się na pokładach różnych statków powietrznych. Wzrastająca precyzja poziomej nawigacji połączona ze wzrostem precyzji pionowej nawigacji może prowadzić w przypadku wystąpienia błędów i czegokolwiek w przestrzeni powietrznej do pojawienia się wyższego ryzyka kolizji. Dlatego urządzenia TCAS II są wszystkie bardziej skuteczne jako ostateczne ogniwa zapewniające bezpieczeństwo w całym lotniczym systemie.

10. ZAUTOMATYZOWANE SYSTEMY PRZETWARZANIA PLANÓW LOTÓW

Wymiana informacji pomiędzy poszczególnymi służbami ruchu lotniczego odbywa się w oparciu o następujące rodzaje depesz:

- dotyczące stanu zagrożenia, zawierających różnorodne informacje w zależności od rodzaju zagrożenia. Stąd też ich format jest niemożliwy do ścisłego określenia poza dwoma poniższymi rodzajami depesz:
  ALR – depesze alarmowe, informujące służby o stanie zagrożenia statku powietrznego;
  RCF – depesze o utracie łączności radiowej, informujące współpracujące służby o utracie łączności ze statkiem powietrznym.
- dotyczące ruchu i kontroli, zawierają zamierzony lub aktualny ruch statków powietrznych i w związku z tym dzielą się na depesze:
  - zgłoszonego planu lotu i jego uaktualnień:
    FPL – zgłoszonego planu lotu;
    DLA – o opóźnieniu;
    CHG – modyfikujące;
    CNL – o unieważnieniu planu lotu;
    DEP – startowe;
    ARR – o przylocie.
  - o koordynacji:

CPL – o bieżącym planie lotu;

EST – o przewidywanym locie;

CDN – o koordynacji;

ACP – o akceptacji;

LAM – o logicznym potwierdzeniu.

- uzupełniające:

  RQP – o żądaniu planu lotu;

  RQS – o żądaniu uzupełnienia planu lotu;

  SPL – uzupełnienia planu lotu.

- kontroli:

  o zezwoleniu;

  przekazania kontroli;

  regulowania przepływu;

  meldunki pozycyjne i meldunki z powietrza.

- informacji powietrznej, które ze względu na charakter przekazywanych danych nie mają określonego formatu a jedynie ich zawartość jest opisana w IL – 4444. Stąd też wyróżnić można depesze:
  - zawierające informacje o ruchu lotniczym;
  - zawierające informacje meteorologiczne;
  - dotyczące działania urządzeń lotniczych;
  - zawierające istotne informacje o stanie lotniska;
  - dotyczące meldunków o nieprawidłowościach w ruchu lotniczym.

Format, zawartość oraz zasady rozsyłania powyższych depesz są bardzo ściśle określone w instrukcji IL – 4444. Z tego dokumentu i innych wynika, że depesze mogą być rozsyłane za pośrednictwem stałej służby lotniczej, łącznie ze stałą telekomunikacyjną siecią lotniczą AFTN, bezpośrednimi łączami telefonicznymi pomiędzy organami służb ruchu lotniczego lub w oparciu o wykorzystanie łączy dalekopisowych, sieci komputerowych lub ruchomej służby lotniczej (w zależności od potrzeb). Natomiast służba informacji lotniczej używa NOTAM w celu rozpowszechniania bieżących informacji dotyczących infrastruktury lotniczej, służb ruchu lotniczego, ograniczeniach i zmianach w strukturze przestrzeni powietrznej i inne. Do dostarczania informacji dotyczących stanu pola naziemnego ruchu lotniczego używane są SNOW TAM. Format i zawartość tych depesz oraz zasady ich rozsyłania są szczegółowo określone w Aneksie 15 do Konwencji Chicagowskiej.

Wymiana danych dotyczących zarządzania przepływem ruchu lotniczego pomiędzy CFMU a użytkownikami statków powietrznych i służbami ruchu lotniczego odbywa się w oparciu o następujące depesze:

ANM – zawiadamiająca ATFM;

ANM FLASH – zawiadamiająca o wprowadzeniu nadzwyczajnych lub selektywnych ograniczeń z powodu wyjątkowo złych warunków meteorologicznych;

FLS – zawieszenia lotów;

ACK – potwierdzająca;

MAN – informująca, że przesyłany FPL będzie przetwarzany ręcznie;

REJ – wskazuje, że przesyłany FPL nie został przetworzony ani automatycznie ani ręcznie;

SAM – przydziału slotu, wydawana na dwie godziny przed przewidywanym czasem odblokowania;

SSR – żądająca korekty slotu;

SMM – odwołanie slotu;

FCM – potwierdzenie lotu.

Oprócz służby organizacyjnej, niezbędnym elementem ATM jest odpowiednia infrastruktura techniczna, do której zalicza się:

- **radiolokację** – do zapewnienia służb radarowych ruchu lotniczego wymagane są zdublowane informacje z radarów wtórnych w kontroli obszaru. Natomiast w kontroli zbliżania wymagane są informacje pochodzące zarówno z radarów pierwotnych jak i wtórnych. Z kolei dla potrzeb radarowej służby doradczej, radarowej służby informacji i powietrznej oraz monitorowania aktywności w strefach czasowo wydzielonych niezbędna jest informacja pochodząca z radarów pierwotnych. Opracowywane pole radiolokacyjne ATS, zakłada wykorzystanie źródeł informacji radarowej z cywilnych i wojskowych radarów pierwotnych i wtórnych spełniających wymagania aneksu ICAO. Umożliwia to znaczne zredukowanie liczby stacji radarowych niezbędnych do zapewnienia służby radarowej. W takim układzie wyróżnia się radiolokacją pierwotną (PSR) , radiolokację wtórną (SSR);
- **łączność dla służb ruchu lotniczego ze statkami powietrznymi** w relacji ziemia – powietrze, powinna być zapewniona w ruchu GAT w paśmie VHF 118-137 MHz z separacją między kanałową 25kHz, OAT w paśmie VHF 118-137MHz z separacją między kanałową 25kHz oraz dodatkowo w paśmie UHF (pasmo lotnicze NATO). Natomiast infrastruktura naziemna musi zapewnić sterowanie nadajnikami i odbiornikami zlokalizowanymi w kilkudziesięciu miejscach w Polsce. Zmiana lub łączenie częstotliwości powinno odbywać się dynamicznie, zgodnie z rekonfiguracją całego systemu;

- **przetwarzanie danych radarowych;**
- **przetwarzanie danych planów lotów;**
- **dystrybucja danych meteorologicznych**, otrzymywanych z lotnisk cywilnych i wojskowych, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Centralnego Biura Hydrometeorologicznego WLOP, winna być dokonywana centralnie przez względną sieć ATS do użytkowników;
- **system planowania i wykorzystania przestrzeni powietrznej**, realizowany centralnie przez AMC Warszawa w oparciu o wykorzystanie względnej sieci ATS oraz wojskowych środków łączności. Powinien on zbierać zamówienia na elementy przestrzeni, oraz dokonywać ich dystrybucji;
- **rozległa sieć ATS**, w celu zapewnienia automatycznej wymiany informacji pomiędzy podsystemami komputerowymi polskiego systemu ATM, jego współpracy z systemami państw sąsiednich oraz sił zbrojnych RP. Taka sieć umożliwia przesyłanie:
  - zapotrzebowań na przydział przestrzeni powietrznej;
  - planów użytkowania przestrzeni powietrznej;
  - depesz związanych z ograniczeniami w ruchu lotniczym;
  - planów lotu GAT i OAT;
  - danych radarowych z kilkudziesięciu stacji radiolokacyjnych;
  - centralnie przetworzonego jednolitego radarowego zobrazowania sytuacji ruchowej do wybranych ośrodków;
  - danych – odczytów z kilkunastu radionamierników;
  - zapewnienie łączności radiowej w relacji ziemia – powietrze ze zdalnie sterowanych nadajników;
  - zapewnienie bezpośredniej łączności telefonicznej pomiędzy kilkuset stanowiskami operacyjnymi służb ruchu lotniczego i system kierowania lotami systemu OP;
  - danych meteorologicznych z kilkudziesięciu lotnisk i stacji meteorologicznych;
  - ważnych operacyjnie informacji lotniczych;
  - zdalne sterowanie i rekonfiguracja pracy ponad stu nadajników na kilkudziesięciu częstotliwościach;
  - przesyłanie danych w przypadku awarii bądź zniszczenia poszczególnych elementów sieci ATS;
  - utajnienie transmitowanych danych.

Wykonując lot według zaleceń ICAO, należy pamiętać, że podstawę jego wykonania stanowią przepisy wykonywania lotów VFR lub IFR. Natomiast samo przemieszczanie się statku powietrznego odbywa się w wyznaczonej do tego celu przestrzeni kontrolowanej lub operacyjnej. Przed każdym lotem w polskiej przestrzeni powietrznej, któremu należy zapewnić służbę kontroli ruchu lotniczego, powinien być złożony plan lotu. Również z tym zagadnieniem związane są takie depesze jak: Delay (DLA), Departure (DEP) i Arrival (ARR), Change (CHG), Request Supplementary Data (RQP), Suplementary Data (SPL), o koordynacji, alarmowe. Rozróżnia się dwa zasadnicze rodzaje planów lotów:

- plany powtarzalne – RFP (Replay Flight Plan), stosowane przeważnie do lotów rejsowych;
- plany jednorazowe – FP (Flight Plan), stosowane do zaplanowania jednego lotu.

W niniejszym wydawnictwie szczegółowo zostanie przedstawiony sposób składania jednorazowego planu (Flight Plan). Plan taki należy składać na odpowiednim formularzu do biura odpraw załóg w czasie:

a) nie później niż 1h przed planowanym odlotem – w wypadku kontrolowanego lotu krajowego lub kontrolowanego lotu z przekraczaniem granicy polskiej przestrzeni powietrznej;
b) nie później niż 2h przed przewidywanym odlotem, gdy lot jest wykonywany z lotniska:
   - kontrolowanego na lotnisko (lądowisko) nie kontrolowane lub odwrotnie;
   - kontrolowanego do przestrzeni nie kontrolowanej;
   - lotniska (lądowiska) nie kontrolowanego do przestrzeni kontrolowanej.

Flight Plan może być również złożony przez radio w czasie lotu, ale z takim wyliczeniem, aby został przekazany właściwemu organowi kontroli ruchu lotniczego na co najmniej 10 minut przed przewidywanym osiągnięciem przez statek powietrzny przestrzeni kontrolowanej. Pilot, planując swój lot, musi wiedzieć, że jeżeli odlot nie nastąpi w ciągu 30 minut po przewidywanym czasie odblokowania, należy złożyć nowy plan. Flight Plan sporządza pilot lub upoważniony przez pilota członek załogi i składa go w biurze odpraw załóg, gdzie podczas tzw. „briefingu" otrzymuje i zapoznaje się z pełną dokumentacją potrzebną do wykonania lotu. W tej wyspecjalizowanej komórce można również otrzymać informacje NOTAM, zawierające aktualne wiadomości dotyczące pracy i sprawności pomocy radionawigacyjnych, wszelkich ograniczeń i zmian w przestrzeni powietrznej oraz sprawności lotnisk. Podstawowe znaczenie podczas planowania lotu mają informacje meteorologiczne SIGNIFICANT (mapa pogody, wiatry na wysokosci 500 i 300m Br, mapa tropopauzy) oraz informacje dotyczące aktualnej pogody na wybranych lotniskach – METAR wraz z prognozą dla nich – TAF. W informacjach tych może pojawić się określenie NOSIG, które oznacza, że nie przewiduje się

znaczących zmian pogody. Po przeanalizowaniu powyższych informacji można przystąpić do wypełniania formularza planu lotu.

W celu złożenia formularza planu lotu, konieczna jest umiejętność poprawnego jego wypełnienia oraz informacja, że plan lotu rozpoczyna się wypełniać dopiero od punktu 7. Poszczególne dane wpisuje się w odpowiednich rubrykach od pierwszej kratki, a zbędnych kratek nie wypełnia się. W formularzu należy podać następujące dane:

Pole 7. Znak rozpoznawczy statku (maksymalnie 7 znaków) – w rubryce tej wpisuje się jedno z oznaczeń statku powietrznego zaakceptowane przez ICAO:

- 7 znaków pisarskich – LOT1234;
- cyfry i litery – SPLNB;
- znak wywoławczy – 65293;
- rejestracja – N27PA;
- numer boczny – KRUKO7;
- kryptonim - w razie planowania dolotu samolotu wojskowego może być podany pięciocyfrowy indeks pilota.

Pole 8. Przepisy wykonywania lotu rodzaju lotu (jeden lub dwa znaki pisarskie).

Pole to złożone jest z dwóch kratek i mogą w nim występować tylko litery. Stąd też należy umieścić tam takie oznaczenia:

pierwsza kratka - przepisy wykonywania lotu:

I – jeżeli lot ma być wykonywany zgodnie z przepisami IFR;

V – jeżeli lot ma być wykonywany zgodnie z przepisami VFR;

Y – jeżeli lot ma być wykonywany najpierw według IFR, a potem według VFR;

Z – jeżeli lot ma być wykonywany najpierw według VFR, a potem według IFR;

Należy zaznaczyć, że jeżeli w tej rubryce będzie wpisana litera Y lub Z, to następnie w polu 15 należy określić miejsce, od jakiego nastąpi zmiana przepisów.

druga kratka - rodzaj lotu:

S – lot rozkładowy lotnictwa komunikacyjnego;

N – lot nierozkładowy lotnictwa komunikacyjnego;

G – lot lotnictwa ogólnego;

M – lot wojskowy;

X – inny rodzaj lotu (wpisując X, należy potem w polu 18, po literach RMK, wpisać rodzaj tego lotu).

Pole 9. Liczba, typ statku oraz kategoria turbulencji w śladzie aerodynamicznym

Zanim przystąpi się do wypełniania tego pola, należy stosować się do następujących zaleceń, wynikających z ICAO Doc. 8643:

a) liczba statków powietrznych w grupie:

- wpisuje się liczbę statków powietrznych tylko wtedy, gdy jest ich więcej niż jeden;
- parametry statków w grupie;
- zawsze stosuje się zapis z poprzedzającym zerem np. 02.

b) typ statku powietrznego:

POA2 – jeden Antonow An – 2;

03POW4 – trzy PZL – 104 Wilgi;

B737 – Boeing 737 (w zapisie ogólnym);

B73A – Boeing 737 seria 200;

ZZZZ – typ nieznany lub bez kodu;

GLID – szybowiec;

HELI – śmigłowiec

BALL – balon;

SHIP – wodnopłatowiec;

ULAC – samolot ultralekki;

GYRO – mikrolekki żyrokopter.

c) kategoria turbulencji w śladzie aerodynamicznym:

H – Heavy (powyżej 136 000 kg);

M. – Medium (od 7000 do 136 000 kg);

L – Light (mniej niż 7000 kg).

Pole 10. Wyposażenie - umieszcza się urządzenia radiokomunikacyjne oraz pomoce podejścia. Należy pamiętać o tym, że musi to pole być wypełnione, a wpisać można jedną z następujących liter:

N - jeżeli statek powietrzny nie jest wyposażony w jakiekolwiek pomoce radiokomunikacyjne (COM) i radionawigacyjne (NAV) lub gdy to wyposażenie jest niesprawne;

S - jeieli na pokladzie znajduje sie sprawne wyposażenie standardowe COM/NAV. Za standardowe wyposażenie uważa się radiostację wielkiej częstotliwości, radiokompas VOR i ILS (radiolatarnia ogólnokierunkowa i system lądowania według wskazań przyrządów);

A – bez znaczenia (dawniej LORAN – A);

B – bez znaczenia;

C - LORAN C;

D - DME;

E – bez znaczenia (dawniej Decca);

F – ADF (NDB);

G – GNSS;

H – HF RTF;

I - nawigacja bezwładnosciowa (INS);

J – przekaz danych;

K – MLS;

L - ILS;

M. – OMEGA;

N – brak wyposażenia;

O - VOR;

P – bez znaczenia;

Q – bez znaczenia;

R – certyfikat RNP;

T – TACAN;

U – UHF RTF;

V – VHF RTF

W – zgodnie z ATS;

X – zgodnie z ATS;

Y – zgodnie z ATS;

Z - inne posiadane wyposażenie.

Skróty: COM, NAV, DAT wpisuje się w polu 18. RNP to nawigacja obszarowa (Required Navigation Performance).

Wyposażenie dozorowania (SSR) również oznacza się w postaci określonych liter:

N - brak transpondera;

A - transponder - mod A, 4 cyfry 4096 kodów;

C - transponder - mod A, 4 cyfry 4096 kodów oraz mod C;

X – transponder – mod S, bez podania znaku rozpoznawczego statku powietrznego i wysokosci barometrycznej;

P – transponder – mod S, z podawaniem wysokości barometrycznej, lecz bez podawania znaku rozpoznawczego samolotu;

I – transponder – mod S, z podawaniem znaku rozpoznawczego, lecz bez podawania wysokości barometrycznej;

S – transponder – mod S, z podawaniem zarówno wysokości barometrycznej, jak i znaku rozpoznawczego statku powietrznego;

D – możliwość ADS (Automated Dependant Surveillance), czyli automatycznego przekazywania meldunków pozycyjnych.

Pole 13. Lotnisko odlotu czas EOBT - w tym polu należy kolejno dokonać następujących wpisów:

- Location Indicator lotniska (w przypadku naszego kraju: Poznań – EPPO, Warszawa – EPWA, Wrocław – EPWR, Toruń – EPTO, Inowrocław EPIN, Gdańsk Rębiechowo – EPGD, Dęblin – EPDE;
- ZZZZ, jeżeli lotnisko nie ma kodowego oznaczenia;
- AFIL, jeżeli plan przyjęty z powietrza;
- Następnie należy wpisać 4 cyfry oznaczające czas odblokowania EOBT np. EPWA1015.

Pole 15. Prędkość przelotowa, poziom. Trasa - w tym polu prezentuje się informacje dotyczące pierwszej prędkości przelotowej, pierwszy poziom przelotu, trasę ze zmianami prędkości i wysokości. Podaje się te informacje bez odstępów np. N0450F370,w następujący sposób:

a) prędkość przelotowa - TAS:

- nie więcej niż 5 znaków;
- K + cztery cyfry = km/h, np. K0850;
- N + cztery cyfry = węzły (knots), np. N0340;
- M + trzy cyfry = liczba Macha, np. M083;

b) poziom przelotu:

- nie więcej niż 5 znaków pisarskich;
- F + 3 cyfry = poziom lotu, np. F370;
- S + 4 cyfry = poziom metryczny, np. S1130;
- A + 3 cyfry = wysokość bezwzględna w setkach stóp, np. A045;
- M. + 4 cyfry = wysokość bezwzględna w dziesiątkach metrów, np. M0860;

c) trasa lotu:

- oznaczniki dróg lotniczych;
- skróty DCT, RIF, VFR, IFR;

- punkty meldowania, pomoce radionawigacyjne;
- stopnie lub stopnie i minuty;
- namiar i odległość od pomocy radionawigacyjnych;
- wznoszenie w przelocie;
- zmiana prędkości/poziomu lotu.

Pole 16. Lotnisko docelowe, całkowity przewidywany czas przelotu, lotnisko zapasowe - W polu tym wpisuje się następujące dane:

- Location Indicator lotniska docelowego;
- ZZZZ, jeżli lotnisko nie ma oznaczenia kodowego ICAO;
- całkowity czas przelotu – EET, np. 0130, oznacza, że czas przelotu obliczony jest na 1 h i 30 min;
- stosowane skróty DEST, ALTN, EET;
- zapis dokonywany jest bez odstępu np. KJFK0415.

Pole 18. INNE INFORMACJE - w tej rubryce, jeżeli nie są podawane żadne informacje to powinno być wpisane "0". Jeżeli wpisywane są jakieś informacje to powinny być poprzedzone następującymi skrótami:

EET – Estimated Elapsed Time;
RIF – Reclearance In Flight;
REG – Registration;
SEL – SELCAL;
OPR – Operator;
STS – Status;
TYP – Type;
PER – Performance;
COM – Communication;
DAT- przekaz danych S, H, V, M;
NAV – Navigation Equipment;
DEP – Departure Aerodrome;
ALTN – Alternate Aerodrome;
RALT – Route Alternate A/D;
RMK – Remarks;

CPT – Captain;

DOF – Date of Flight;

PIC – Pilot in Command;

FYI – For Your Information;

REP – Replacement Flight Plan;

TBN – To Be Notified;

NIL – Nothing in Line;

VIP – Very Important Person;

ET - oznacznik granicy FIR lub punktu nawigacyjnego i czas przelotu nad tym punktem, np. EET/EPRL 0045, co oznacza, że czas dolotu od startu do granicy FIR WARSZAWA wynosi 45 min;

IF - szczegóły trasy do ewentualnej przewidywanej zmiany lotniska doceloweg i oznaczenie kodowe lotniska;

EG - znaki rejestracyjne samolotu, jeżeli są różne od tych, ktore wpisano w polu 7;

EL - kod SELCAL. W FIR WARSZAWA nie jest wymagane wpisywanie kodu SELCAL;

PR - nazwa użytkownika statku powietrznego;

TS - przyczyna specjalnego traktowania przez służbę ruchu lotniczego;

YP - typ statku powietrznego, jeżeli w polu 9 wpisano ZZZZ;

ER - dane o osiągach;

AV - dane o wyposażeniu nawigacyjnym;

EP - nazwa lotniska odlotu, jeżeli w polu 13 wpisano ZZZZ;

EST- nazwa lotniska docelowego, jeżeli w polu 16 wpisano ZZZZ;

Pole 19. Informacje uzupełniające - w tym polu literze E wpisuje się cztery cyfry określające zapas paliwa (w godzinach i minutach lotu). Po literze P (PAX) należy wpisać całkowitą liczbę pasażerów, znajdujących się na pokładzie (pasażerowie + załoga) lub TBN. Pozostałe rubryki poprzedzone literami R, S, J, D, C, zakreśla się w zależności od wyposażenia, jakie znajduje się na statku powietrznym. Na końcu planu lotu należy wpisać nazwisko dowódcy statku powietrznego oraz nazwisko osoby wypełniającej plan lotu.

Bardzo rozpowszechniona w cywilnym środowisku jest **Lotnicza Sieć Łączności Stałej – AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunicaesttion Network).** Podkreślić należy, że jest to sieć telegraficzna a prędkość przesyłania danych zależy zarówno od rodzaju jak i jakości stosowanych łączy. Podstawowa sieć telekomunikacyjna przeznaczona jest do wymiany danych

lotniczych (plany lotu, NOTAM, SNOWTAM, i inne) pomiędzy poszczególnymi służbami ruchu lotniczego w oparciu o różnorodne depesze. Natomiast parametry techniczne AFTN są określone w Annex 10 ICAO. Lotnicza sieć łączności stałej charakteryzuje się tym, że praktycznie każda depesza posiada następującą kompozycję, czyli sporządza się ją według określonego algorytmu:

- występuje ośmioliterowy adres;
- maksymalnie można umieścić 1800 znaków w depeszy;
- co 20 minut nadawane są specjalne depesze testujące linie, tzw. "check";
- następuje kontrola składni - formatu depeszy;
- kontrolowane są również adresy podanye w depeszy;
- możliwe jest wykorzystanie adresów zbiorczych.

Przedstawiona powyżej kompozycja depeszy wymaga przykładowego zaprezentowania struktura depeszy AFTN:

ZCZC YIA045 241017
GG EPWAZPZX EPWWYOYX EPWWYNYX EPWALOTN EPWALOTO
241014 EPWWYNYX
(TU WPISUJE SIĘ TEKST DEPESZY
np. NALEŻY UKOŃCZYĆ STUDIA W AON)
NNNN

W depeszy tej wystąpiły następujące elementy składowe, odpowiednio oznaczające:

ZCZC - początek depeszy
YIA045 - nazwa linii i numer kolejny depeszy w kanale (linii) o nazwie YIA
241017 - czas rozpoczęcia nadawania depeszy do linii YIA
GG - priorytet depeszy
EPWAZPZX - adres odbiorcy (odbiorców) - maksymalnie 7 adresów
241014 - czas rozpoczęcia układania/nadania depeszy
EPWWYNYX - adres nadawcy depeszy
(- znak rozpoczęcia pola tekstowego (tekstu depeszy)
) - znak zakończenia pola tekstowego (tekstu depeszy)
NNNN- znak końca całej depeszy

O ile oznaczenia podające początek depeszy, nazwę linii i numer kolejny depeszy do linii YIA, adres odbiorcy, czas rozpoczęcia układania/nadania depeszy, adres nadawcy depeszy, znaki rozpoczęcia i zakończenia pola tekstowego depeszy i znak końca całej depeszy nie

wymagają komentarza to celowe jest podanie oznaczenia priorytetów depesz AFTN. Toteż można spotkać następujące oznaczenia:

SS - tylko do depesz alarmowych;

DD - dla depesz pilnych, ANM, Flow Control;

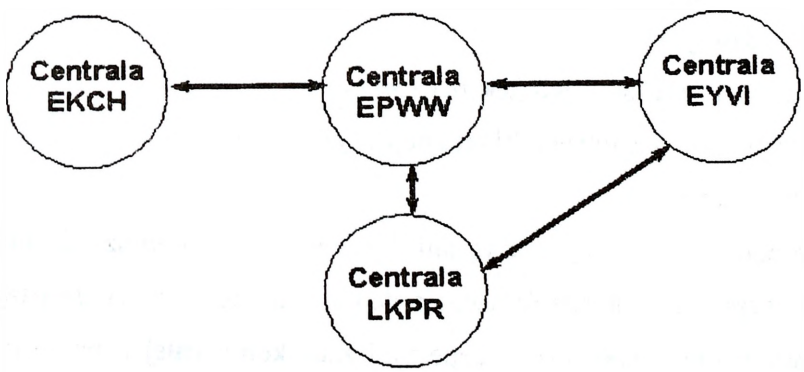
FF - plany lotów, depesze DLA, CHG, CNL, itp.;

GG - NOTAM, SNOWTAM, depesze SEC;

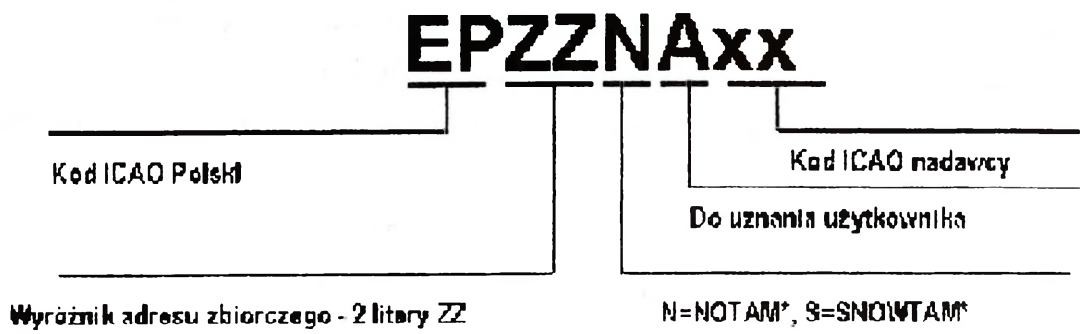
KK - inne depesze nieoperacyjne.

Szerokie rozpowszechnienie lotniczej sieci łączności stałej – AFTN i codzienne stosowanie nakazuje przedstawić zagadnienie dotyczące jej połączenia ze światem. W sposób znacznie uproszczony przedstawia to rys. 51 i rys. 52 . Zasadne jest podanie, że dane szczegółowe podane są w AIP Polska, na stronie COM 5-1-1. Natomiast aktualne połączenia krajowe AFTN podane są również w AIP Polska lecz na stronie COM 5-1-2. Ponadto lista wszystkich aktualnych adresów AFTN (rys. 53, rys. 54, rys. 55) jest zawarta w „Adresowniku FPL". Jeżeli i te informacje nie są wystarczające to można się zwrócić do odpowiednich służb ruchu lotniczego.

Rys. 51. Schemat połączenia polskiej AFTN z międzynarodową

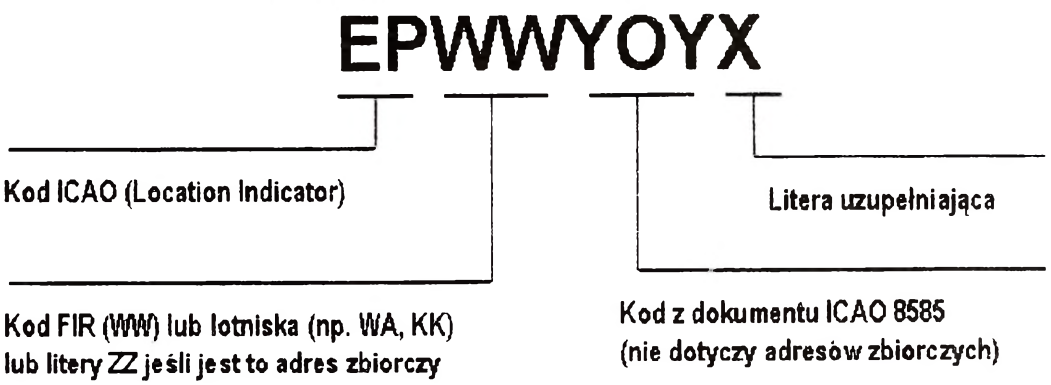


Rys. 52. Struktura połączeń AFTN



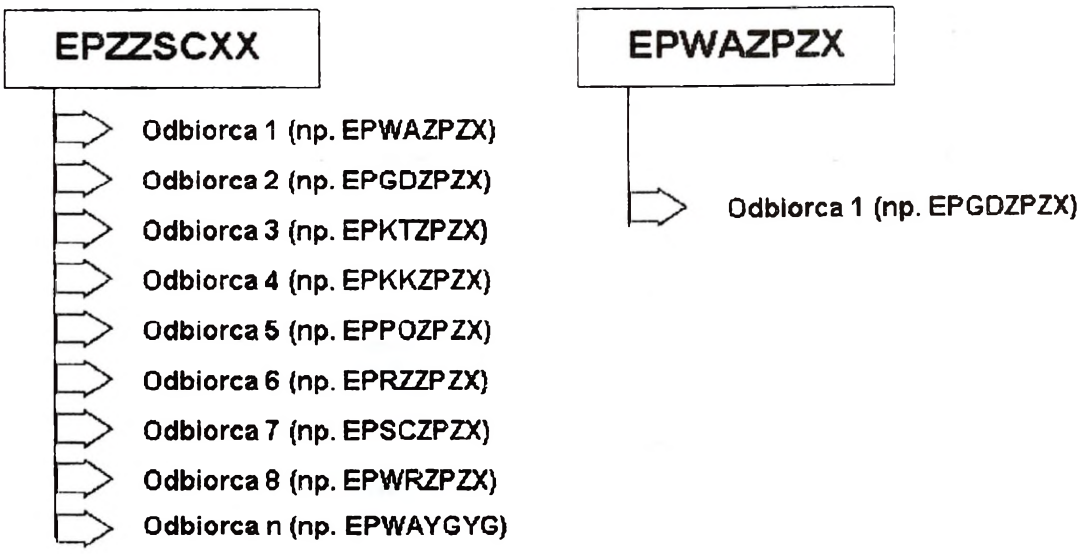
EPZZNAEK - na ten adres zbiorczy przysyła swoje NOTAM Dania

Rys. 53. Oznaczenia występujące w adresie zbiorczym AFTN



E	=	Europa
P	=	Polska
WW	=	FIR Warszawa
YOY	=	Służba Informacji Lotniczej

Rys. 54. Oznaczenia występujące w ogólnym adresie



Rys. 55. Adres zbiorczy i zwykły AFTN

Lotnicza Sieć Łączności Stałej – AFTN, jest sprawnie funkcjonującym systemem i umożliwia nadawanie następujących depesz NOTAM, NSC, SNOWTAM:

a) Biuro NOTAM zajmuje się dystrybucją NOTAM-ów na odpowiednie adresy i w odpowiedniej wersji:

EPZZNCXX - NOTAM w wersji angielskiej, poza granice Polski;

EPZZNYXX - NOTAM w wersji polskiej, dystrybucja krajowa;

b) Porty lokalne wysyłają NSC na adresy:

EPWWYNYX - do Biura NOTAM, w celu wydania NOTAM;

EPWWYOYX - do szefa AIS (monitoring informacji);

c) Nadawanie depesz SNOWTAM:

EPZZSCXX (EPWA):

EBZZSDEP EDZZSJEP OPZZSAEP VTBBSDEP EPWAZTZX;

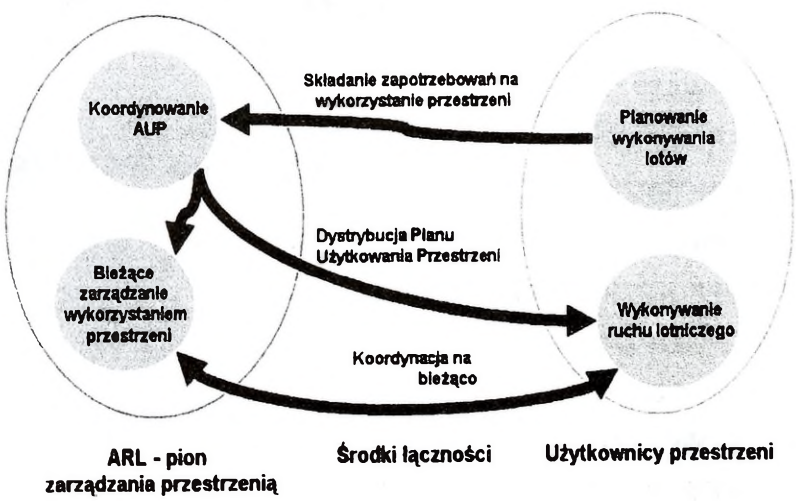
EPZZSDXX (EPGD):

EDZZSJEP OPZZSAEP VTBBSDEP EKZZSBEP;

EPZZSJXX (EPWR):

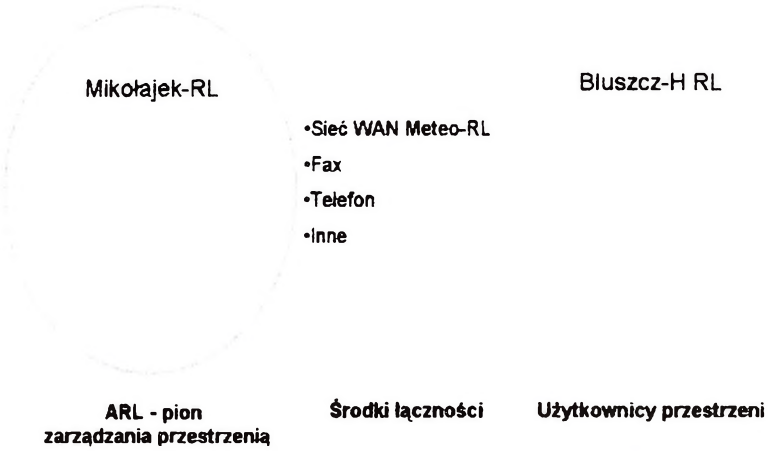
EDZZSJEP EKZZSBEP OPZZSAEP LKZZSAEP.

Ogólnoświatowa sieć łączności AFTN składa się z sieci połączonych ze sobą central AFTN zlokalizowanych w wielu krajach świata. Zasadne jest podanie, że polska centrala AFTN znajduje się w budynku Agencji Ruchu Lotniczego przy lotnisku Okęcie w Warszawie. Centrala ta posiada bezpośrednie połączenie z odpowiednimi ośrodkami AFTN znajdującymi się w Wilnie, Pradze i Kopenhadze, które poprzez kolejne swoje łącza są w stanie przesłać odpowiednią informację do dowolnego odbiorcy znajdującego się na obszarze kuli ziemskiej o ile jest on podłączony do sieci i ma przydzielony własny adres AFTN.

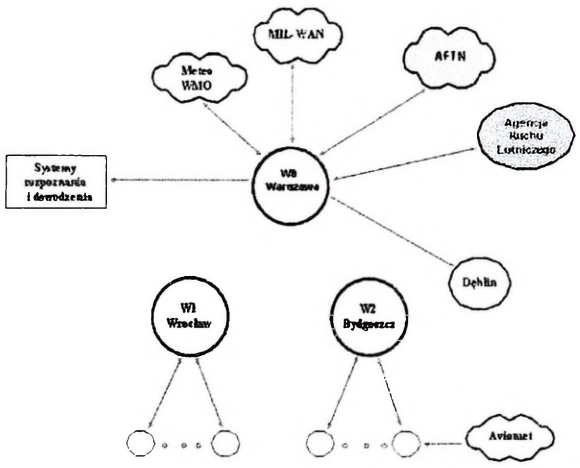


Rys. 56. Schemat sprzężenia sieci łączności lotniczej

W celu dołączenia wojskowych organów ruchu lotniczego do ogólnoświatowej sieci AFTN (rys. 56) została stworzona rozległa sieć WAN-Meteo RL oraz system Bluszcz-H RL (rys. 57). System ten jest terminalem dostępowym do sieci AFTN. W porównaniu do komercyjnych terminali daje on znacznie większe możliwości przesyłania informacji oraz poprzez zastosowanie szablonów standartowych depesz ICAO wyraźnie ułatwia pracę obsłudze. Poza tym umożliwia między innymi podgląd danych meteorologicznych, odbiór planów zajętości przestrzeni AUP oraz przesyłanie dowolnych depesz tekstowych pomiędzy dowolnymi służbami (rys. 58). Poprzez podłączenie sieci wojskowej do cywilnej centrali AFTN uzyskano możliwość pracy w systemie ogólnoświatowym.



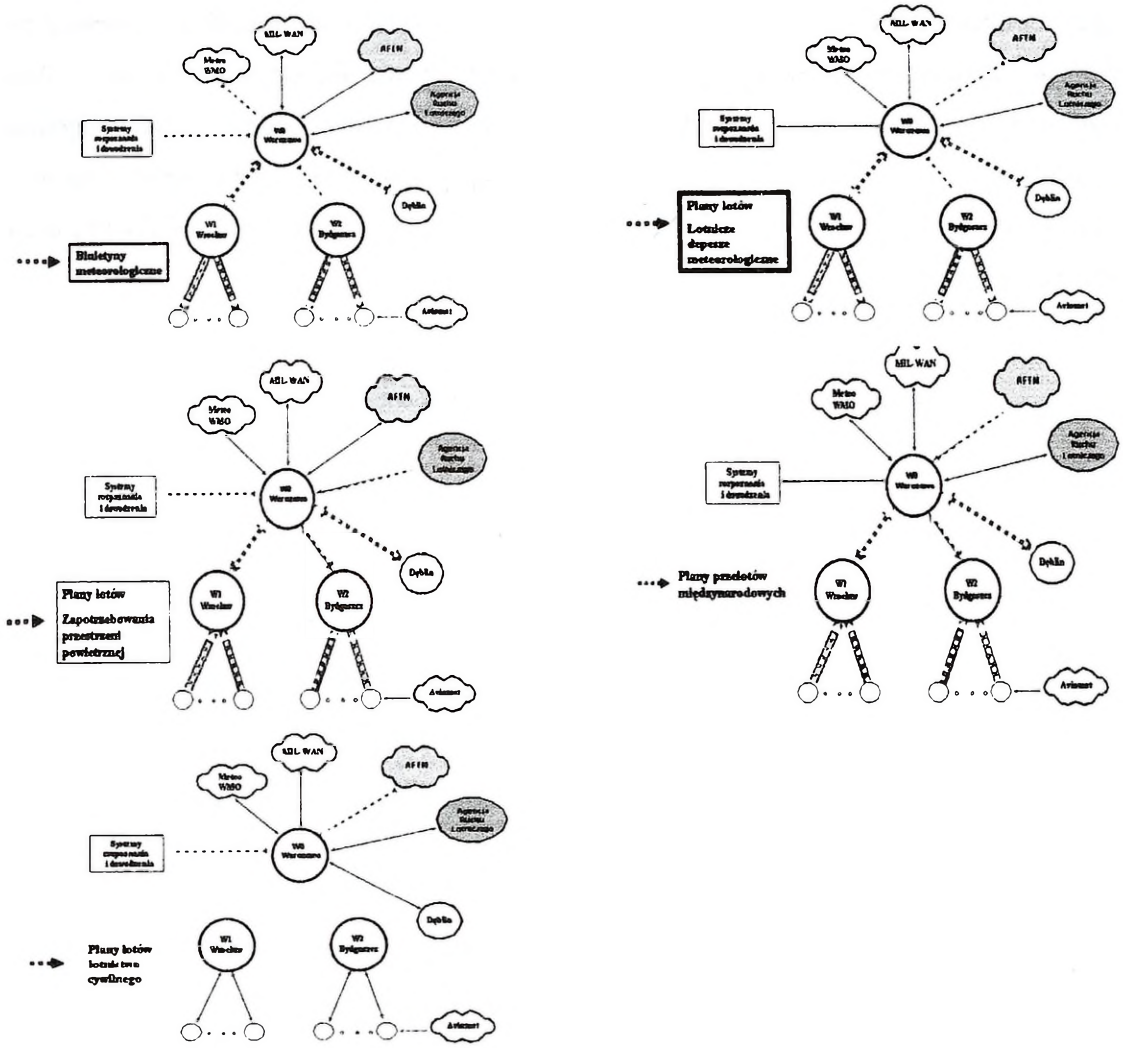
Rys. 57. Schemat sprzężenia łączności lotniczej z systemem wojskowym



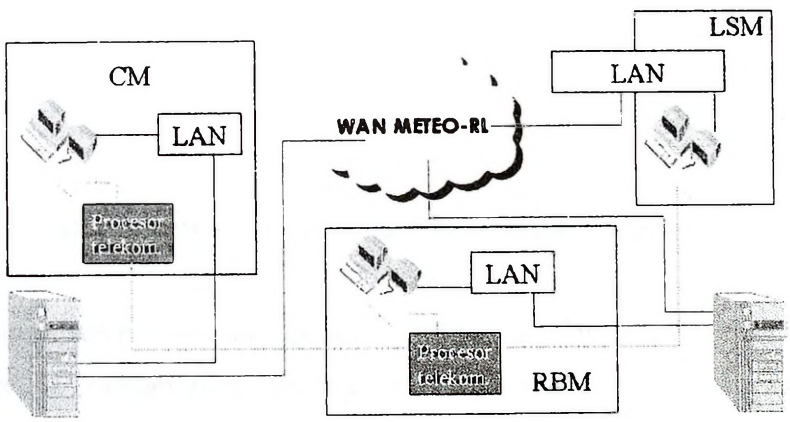
Rys. 58. Schemat połączeń zautomatyzowanego systemu wojskowej sieci lotniczej

W procesie planowania wojskowego ruchu lotniczego oraz wspomagania zarządzania przestrzenią powietrzną wykorzystywane są zautomatyzowane systemy, które łącznie tworzą rozległą sieć komputerową, złożoną z podsystemów (rys.59):

- **WAN – METEO – RL (rys.60);**
- **MIKOŁAJEK – RL;**
- **BLUSZCZ – H RL.**



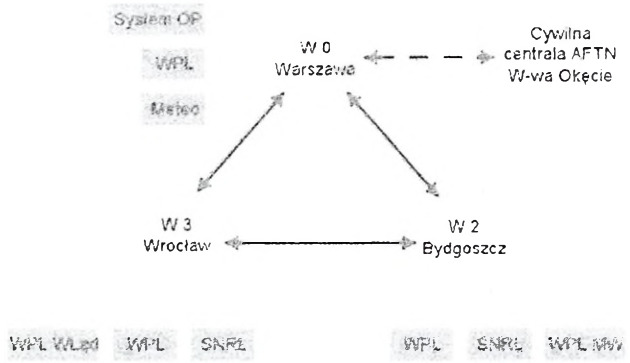
Rys. 59. Możliwości wymiany informacji w podsystemie WAN – METEO - RL



Rys. 60. Struktura sieci WAN-METEO-RL

Wymienione powyżej dwa podsystemy Meteo i RL funkcjonują w naszym kraju w ramach jednolitej sieci WAN-METEO-RL, która:

- stanowi infrastrukturę techniczną dla systemów Bluszcz – H i Mikołajek – RL;
- służy do wymiany informacji pomiędzy komórkami organizacyjnymi służby ruchu lotniczego i służby meteorologicznej;
- umożliwia dostęp do światowej sieci wymiany informacji meteorologicznej WMO;
- umożliwia dostęp do stałej sieci łączności lotniczej AFTN (rys. 61);
- umożliwia przekazywanie planów lotów lotnictwa cywilnego i wojskowego oraz danych meteorologicznych niezbędnych dla poprawnego funkcjonowania systemów rozpoznania i dowodzenia;
- umożliwia ciągłą współpracę z cywilną siecią AFTN poprzez wojskowy odpowiednik tego podsystemu - BLUSZCZ – H;
- umożliwia udostępnianie posiadanych danych w sieci WAN Meteo-RL;
- umożliwia dostarczanie danych dotyczących struktury i elementów przestrzeni powietrznej;
- umożliwia dostarczanie, przekazywanie planów użytkowania przestrzeni powietrznej.



Rys. 61. Połączenie lokalnej – krajowej sieci wojskowej z międzynarodową cywilną

Uwzględniając znaczenie sieci WAN-METEO-RL w obiegu informacji dotyczących zarządzaniem przestrzenią powietrzną, konieczne jest rozpatrzenie tego zagadnienia w dwóch aspektach:

a) to co już zrobiono, czyli stan na koniec 2002r (rys. 62).:

- stanowisko ASM1;
- stanowisko ASM2;
- stanowisko ASM3;
- uruchomiono współpracę z siecią AFTN poprzez podsystem BLUSZCZ – H;
- uostępnianie danych w sieci WAN METEO-RL;

- udostępnianie danych o strukturze i elementach przestrzeni powietrznej;
- wymiana planów użytkowania przestrzeni powietrznej;
- opracowano projekt porozumienia nt. przekazania systemu do ARL;

Rys. 62. Stan prac związanych ze zautomatyzowanym systemem zarządzania przestrzenią powietrzną – styczeń 2003

b) założenia perspektywiczne, przyjęte kierunki dalszego rozwoju:

- tworzenie i dystrybucja uaktualnień do planu użytkowania przestrzeni powietrznej (wersji systemu 2.0);
- automatyzacja współpracy z systemem obrony powietrznej;
- pełna integracja z systemem BLUSZCZ-H;
- automatyzacja współpracy z CFMU w Brukseli;
- współpraca z systemem kontroli obszaru ACC Warszawa;
- docelowo – przekazanie systemu stronie cywilnej na mocy porozumienia pomiędzy ministrami;
- przeniesienie systemu na nowo zakupiony serwer w ARL.

06.12.2002r. został uruchomiony nowy, wojskowo - cywilny obieg informacji o ruchu lotniczym. Podstawową rolę pełnią systemy informatyczne BLUSZCZ-H RL i MIKOŁAJEK RL, które na obecnym etapie znacznie ułatwiają pracę wojskowych organów służb ruchu lotniczego, a jednocześnie poprzez zastosowanie światowych standardów i rozwiązań technicznych umożliwiają pełną współpracę cywilnych i wojskowych organów w zarządzaniu ruchem lotniczym w kraju i za granicą. Zasadne jest podanie, że poprzez sieć WAN-Meteo RL wszelkie informacje docierają do odbiorców wojskowych a poprzez podłączenie węzła warszawskiego do cywilnej centrali AFTN na Okęciu możliwe jest rozsyłanie depesz międzynarodowych. W celu przygotowania kadry do obsługi tego systemu od 2002r. odbywają się szkolenia dla personelu obsługującego terminale.

W 1997 w „Koncepcji Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym" założono konieczność opracowania i wykonania systemu wspomagającego pracę pionu zarządzania

przestrzenią powietrzną, który byłby używany na poziomie decyzyjnym. Realnie ten projekt zaczęto rozwijać w 1999, gdy umieszczono go w „Programie Wykonawczym nr VI" do tej „Koncepcji ...". Natomiast początek systemu MIKOŁAJEK RL, rozpoczęcie prac projektowych nastąpiło w 2000r., gdy ukazała się decyzja Szefa Sztabu WLOP o realizacji systemu MIKOŁAJEK-RL, w której pojawiło się stwierdzenie, że stanowi on wkład sił zbrojnych w budowę jednolitej (cywilno - wojskowej) struktury zarządzania przestrzenią. Jednocześnie jako wykonawcę tego systemu wyznaczono Centrum Automatyzacji Obrony Powietrznej. Konstruktorzy dokonali między innymi implementacji standardów EUROCONTROL (Flexible Use of Airspace), NATMAC (NATO Air Traffic Management Commitee). Konieczne stało się również założenie bezkolizyjnego wykorzystania przestrzeni zarówno przez użytkowników cywilnych jak i wojskowych oraz jej optymalizacja. Należy nadmienić, że od 2002 działa wersja 1.2 systemu i przygotowywana jest ona do przekazania stronie cywilnej. System MIKOŁAJEK-RL przeznaczony jest do zbierania informacji dostarczanych przez BLUSZCZ-H RL, a następnie tworzenia oraz dystrybucji planu wykorzystania przestrzeni powietrznej (AUP). Użytkownikiem systemu jest cywilno-wojskowy Ośrodek Zarządzania Przestrzenią Powietrzną usytuowany w Agencji Ruchu Lotniczego. Natomiast zgodnie z „Koncepcją Jednolitego Systemu Zarządzania Ruchem Lotniczym" oraz „Programem Wykonawczym nr 6" do powyższej „Koncepcji ..." system MIKOŁAJEK-RL ma zostać przekazany stronie cywilnej na mocy uzgodnionego przez stronę wojskową i cywilną stosownego porozumienia, podpisanego przez Ministra Obrony Narodowej i Ministra Infrastruktury. Jednocześnie Agencja Ruchu Lotniczego rozpoczęła procedurę przetargową na zakup nowego serwera systemu MIKOŁAJEK-RL. Realizacja tej inwestycji znacznie zwiększy szybkość działania systemu oraz uniezależni od łącz zewnętrznych.

System BLUSZCZ-H RL funkcjonuje na poziomie organów wykonawczych służb ruchu lotniczego w: Wojskowych Portach Lotniczych i Sektorach Nadzoru Ruchu Lotniczego. Umożliwia on przesyłanie planów lotów oraz zamówień na wykorzystanie przestrzeni powietrznej. Zaznaczyć należy, że system ten funkcjonuje na bazie rozległej sieci komputerowa WAN METEO-RL a poprzez podłączenie do cywilnej centrali AFTN (Warszawa-Okęcie) może komunikować się z dowolną służbą ruchu lotniczego na świecie. System BLUSZCZ-H RL został wykonany w ramach pracy badawczo - rozwojowej zleconej przez Departament Rozwoju i Wdrożeń MON. W 1999 r., zgodnie z decyzją Dyrektora DRiW MON nr 106 z 22.11.1999 r, przeprowadzono badania państwowe, które zakończyły się wynikiem pozytywnym. Aktualnie terminale systemu BLUSZCZ-H RL zainstalowane są w większości Wojskowych Portów Lotniczych podległych WLOP oraz w innych ośrodkach. Jesienią br. zinten-

syfikowano prace nad wyposażaniem organów służby ruchu lotniczego w terminale BLUSZCZ, co spowodowane było koniecznością wprowadzenia nowych zasad zarządzania ruchem lotniczym w związku z rozformowaniem rejonowych ośrodków planowania ruchu lotniczego. W nowym obiegu informacji działającym od 6 grudnia 2002 r. podstawowym narzędziem przesyłania danych jest właśnie łączność AFTN i terminale BLUSZCZ-H. Podkreślić należy, że w przypadku awarii lub w innych miejscach, gdzie system nie został jeszcze zamontowany, depesze przesyłane są drogą standardową - za pomocą faksów. System BLUSZCZ - H RL składa się z dwóch zasadniczych podsystemów:

a) BLUSZCZ-H (dla służby meteorologicznej) - podsystem wspomagania pracy komórek wojskowej służby ruchu lotniczego i wojskowej służby meteorologicznej. Do najczęściej stosowanych funkcji - opcji użytkowych należy: zobrazowanie mapowe sytuacji meteorologicznej, edytor depesz, edytor prognoz tekstowych, przeglądarka formatu T.4, ośrodek WWW, kalkulator meteorologiczny, przeglądarka zdjęć satelitarnych, przeglądarka danych radarowych, diagram aerologiczny, tabele stanu pogody. Jest to w pełni zautomatyzowany podsystem meteorologiczny, do którego głównych zadań należy:

- stała wymiana informacji meteorologicznej pomiędzy komórkami służby meteorologicznej WLOP;
- zobrazowywanie informacji dostarczonej do systemu w postaci wymaganej przez służbę meteorologiczną i innych użytkowników;
- informowanie i ostrzeganie osób funkcyjnych WLOP i innych użytkowników o stanie warunków meteorologicznych;
- wprowadzenie jednolitości w opracowywanym materiale synoptycznym poprzez stosowanie standardów krajowych i opracowanych przez: WMO (World Meteorological Organisation), ICAO (International Civil Aviation Organisation), NATO.

b) BLUSZCZ-H RL (dla służby ruchu lotniczego) - podsystem wspomagania pracy służby ruchu lotniczego. Do najczęściej stosowanych funkcji - opcji użytkowych należy: możliwość wymiany komunikatów AFTN (również z cywilnymi i zagranicznymi adresatami), tworzenie komunikatów o wykonywanym ruchu lotniczym według standardów ICAO, odbiór danych o wykonywanym ruchu lotniczym, tworzenie zamówień na elementy przestrzeni powietrznej, przeglądarka stron www (pogoda, AUP i szereg innych). Jest to w pełni zautomatyzowany podsystem meteorologiczny, do którego głównych zadań należy:

- wymiana informacji o planowanym ruchu lotniczym w jednolitym cywilno-wojskowym systemie zarządzania ruchem lotniczym;

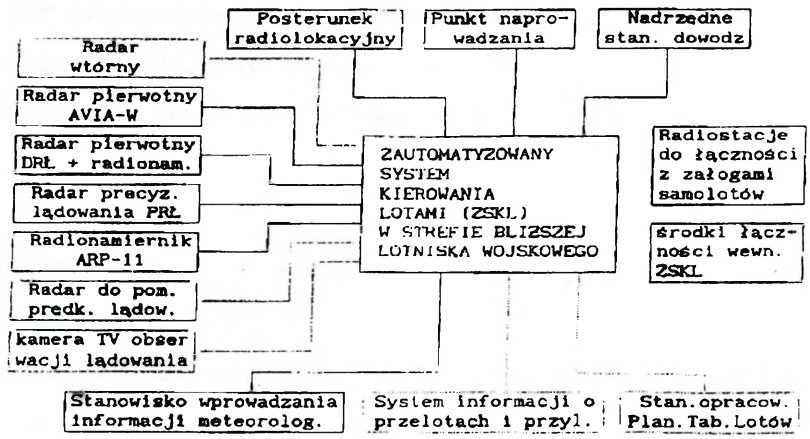
- zobrazowanie informacji dostarczonej do systemu w postaci wymaganej przez daną służbę ruchu lotniczego;
- implementacja procedur ICAO w zakresie planowania i wykonywania ruchu lotniczego;
- implementacja procedur zgodnych z nowymi zasadami zarządzania przestrzenią powietrzną oraz standardami krajowymi i opracowanymi przez: ICAO (przede wszystkim formularze depesz), NATO;
- dostęp do sieci AFTN.

System BLUSZCZ-H RL współpracuje z systemami MIKOŁAJEK, ASOC, DUNAJ oraz siecią wymiany danych meteorologicznych WMO (World Meteorological Organisation). Natomiast podstawowymi elementami tego systemu są stacje graficzne ALPHA, które zostały zakupione ze środków FMS. Zasadne jest podanie, że nie wszystkie rodzaje naszych sił zbrojnych posiadają taki sprzęt a ze względów ekonomicznych nie planują jego zakupu. W związku z tym na ich lotniskach są montowane uproszczone terminale, zbudowane na bazie komputerów PC - jednak traci się przez to większość zalet rozbudowanego systemu. Mimo takiego stanu rzeczy planuje się w najbliższym czasie przystosowanie systemu do pracy w oparciu o komputery klasy PC. Wersja demonstracyjna (laboratoryjna) jest już gotowa, jednak jej funkcjonalność i niezawodność działania będzie można ocenić dopiero po zamontowaniu w wybranych lokalizacjach oraz przetestowaniu w warunkach zbliżonych do normalnej eksploatacji na lotnisku. Zakłada się, że wersja na PC znacznie obniży koszty związane m.in. z serwisem stacji graficznych ALPHA a także w pełnym zakresie udostępni ten system dla potrzeb służb ruchu lotniczego. W chwili obecnej wykorzystywana jest w tym systemie wersja oprogramowania oznaczona 5.02. Zgodnie z podjętymi ustaleniami następować będzie dalsza modyfikacja oprogramowania systemowego. Obecnie największym problemem przy korzystaniu z systemu informatycznego BLUSZCZ-H RL jest niska jakość i niestabilność łączy telekomunikacyjnych. Na części lotnisk sieć kablowa jest stara i nie odpowiada wymaganiom stawianym dla nowych systemów informatycznych.

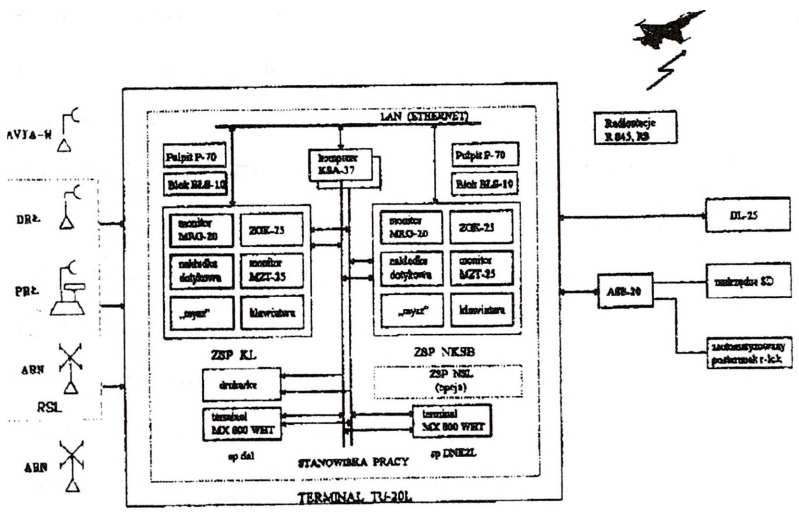
Zasadne jest podanie, że w naszym kraju funkcjonuje także inny zautomatyzowany system kierowania lotami w bliższej strefie lotniska (rys. 63), określany jako terminal lotniskowy TU-20L (rys. 64 i rys. 65). Do jego głównych zadań należy:

- sprzęganie wszystkich systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych, występujących na danym lotnisku;
- wspomaganie działania służb ruchu lotniczego i innych użytkowników podczas wykonywania lotów (odbywa się to na zasadzie planowej tabeli lotów);
- zapewnianie ciągłej współpracy z systemem OP;

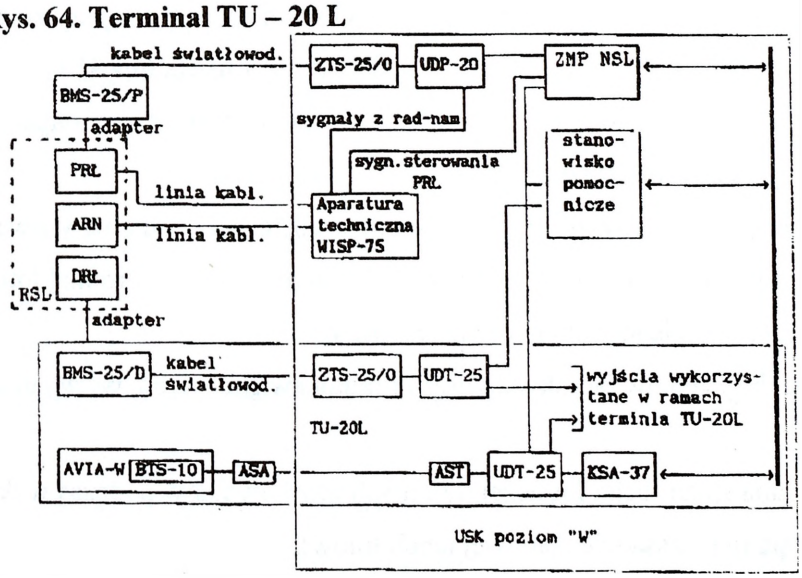
- dostosowanie wykonywanych zobrazowań dla potrzeb konkretnej służby i wymagań użytkowników poprzez w pełni modyfikowalne stanowiska robocze.



Rys. 63. Struktura zautomatyzowanego systemu kierowania lotami



Rys. 64. Terminal TU – 20 L



Rys. 65. Schemat strukturalny terminala TU – 20 L

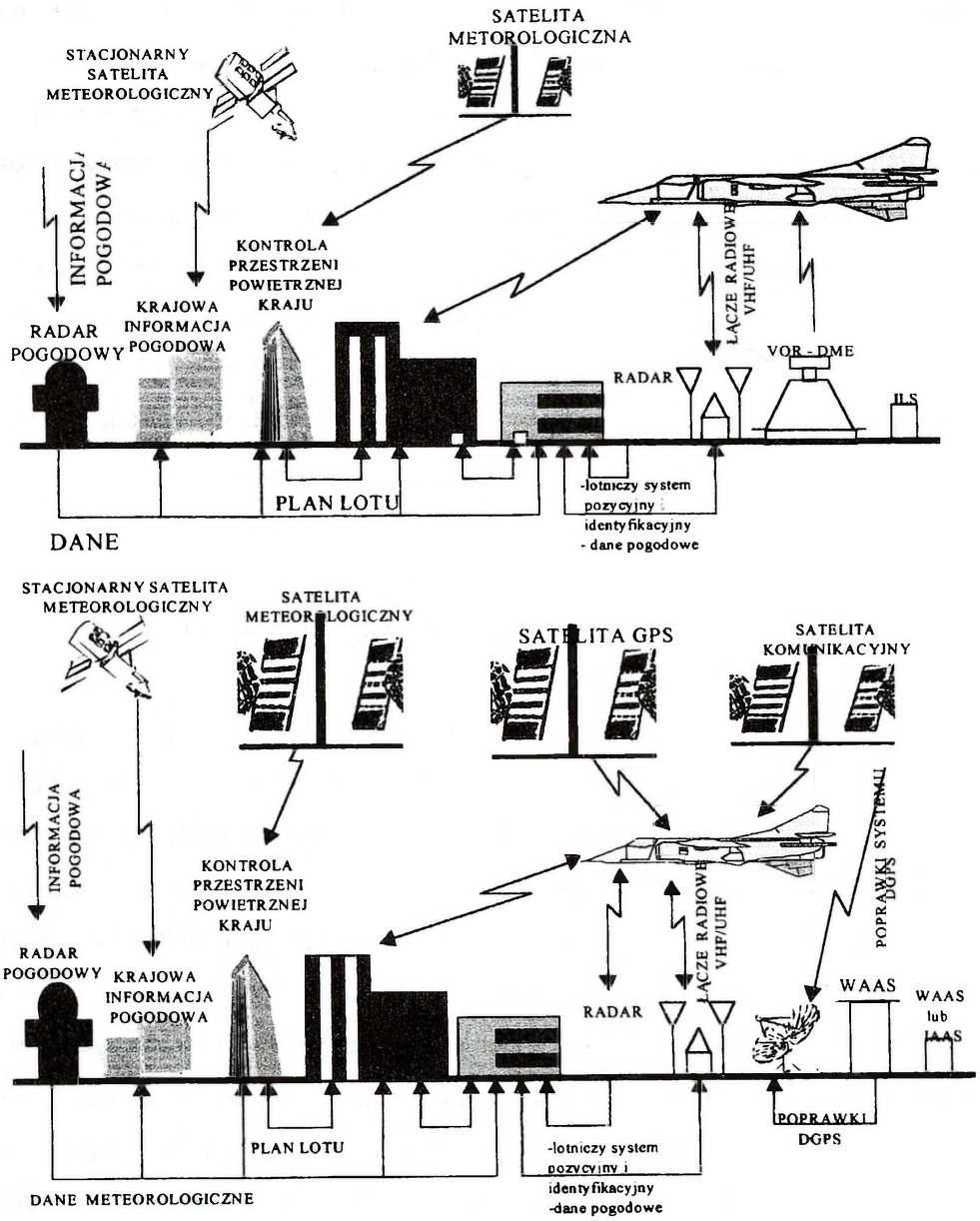
11. ZAUTOMATYZOWANE SYSTEMY W ŚWIETLE PRAC CNS/ATM NATMC, EUROCONTROL

Rada NATO powołała w 1955r. Committee for European Airspace Coordination (CEAC), który w 1998r. przekształcił się w NATO Air Traffic Management Committee (NATMC). Komitet ten jest odpowiedzialny za zapewnienie wymaganej koordynacji w całej cywilnej i wojskowej przestrzeni powietrznej 19 państw NATO. Działalność ta wymaga dokonywania szeregu uzgodnień, prowadzenia eksperymentów, prac badawczych, ujednolicania zarządzania przestrzenią powietrzną, wprowadzanie standardowych procedur, zakresów częstotliwości i szeregu innych. Stąd też w spotkaniach roboczych NATMC biorą udział m.in.: ICAO, IATA, EUROCONTROL, ECAC (European Civil Aviation Conference), CEC (Commission of the European Communities). Podczas sesji plenarnych NATMC referowane są zagadnienia, które wcześniej zostały opracowane w dwóch grupach roboczych:

- CNS NATMC (Communications, Navigation and Surveillance) – odpowiadająca za implementację systemów;
- ATM NATMC (Air Traffic Management) – zajmująca się zarządzaniem przestrzenią powietrzną.

Względy techniczne w zakresie zapewnienia precyzji parametrów nawigacyjnych, potrzeba zwiększenia bezpieczeństwa podczas wykonywania lotów, konieczność zautomatyzowania procesu zarządzania przestrzenią powietrzną oraz szereg innych uwarunkowań, zwróciły uwagę międzynarodowych organizacji na technikę satelitarną GSP, a szczególnie jej metodę różnicową. Stąd też powstała idea opracowania koncepcji polskiego systemu stacji permanentnych dla zarządzania przestrzenią powietrzną i lotnictwa. Uczestnictwo w kolejnych spotkaniach NATMC, pozwoliły dokonać analizy istniejących światowych rozwiązań w tym zakresie. W związku z tym autor jest w pełni świadomy, że wprowadzenie do powszechnego użytku systemów satelitarnych, w tym różnicowych, jest podstawowym i perspektywicznym kierunkiem rozwoju pomocy i systemów lotniczych. Z obserwacji tendencji światowych wynika, że technika satelitarna w ciągu 10 –15 lat zastąpi wszystkie obecnie wykorzystywane systemy radiotechniczne, natomiast dokonane przez autora analizy, eksperymenty pozwoliły dokonać schematycznego zobrazowania aktualnego i proponowanego systemu lotniczego (rys. 66). Trzeba podkreślić, że satelitarne systemy różnicowe należą generalnie również do systemów o ograniczonym zasięgu działania poprzez łącze transmisji danych. Natomiast dążenie do poprawy jakości parametrów skłoniło poszczególne państwa do podjęcia prac nad tworzeniem nowych pomocy i systemów nawigacyjnych lub integracji techniki sate-

litarnej z innymi już istniejącymi. Jest sprawą oczywistą, że w niniejszej rozprawie przedstawione zostaną w sposób skrótowy tylko najważniejsze z tych programów, które planowane są dla lotnictwa, w celu zobrazowania skali i wagi tego przedsięwzięcia.



Rys. 66. Aktualny i proponowany system lotniczy

System GNSS (Global Navigation Satellite System) w myśl postanowień międzynarodowych i ICAO stanowi wspólną nazwę dwóch ogólnoświatowych programów satelitarnych:

a) **GNSS 1** – zakładający wykorzystanie istniejących systemów GPS i GLONASS, a poprawki różnicowe wyznaczone dla połączonej konstelacji obu systemów winny być zbierane za pomocą stworzonych regionalnych sieci stacji referencyjnych i transmitowane do

użytkowników za pomocą geostacjonarnych satelitów telekomunikacyjnych INMARSAT – 3, umożliwiających stworzenie szerokoobszarowego, różnicowego systemu WADGPS (Wide Area DGPS). Pewnym elementem tego przedsięwięcia jest europejski program ENSP (European Satellite Navigation Program), realizowany przez European Commision, EUROCONTROL, European Space Agency. Ten program zakłada funkcjonowanie systemu europejskiego EGNOS, który ma wykorzystywać przekaźnik transpondera AORE satelity INMARSAT – 3.Ten system ma rozpocząć funkcjonowanie w 2000 roku. Natomiast rozwinięcie tego systemu ma stanowić system satelitarny EURIDIS, który umożliwiałby dokonywanie dodatkowych pomiarów do satelity geostacjonarnego, poprawiając precyzję wyznaczania pozycji. Użytkownik powinien posiadać odpowiedni odbiornik pracujący w standardzie RTCA – DO – 229. Przeprowadzone eksperymenty wskazały, że błąd określenia położenia przestrzennego tą metodą nie przekracza 12 m;

b) **GNSS 2** – składający się z kombinacji satelitów na orbitach kołowych, eliptycznych oraz geostacjonarnych. W projekcie tym zakłada się międzynarodową kontrolę nad tym systemem, łącznie z możliwością wprowadzenia opłat za jego wykorzystywanie. W systemie tym mają być wyeliminowane wady obecnie funkcjonujących systemów satelitarnych. W podobnym kierunku prowadzone są prace naukowo – badawcze nad niemiecko – rosyjskim systemem PROPNAS.

System WAAS (Wide Area Augmentation System), tworzony przez FAA USA, stanowi pierwszy krok w kierunku międzynarodowego systemu satelitarnego szerokoobszarowego, pracującego metodą różnicową. System ten może być poszerzany o kolejne kraje. Stąd też w zależności od potrzeb oraz możliwości finansowania, wyróżnia się cztery poziomy WAAS:

1 - nie wymaga oddzielnego finansowania przez zainteresowany kraj, jedynie statek powietrzny przelatujący nad przestrzenią funkcjonowania WAAS winien być wyposażony w odpowiednią aparaturę;

2 - wymaga instalowania w danym kraju stacji referencyjnej WRS i połączenia jej ze stacją nadrzędną WMS w innym kraju. W takim układzie możliwe jest korzystanie z WADGPS;

3 - wymagane jest instalowanie w kluczowych miejscach danego kraju stacji WRS, tak aby zapewnić dostępność WAAS na całym obszarze państwa oraz dokładność podejść do lądowania według pierwszej kategorii. Wszystkie stacje WRS mogą być podłączone do stacji WMS w innym państwie;

4 - wymagane jest zainstalowanie WMS w celu połączenia informacji ze wszystkich stacji podrzędnych WRS w danym kraju. Zbiorcza informacja będzie następnie przekazywana

dalej do stacji nadrzędnej WMS w innym kraju, w celu jej dalszego rozpowszechniania przez transponder WAS.

Należy podkreślić, że tak zorganizowane struktury krajowe lub regionalne, mają tworzyć światowy system WAAS, umożliwiający odpowiednio wyposażonym statkom powietrznym wykonywanie lotów na całym świecie, odbieranie sygnałów o jednolitej strukturze depeszy, zwiększenie wiarygodności i dokładności oraz dostępności GPS. Natomiast każdy kraj winien zachować pełną kontrolę nad tym systemem w swoim obszarze powietrznym. Wśród wielu parametrów i wymagań postawionych dla WAAS, zaleca się aby:

- błąd ogólny systemu TSE nie przekraczał 9 m;
- błąd techniczny lotu FTE nie przekraczał 5,8 m;
- błąd instrumentów nawigacyjnych NSE nie przekraczał 6,3 m;
- czas do alarmu TTA nie przekraczał 5,9 sekundy.

STARFIX swoim zasięgiem obejmuje również terytorium naszego kraju, co oznacza, że istnieje możliwość otrzymywania poprawek DGPS bez potrzeby budowania kosztownej infrastruktury naziemnej w celu przesyłania danych w skali całego państwa. System ten powstał w 1990 roku, kiedy to powołano FUGRO GROUP do przekazywania poprawek przez satelitę INMARSAT. Należy podać, że poprawki różnicowe GPS, transmitowane są przez kilka satelitów, a dostarczanie danych odbywa się za pomocą pięciu stacji naziemnych, rozmieszczonych na świecie. W USA i Australii poprawki różnicowe GPS są dostępne dzięki systemowi OMNISTAR, który daje możliwość ich odbioru za pomocą niewielkiej anteny i odpowiedniego demodulatora. Wyjście tego modulatora jest standardem RS – 232 i dostarcza dane według RTCM S.C. – 104. Segment kosmiczny STARFIX wykorzystuje istniejące możliwości satelitów INMARSAT do przesyłania poprawek różnicowych GPS na bardzo rozległych obszarach. Natomiast wykorzystanie systemu STARFIX, dostarczającego danych w ramach: STARFIX II, GEO – RE, SEASTAR, OMNISTAR, umożliwia otrzymywanie poprawek różnicowych GPS o zasięgu lokalnym.

Galileo planowany przez kraje europejskie system satelitarny. Przewiduje się dwie zasadnicze opcje jego funkcjonowania po cztery częstotliwości w każdej:

a) 1,561.052 MHz (E2), 1,202.025 MHz (E5), 1,589.742 MHz (E1), 1,278.750 MHz (E6);

b) 1,575.420 MHz (L1), 1,176.450 MHz (L5), 1,595.880 MHz (G1), 1,248.060 MHz (G2).

Technika satelitarna jest perspektywiczną i prężnie rozwijająca się dziedziną, a satelitarne systemy pozycyjne są przedmiotem zainteresowania specjalistów z różnych branż, a szczególnie lotnictwa. Wynika ono z następujących czynników: organizacyjnych (opracowywanie dokumentu „EUROPEAN RADIONAVIGATION PLAN, porozumienie zawarte pomiędzy

NATO CEAC - Committee for European Airspace Coordination a EUROCONTROL w ramach programu EATCHIP - European Air Traffic Control Harmonization and Integration Programme, przyjęcie Konwencji ICAO, a szczególnie Aneksu 8 - Warunki zdolności do lotów statków powietrznych, i Aneksu 10 - Telekomunikacja w ruchu lotniczym, opracowywanie wytycznych przez NATO C3 BOARD NAVIGATION SUB – COMMITTEE - NC3B – S.C., podjęcie na szczeblu ogólnopolskim decyzji dotyczących standardyzacji cywilno – wojskowych w polskim lotnictwie, przyjęcie przez lotnictwo polskie (1998r.) układu odniesienia WGS – 84, konieczność uczestniczenia w realizacji następujących STANAG: 4294 – Navstar GPS system characteristics, 4373 – NATO master navigation plan, 4392 – Data interchange format for Navstar GPS, 4430 – Precise time and frequency interface and its management for military electronic systems, 4564 – Standard for warship electronic chart display and information system, ANP – 2 – Introduction to Navstar GPS user equipment, 4278 – Method of expressing navigation accuracy, 4572 – Open system architecture interface to enable laboratory test of integrated GPS/INS navigation equipment, 4580 – Method of expressing navigation integrity), technicznych (konieczność wyposażania statków powietrznych w zintegrowane, pokładowe odbiorniki satelitarne GPS, sukcesywne eliminowanie w latach 1999 – 2010 standardowych, naziemnych radiotechnicznych systemów nawigacyjnych), użytkowych (niezgodność polskich nawigacyjnych systemów lotniskowych z wymaganiami i standardami NATO, ICAO, konieczność zapewnienia bezpieczeństwa na szlakach komunikacyjnych i opracowania odpowiednich standardów w tym zakresie, wykonywanie lotów w każdych warunkach atmosferycznych, docelowo według III kategorii ICAO, współpraca cywilno – wojskowa w zakresie wykorzystywania systemów lotniczych w ramach Wspólnoty Europejskiej), wprowadzenie w naszym kraju „Jednolitej przestrzeni powietrznej cywilno – wojskowej". Satelitarne systemy są wykorzystywane w każdej sferze działalności człowieka. Równocześnie wzrasta liczba wystrzeliwanych sztucznych satelitów (od kwietnia do grudnia 2000 roku na orbicie znalazło się 100 nowych obiektów), a miarodajne w tym względzie są dane prezentowane przez Sztokholmski Międzynarodowy Instytut Badań Problemów Pokoju - SIPRI (Stockholm International Peace Research Institute).

Przystępując do realizacji projektu: „Polskiego system stacji permanentnych RTK DGPS (CORS – PL)", konieczne stało się dokonanie analizy stanu techniki światowej w zakresie systemów stacji permanentnych i świadczonych przez nie usług. Szczególną uwagę zwrócono na Międzynarodową Służbę GPS (International GPS Service), sieć permanentnych stacji EUREF, systemy regionalne i krajowe funkcjonujące w: Czechach, Austrii, Wielkiej Brytanii,

Szwecji, Niemczech, Szwajcarii, USA oraz istniejące stacje permanentne GPS w Polsce. W oparciu o dokonane analizy, nakreślony został przewidywany rozwój europejskich projektów systemów satelitarnych EGNOS i Galileo oraz aktualne i prognozowane zapotrzebowanie na polski lotniczy system krajowy, na tworzenie permanentnych stacji referencyjnych oraz na dane i usługi z nim związane, a także użytkownicy tego systemu w Polsce, ich kwalifikacje i niezbędne wyposażenie.

Idea tworzenia permanentnych stacji i permanentnych sieci GPS powstała w latach osiemdziesiątych XX wieku, a jej praktyczna realizacja rozpoczęła się w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych i trwa do chwili obecnej. Do zasadniczych celów tego przedsięwzięcia zalicza się:

- umożliwienie zespołowi pomiarowemu, dysponującemu pojedynczym odbiornikiem GPS, wyznaczenie pozycji z wymaganą dokładnością, w dowolnym rejonie kraju;
- zwiększenie wiarygodności pomiaru, niezależnie od liczby odbiorników GPS, uczestniczących w pomiarze;
- dowiązanie pomiarów do krajowego systemu odniesienia bez konieczności wykonywania pomiarów na punktach osnowy;
- dostarczenie danych do monitorowania regionalnych i lokalnych procesów, możliwość monitorowania kinematyki układu odniesienia oraz stworzenia warunków do prowadzenia różnorodnych badań;
- umożliwienie lokalnego i regionalnego modelowania jonosfery i troposfery.

Przyspieszeniu uległy prace związane z tworzeniem systemów stacji permanentnych GPS z chwilą utworzenia w 1994 roku IGS (International GPS Service). Kolejnym ważnym etapem było utworzenie w 1996 roku permanentnej sieci GPS EUREF, której punkty definiują europejski układ odniesienia ETRF'89 (European Terrestial Reference Frame). W chwili obecnej międzynarodowa sieć liczy 236 stacji GPS rozmieszczonych na wszystkich kontynentach świata. Dokonana analiza istniejących systemów stacji permanentnych GPS wskazuje, że mają one charakter wielofunkcyjny, umożliwiają dostęp do posiadanych danych poprzez internet, oferują one także usługi w zakresie DGPS i RTK, współdziałają z krajowymi służbami geodezyjnymi i kartograficznymi oraz zainteresowanymi resortami i instytucjami. Obszerny materiał napływający codziennie ze stacji permanentnych jest wykorzystywany do ciągłego wyznaczania ważnych parametrów geodezyjnych i geofizycznych, precyzyjnych efemeryd satelitów GPS, parametrów ruchu obrotowego Ziemi, współrzędnych stacji śledzących i wektorów ich przesunięć, poprawek czasu dla systemu GPS i poprawek zegarów satelitów GPS, stan jonosfery i troposfery. Ze względu na bardzo wysoką dokładność uzyskiwanych danych

przez służby IGS, wykorzystuje się je do aktualizacji i udoskonalania Ziemskiego Układu Odniesienia ITRF (International Terrestrial Reference Frame), śledzenia i badania deformacji skorupy ziemskiej, śledzenia stabilności ruchu obrotowego Ziemi, śledzenia zmian w hydrosferze Ziemi (poziomu mórz i powłoki lodowej), wyznaczania precyzyjnych orbit satelitów GPS, śledzenie stanu jonosfery, badania klimatologiczne, prognozy pogody i inne. Pod względem strukturalnym służbę IGS tworzą stacje śledzące rozmieszczone na terenie całej kuli ziemskiej, trzy globalne centra gromadzenia danych, sześć operacyjnych regionalnych centrów danych, siedem centrów analizowania danych, globalne i regionalne stowarzyszone centra analizy danych - IGS Associate Analysis Centers i Regional Network Associate Analysis Centers, biuro koordynatora centrów analizowania danych oraz zarząd Centralnego Biura IGS i zespołu członków stowarzyszonych służby IGS. Globalne Centra gromadzenia danych otrzymują i archiwizują obszerny materiał obserwacyjny płynący codziennie ze stacji śledzących poprzez operacyjne i regionalne centra i w nich odpowiednio sformatowany i skompresowany, gromadzą wyniki prac centrów analiz danych i utrzymują łączność z szeroką rzeszą użytkowników. Natomiast centra analiz danych wytwarzają bez przerwy wszystkie podstawowe produkty końcowe służby IGS: precyzyjne efemerydy satelitów GPS katalogowane w interwałach 15-minutowych, parametry ruchu obrotowego Ziemi (ruch bieguna, długość dnia, katalogowane w odstępach jednodniowych), współrzędne stacji śledzących i wektory ich przesunięć w interwałach tygodniowych. Centra stowarzyszone analiz danych zajmują się wytwarzaniem określonych przez zarząd IGS produktów, np. stanu jonosfery, współrzędnych stacji i ich wektorów przesunięć. Na liście stowarzyszonych regionalnych centrów analiz danych znajduje się jedno centrum polskie, zlokalizowane w Instytucie Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej, które wyznacza codziennie współrzędne blisko 30 permanentnych stacji europejskich i w formie tygodniowych raportów przesyła do Centrum CODE (Center for Orbit Determination in Europe) w Bernie/Szwajcaria, w którym następuje opracowanie współrzędnych z użyciem obliczanych w tym Ośrodku precyzyjnych orbit satelitów GPS i połączenie wyników pochodzących z kilku innych europejskich stowarzyszonych regionalnych centrów analiz danych; wyniki obliczeń są następnie przekazywane do Obserwatorium w Brukseli, które jest koordynatorem programu monitorowania Europejskiego Układu Odniesienia EUREF (European Reference Frame). Zasadne jest podkreślenie, że kierownictwo Służby IGS zainicjowało podjecie siedmiu międzynarodowych projektów wykorzystujących permanentne obserwacje wykonywane w stacjach IGS. Projekty te dotyczą w szczególności monitorowania globalnego układu współrzędnych, technik porównywania i transmisji czasu, badania jonosfery i troposfery, badania fluk-

tuacji poziomu morza. Zapoczątkowano także permanentne obserwacje satelitów rosyjskiego sytemu globalnego GLONASS. Około 80 instytucji naukowych na całym świecie wnosi cenny wkład do wielostronnej współpracy w ramach programu IGS, w tym znajdują się trzy polskie instytucje, utrzymujące działalność trzech polskich permanentnych stacji satelitarnych IGS w : Borowcu, Józefosławiu, Lamkówku, które mają charakter wielofunkcyjny i są one przygotowane do transmisji poprawek dla potrzeb DGPS i RTK. Stacje te powinny stać się, niewątpliwie, punktami fundamentalnymi polskiego systemu stacji permanentnych GPS.

Podczas obrad podkomisji EUREF w Warszawie w 1994 zdecydowano, że utworzona zostanie sieć permanentnych stacji EUREK, więc na kolejnym sympozjum EUREF w Helsinkach w 1995 roku Techniczna Grupa Robocza (Technical Working Group) przedstawiła założenia projektowanej sieci stacji permanentnych, złożonej z następujących elementów: permanentnych stacji GPS, centrów operacyjnych, lokalnych centrów danych, regionalnych centrów danych, lokalnych centrów analiz, regionalnych centrów analiz EUREF, koordynatora sieci.

Permanentną siecią stacji referencyjnych w USA (CORS - Continuously Operating Reference Station System) zarządza National Geodetic Survey (NGS). System dostarcza danych kodowych i fazowych do postprocessingu w celu precyzyjnego pozycjonowania. Niektóre ze stacji podają także dane meteorologiczne. Dane obserwacyjne są udostępniane nieodpłatnie, głównie przez Internet, ze 147 permanentnych stacji referencyjnych (styczeń 1999). Zakończenie budowy sieci CORS planuje się na rok 2004. Sieć NGS CORS składa się ze stacji referencyjnych, założonych i zarządzanych przez współpracujące organizacje, takie jak: U.S. Coast Guard, U.S. Army Corps, DOT National Differential GPS Network i wiele innych. Dane obserwacyjne są zbierane w stacji centralnej NGS w Silver Spring i gromadzone w zbiorach jednogodzinnych. Stacja centalna wykonuje pięć podstawowych funkcji: zamienia dane na format RINEX, kontroluje jakość danych, wyznacza pozycję stacji na podstawie dobowych obserwacji, tworzy zbiory dla dystrybucji i archiwizowania danych. Uzyskane dane pomiarowe w formacie RINEX, w interwale 30 sekundowym, są dostępne w Internecie już po kilku godzinach następnej doby. NGS opracował metodę interpolacji, która umożliwia tworzenie danych pięciosekundowych, na podstawie danych pomiarowych wykonanych w interwale 30 sekundowym. Dane za ostatnie trzy tygodnie udostępniane są on-line. Po tym terminie dane są archiwizowane na CD-ROMS i rozpowszechniane ogólnie dostępnymi kanałami. Także informacje o precyzyjnych orbitach satelitów udostępniane są w ciągu tygodnia od wykonania obserwacji.

Politechnika w Pradze jest administratorem czeskiej stacji DGPS, która służy głównie do nawigacji i monitoringu pojazdów drogowych i kolejowych. Stacja dostarcza poprawek różnicowych dla: pomiarów kodowych w czasie rzeczywistym, postprocessingu. Stacja bazuje na trzech odbiornikach GPS: Leica MX9400R, Trimble GPS Pathfinder Community Base Station, Novatel GPSCard 951R. Odbiornik Leica dostarcza poprawek różnicowych, które są wysyłane drogą radiową do użytkowników. Odbiornik Trimble jest odbiornikiem zapasowym, jednak wytwarza on poprawki niezbędne dla postprocessingu. Odbiornik Novatel jest odbiornikiem zapasowym. Poprawki dla postprocessingu są zapisywane do pamięci, w interwałach jednosekundowych. Są one przechowywane przez okres co najmniej 40 dni. Użytkownicy mogą je otrzymać na dyskietkach, bądź też przez Internet. Poprawki w czasie rzeczywistym są wysyłane drogą radiową, w interwale jednosekundowym, przy użyciu kanałów VHF RDS, LF. Zanim poprawki zostaną wysłane drogą VHF RDS, uzyskane dane na podstawie pomiarów pseudoodległości instrumentem Leica są transformowane do formatu typu NRCS i transmitowane przy użyciu łącza mikrofalowego do wieży telewizyjnej. Wartości poprawek są następnie kodowane do postaci danych RDS i ze stacji FM Regina Praha (92.6 MHz) są transmitowane do użytkowników przez nadajnik o mocy 5 kW. Poprawki pokrywają Pragę i okolice. Te same poprawki są przesyłane kanałem LF i wtedy są modulowane w nadajniku typu LF w Podebradach (około 50 km na wschód od Pragi). Nadajnik pracuje na częstotliwości 111.8 kHz z szybkością transmisji 500 bps., a jego moc wynosi 80 kW. Podkreślić należy, że Politechnika w Pradze skonstruowała i produkuje odbiorniki dla obu kanałów: LF i VHF. Odbiorniki te odbierają poprawki w formacie RTCM 104, sprawdzają parzystość oraz eliminują dane z wykrytymi błędami. Szacowana dokładność pozycjonowania 2D wynosi 0.76 m (95%) w Pradze i okolicy, zaś dostępność poprawek jest na poziomie 99.7% (dla 1500 godzin pracy stacji).

Od sierpnia 1998 r. działa w Austrii krajowa służba DARC - DGPS, umożliwiająca uzyskanie kilkumetrowej dokładności satelitarnego pozycjonowania na terenie całego kraju. W pobliżu sześciu permanentnych stacji (Wiedeń, Graz, Linz, Salzburg, Innsbruck, Bregenz), możliwy jest odbiór także pomiarów fazowych i wykorzystania metody RTK do precyzyjnego pozycjonowania o dokładności centymetrowej. Austriacki system oferuje następujące poziomy dokładności: standardowy (dokładność do 10 m., na terenie całej Austrii, przy użyciu standardowych odbiorników DGPS), standardowy DGPS/DGLONASS (dokładność do 10 m , na terenie całej Austrii, przy użyciu standardowych odbiorników DGPS/DGLONASS), profi (dokładność do 1 m., na terenie całej Austrii, przy użyciu odbiorników kodowych o najwyż-

szej precyzji), premium (pozycjonowanie metodą RTK o dokładności centymetrowej w pobliżu stacji referencyjnych). Działający na zasadzie subskrypcji serwis DARC jest wykorzystywany przez ponad 150 użytkowników na wszystkich poziomach dokładności. Bazą dla rozwoju radiowej transmisji danych jest infrastruktura ORF, składająca się z około 270 stacji nadających programy radiowe na terenie całej Austrii, docierające do 98.9 % ludności. Poprawki RTCM są nadawane przy użyciu technologii DARC. Dane uzyskane z pomiarów stacji referencyjnej są przekazywane do centrum ORF we Wiedniu, a następnie retransmitowane do poszczególnych radiowych stacji nadawczych. Centralne zbieranie danych umożliwia monitorowanie pracy stacji referencyjnych oraz kontrolę działania całego systemu. Stan operacyjny sieci jest zdalnie monitorowany. W przypadku uszkodzeń, operator alarmowany poprzez e-mail oraz telefon komórkowy ma możliwość połączenia się z dowolną stacją w sieci w celu odpowiedniej interwencji. W przypadku standardowych usterek w działaniu stacji referencyjnej, zostały ustalone automatyczne procedury ich wykrywania i naprawy. Centralny system zarządzania danymi pozwala także na wykonanie obliczeń o znaczeniu naukowym i praktycznym, takich jak np. model jonosfery. W najbliższym czasie planuje się rozbudowę serwisu poprzez rozszerzenie zasięgu sieci RTK na obszar całej Austrii i uzyskanie centymetrowej dokładności pozycjonowania w czasie rzeczywistym. Możliwości praktycznego wykorzystania austriackiej sieci stacji GPS są bardzo rozległe, a zalicza się do nich: precyzyjna nawigacja w czasie rzeczywistym, monitorowanie pojazdów, nawigacja na Dunaju, nawigacja i monitorownie akcji poszukiwawczo - ratowniczych, Systemy Informacji Geograficznej i Systemy Informacji o Terenie. We wszystkich tych zastosowaniach połączenie nawigacji z geodezją staje się coraz bardziej widoczne i wskazuje perspektywiczne kierunki dalszego rozwoju techniki satelitarnej RTK DGPS. Połączenie wymagań nawigacyjnych (wiarygodność, dostępność serwisu) z wysoką dokładnością pomiarów geodezyjnych, determinuje dalszy rozwój tego systemu. Wszelkie dodatkowe informacje dotyczące jakości pracy systemu mogą być przesyłane do użytkownika poprzez specjalny kanał informacyjny. Serwis DARC-DGPS może być z powodzeniem zintegrowany z planowanymi przez Komisję Unii Europejskiej systemami nawigacji satelitarnej GNSS.

Od czerwcu 2000 r. rozpoczął działalność system stacji permanentnych GPS Wielkiej Brytanii, a Główny Urząd Geodezji (Ordnance Survey) zapewnia bezpłatny dostęp do niego poprzez Internet. Sieć składa się z 30 permanentnych aktywnych stacji GPS oraz około 900 stacji pasywnych (dostępnych dla użytkownika, zastabilizowanych punktów geodezyjnych). Główne miasta są w zasięgu 50 km od najbliższej aktywnej stacji referencyjnej, a 95% teryto-

rium Wielkiej Brytanii znajduje się w zasięgu 100 km od stacji GPS. Wszystkie permanentne stacje aktywne przesyłają jednogodzinne pakiety danych w formacie RINEX (15-sekundowy interwał) poprzez linię ISDN do centralnego serwera Głównego Urzędu w Southampton. Od czerwca 2000 r. dane pomiarowe GPS w formacie RINEX są udostępniane nieodpłatnie na stronach Internetu, włącznie z kompletną bazą danych, obejmującą zarówno współrzędne stacji pasywnych w układzie ETRF89, jak i ich opisy topograficzne. Przy pomocy stacji aktywnych, istnieje możliwość osiągnięcia dokładności wyznaczenia pozycji do 5 cm, lecz na podstawie 30-60 minutowej sesji statycznej lub dokładność rzędu 1 cm, przy długości sesji obserwacyjnej 120-240 minut, w zależności od warunków lokalnych. Zagęszczenie krajowej sieci GPS będzie można osiągnąć poprzez wykorzystanie sieci stacji pasywnych, znajdujących się w odległości 20-30 km od dowolnego wyznaczanego punktu. Możliwe jest zatem użycie tanich odbiorników jednoczęstotliwościowych i znaczące skrócenie sesji obserwacyjnej. Wszystkie stacje pasywne będą podlegały pomiarom GPS co 5 lat przez służbę Głównego Urzędu, w celu wykrycia ich ewentualnych przesunięć poziomych i pionowych. Daje to szansę na uzyskanie dokładności geodezyjnego pozycjonowania na poziomie centymetra, także przy wyznaczaniu wysokości punktu. Strona internetowa krajowej sieci GPS zawierać będzie trzy główne serwisy: pomiary w formacie RINEX wykonane na stacjach referencyjnych, baza danych dla stacji pasywnych oraz online serwis dla transformacji współrzędnych poziomych i pionowych do obowiązujących systemów odniesienia – OSTN97 i OSGM91. Główny Urząd Geodezji (Ordnance Syrvey) podjął decyzję o nieodpłatnym udostępnianiu tych serwisów użytkownikom. W przyszłości planuje się wprowadzenie umiarkowanych opłat za korzystanie z danych stacji aktywnych w formacie RINEX. Dane dotyczące stacji pasywnych oraz transformacja współrzędnych pozostaną wolne od jakichkolwiek opłat.

SWEPOS jest szwedzką siecią liczącą 25 permanentnych stacji referencyjnych (rys. 67). Została ona utworzona do: dostarczania jedno- i dwuczęstotliwościowych danych obserwacyjnych przy pomiarach względnych GPS, dostarczania poprawek DGPS i danych RTK dla użytkowników GPS w czasie rzeczywistym, spełniania funkcji sieci wysoko precyzyjnych punktów odniesienia dla użytkowników GPS, dostarczania danych do badań geodynamicznych, monitorowanie niezawodności systemu GPS. Współrzędne stacji SWEPOS zostały określone w układzie SWEREF 93, który jest szwedzką realizacją układu EUREF 89 (ETRF 89). Zdefiniowano także współczynniki transformacji do tradycyjnego szwedzkiego krajowego układu współrzędnych poziomych – RT90 i układu wysokościowego RH70. Od 1998 roku SWEPOS umożliwia wyznaczanie pozycji w czasie rzeczywistym z dokładnością 1m, a w

ramach postprocessingu – z dokładnością rzędu centymetra. Planuje się uzyskiwanie dokładności poniżej decymetra w czasie rzeczywistym. Wszystkie stacje SWEPOS są połączone z centrum kontroli, dokąd przesyłają wyniki swoich obserwacji, jak też poprawki DGPS w formacie RTCM, w czasie rzeczywistym z częstotliwością 1 Hz poprzez dzierżawione linie telefoniczne, używając protokołu TCP/IP. W centrum kontroli następuje sprawdzenie jakości odebranych danych oraz konwersja surowych danych na format RINEX. Stąd też centrum kontrolne ma dostęp do wszystkich obserwacji i po sprawdzeniu może je dostarczać zarówno w czasie rzeczywistym, jak też dla potrzeb postprocessingu. Dane SWEPOS są dostępne w czasie rzeczywistym w systemie RDS, nadawanym przez sieć radiową FM (Program 3), w serwisie Epos. Można je także odbierać poprzez telefonię komórkową. Dostęp do danych SWEPOS jest możliwy tylko dla abonentów, za pomocą specjalnego odbiornika radiowego. Od 1997 roku realizowany jest krajowy projekt badawczy Net-Work RTK, obejmujący modelowanie efektów atmosferycznych, wpływ wielotorowości sygnałów, dokładność predykacji orbit. Zakłada on transmisję danych w systemie DARC (Data Radio Channel) - podobny do RDS (Radio Data System), ale o większej przepustowości – 16000 bps wobec 1100 bps dla RDS. Oczekuje się, że system zapewni dokładność pozycji lepszą od 10 cm, w czasie rzeczywistym, w odległości do 100 km od stacji bazowej przez 95% czasu. Obecnie już 7 stacji SWEPOS przekazuje w systemie DARC dane do wyznaczeń RTK, a także na 7 stacjach SWEPOS została zainstalowana aparatura GPS/GLONASS, co umożliwiło im wzięcie udziału w eksperymencie IGEX.

Rys. 67. Sieć stacji referencyjnych SWEPOS

Ze względu na różne wymagania dokładnościowe użytkowników, w systemie niemieckim SAPOS występują cztery zasadnicze opcje: EPS (redl - time positioning service) z dokładnością 1-3 m., HEPS (high-precision real time positioning service) z dokładnością 1-5 cm, GPPS (geodetic precision positioning system) z dokładnością 1 cm, GHPS (geodetic high-precision positioning system) z dokładnością poniżej 1 cm. EPS i HEPS służą do wyznaczania pozycji w czasie rzeczywistym, na bazie poprawek DGPS, które są określane i transmitowane przez stację referencyjną. W zależności od techniki komunikacji zasięg stacji wynosi od 50 km dla HEPS do 500 km dla EPS. Natomiast GPPS i GHPS wykorzystują technikę post-processingu, na bazie pomiarów stacji referencyjnej i terenowych, zapisanych w formacie RINEX. Następnie wykorzystując telefonię GSM można uzyskać rozwiązanie w czasie prawie rzeczywistym (opóźnione tylko o kilka minut). GHPS nie służy do bezpośredniego wyznaczania współrzędnych punktów, a jedynie do prowadzenia wewnętrznej kontroli jakości całego systemu. Każda stacja referencyjna ma określony numer identyfikacyjny, wysokość anteny, częstotliwość rejestracji obserwacji, czas przechowywania danych i format ich zapisu. Wprowadzono niezależny od producenta sprzętu format danych. O ile procedury EPS i HEPS wykorzystują format RTCM (Radio Technical Commission of Maritime Services) to w post-processingu wykorzystywany jest format RINEX.

W EPS do transmisji danych stosowana jest technika RASANT (Radioaided Satellite Navigation Technique), wykorzystująca RDS (Radio Data System). W takim przypadku dane DGPS, po konwersji na format RDS, są dostarczane do stacji radiowych, a następnie transmitowane w tym formacie w paśmie UHF i LW. Do odbioru poprawek stosowany jest specjalny odbiornik, zmieniający otrzymany format danych na RTCM. Na mocy porozumienia wykorzystywana jest tylko jedna częstotliwość do przesyłania danych na terenie całych Niemiec. Poprawki te są transmitowane na niskiej częstotliwości z jednej ze stacji GPS w Mainflingen, a technikę tę nazwano ALF (Accurate Positioning by Low Frequnency). Gwarantuje ona precyzję około 2 metrów na terenie całych Niemiec. Następną możliwość przesyłania danych daje zakres fal dwumetrowych. W tym przypadku potrzebny jest dekoder do konwersji danych, nadawanych w formacie RTCM AdV na RTCM 2.0. Obecnie trwają badania nad nową metodą transmisji danych, nazwaną DAB (Digital Audio Broadcasting).

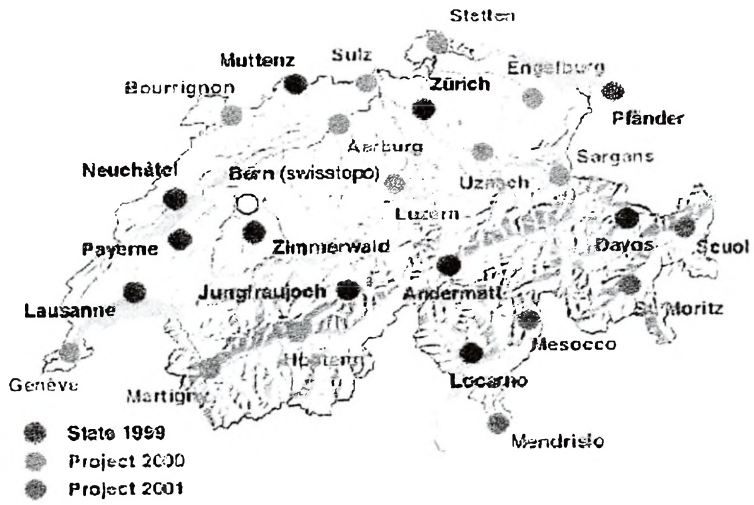
Metoda HEPS zapewnia wysoką dokładność rozwiązań w czasie rzeczywistym, zastosowano technikę RTK, a poprawki przesyłane są w formacie RTCM w zakresie fal o długości 2 m. Ze względu na ograniczenie prędkości przesyłania danych (2400 bit/s), zastosowano dodatkową kompresję w specyficznym formacie RTCM AdV. Dostępne są także zestawy do

konwersji danych RTCM na RTCM AdV dla stacji referencyjnych, kompatybilne z większością odbiorników GPS. Obecnie stosuje się 5 częstotliwości fal do transmisji poprawek, ale do zabezpieczenia niezawodności systemu potrzebne są nowe częstotliwości. Uzupełnieniem jest system GSM, jako dodatkowy środek komunikacji. Prowadzone prace eksploatacyjne udowodniły, że możliwe jest w tym systemie uzyskanie wymaganej dokładności w promieniu 15 km od stacji referencyjnej. Trwają prace nad zwiększeniem tego promienia do 30 km, poprzez redukcję błędów zależnych od odległości pomiędzy stacją referencyjną, a odbiornikiem użytkownika, wpływu jono- i troposfery.

Metoda GPPS jest oparta na przetwarzaniu dostępnych danych w postprocessingu poprzez analogowy lub cyfrowy system telefoniczny w formacie RINEX. System GSM pozwala na uzyskanie rozwiązań niemal w czasie rzeczywistym, z zaledwie kilkuminutowym opóźnieniem. Obecnie sposób dostarczania tych danych jest jeszcze mało zautomatyzowany. Technika GPPS może znaleźć zastosowanie w gospodarce przestrzennej i geodezji inżynieryjnej. Natomiast GHPS o wysokiej precyzji, służy do monitorowania wewnętrznych składników całego systemu SAPOS (np. jakości serwisu stacji referencyjnych). Opłata za serwis HEPS zależy od czasu połączenia.

Departament Geodezji Szwajcarskiego Federalnego Urzędu Topograficznego (SWISSTOPO) przystąpił do realizacji projektu AGNES (Automated GPS Network for Switzerland). W 1999 roku przekazano do ogólnego użytku sieć pilotażową, w skład której wchodzi 10 permanentnych stacji GPS. Służba precyzyjnego pozycjonowania obejmująca obszar całego kraju rozpocznie działalność w 2001 roku. Zgodnie z projektem SWISSTOPO, sieć AGNES ma mieć charakter wielofunkcyjny. Ma ona spełniać następujące główne cele: realizację on-line nowego państwowego układu odniesienia CHTRS95, promocję nowego układu odniesienia LV95 w pomiarach katastralnych (szybkie przejście od starego układu LV03), wyznaczanie współczesnych ruchów skorupy (obszar Alp Centralnych), zastosowania naukowe w badaniach jonosfery, stanowić bazę dla służb pozycjonowania. Sieć pilotażowa AGNES jest obecnie zagęszczana i docelowo ma składać się z 25 stacji (rys. 68). Wszystkie one zostaną solidnie zastabilizowane, w większości na litej skale. Wyniki obserwacji sieci AGNES będą opracowywane w Centrum Analiz SWISSTOPO utworzonym w 1997 roku. Z sieci AGNES będą mogli korzystać użytkownicy opracowujący swoje dane w trybie postprocesingu, lub stosujący technikę RTK. Dane będzie można uzyskać z komunikacyjnego serwera SWIPOS w Wabern, bądź to za pośrednictwem Internetu (postprocessing) bądź poprzez GSM (RTK). Wyodrębniono trzy rodzaje produktów. Pierwszy to dokładność wyznaczenia

pozycji 1-10m i przeznaczony jest dla potrzeb nawigacyjnych (dostępny od 1999). Generowane przez permanentne stacje GPS poprawki nawigacyjne (RTCM 2.0) są dostępne w formacie DCI (kompatybilnym z RDS), za pośrednictwem rozgłośni radiowych SBC (Swiss Broadcasting Corporation). Z poprawek DGPS mogą korzystać tylko użytkownicy, którzy wykupili roczne lub długoterminowe licencje. Służba DGPS początkowo oferowała trzy poziomy dokładności: Basic Service - od 5 do 10 m., Intermediate Service - od 2 do 5 m., Premium Service - od 1 do 2 m. W związku ze zniesieniem z dniem 1 maja 2000 roku kodu S/A, szwajcarska służba DGPS rezygnuje z "Basic Service". Warto podkreślić, że ze SWIPOS-NAV korzysta 300 użytkowników. Powstają SWIPOS-GIS oraz SWIPOS-GEO, aby użytkownik mógł wykonywać obserwacje kodowe i przeprowadzać postprocessing przez wykorzystanie danych w formacie RINEX z najbliższej permanentnej stacji AGNES. Określone dane można uzyskać poprzez Internet. Od września 2000 roku możliwe jest korzystanie z danych dla potrzeb RTK. Transfer danych odbywa się poprzez GSM. Przeprowadzone w maju 2000 r. badania testowe RTK przy użyciu odbiorników Leica 530 wykazały, że możliwe jest uzyskanie kilkucentymetrowych dokładności współrzędnych punktów, przy odległościach rzędu 20 i 40 km od stacji referencyjnych.



Rys. 68. Szwajcarska sieć AGNES (Automated GPS Network for Switzerland)

Po dokonaniu analizy i oceny aktualnie wykorzystywanych pomocy, systemów nawigacyjnych i zautomatyzowanych w polskim lotnictwie oraz przeprowadzeniu badań dotyczących ich interoperacyjności i kompatybilności ze standardami ICAO/NATO, konieczne stało się przyjęcie kierunku ich dalszego rozwoju na podstawie przewidywanej transformacji polskiego

lotnictwa w latach 1999 – 2010. Autor dokonał analizy założeń oraz zapoznał się z prognozami dla wyżej zaznaczonej cezury czasowej dokonując następujących założeń:

a) lotnictwo polskie wojskowe funkcjonuje w NATO (obowiązują wymogi ICAO/NATO);
b) istnieje odpowiednia infrastruktura sprzętowa;
c) funkcjonuje odpowiednia struktura organizacyjna;
d) w sposób odpowiedni prowadzone jest kształcenie lotnicze;
e) zachowany jest wymóg interoperacyjności polskich pomocy i systemów nawigacyjnych;
f) zachowana jest jedność procedur lotniczych;
g) istnieje kompatybilność systemu zarządzania przestrzenią powietrzną;

Konieczne stało się również przeanalizowanie założeń i prognoz dotyczących rozwoju polskich sił powietrznych, ze szczególnym uwzględnieniem:

a) integracji systemu dowodzenia obroną powietrzną;
b) utworzenia w naszym kraju dwóch rejonów obrony powietrznej;
c) konieczność utworzenia krajowego operacyjnego centrum zarządzania przestrzenią powietrzną ASOC (Air Sovereignty Operations Center);
d) funkcjonowanie w naszym kraju około dwudziestu lotnisk.

Uwzględniając określone uwarunkowania, przyjmując powyższe założenia, konieczne stało się również perspektywiczne przyjęcie w danej cezurze czasowej, sytuacji sprzętowej w lotnictwie w 2010 roku. Rozpatrzone to zostało w dwóch aspektach:

a) ilościowym
b) jakościowym (wprowadzanie nowej infrastruktury operacyjno - technicznej).

W trakcie prowadzonych badań, autor dążył również do poszukiwania chociażby częściowego, rozwiązania problemów związanych z dalszym rozwojem zautomatyzowanych systemów kierowania lotami. Okazało się, że istniejące zautomatyzowane terminale nie spełniają oczekiwań współczesnego zarządzania przestrzenią powietrzną. Toteż na podstawie zlecenia otrzymanego z KBN opracowana została ekspertyza dotycząca możliwości wykorzystania systemu satelitarnego GPS dla potrzeb Sił Zbrojnych RP. W wyniku przeprowadzonych prac, zespół opracował „Projekt koncepcyjny systemu DGPS dla potrzeb SZ RP". Zawarte w nim też zostały bardzo szczegółowe założenia taktyczno – techniczne. Projekt autora dotyczący lotniczej sieci, został następnie zweryfikowany w oparciu o lotnicze eksperymenty i posłużył do opracowania założeń technicznych ogólnopolskiego zintegrowanego systemu lotniczej sieci stacji permanentnych DGPS. Uwzględniono główne zalety techniki satelitarnej w postaci: większej odporności na zakłócenia niż w stosowanych dotychczas systemach radiotechnicznych, utrudnioną możliwość uszkodzenia - zniszczenia segmentu kosmicznego, precyzję

w wyznaczaniu położenia przestrzennego, dostępność do sygnału satelitarnego w każdym miejscu, o każdej porze doby i w każdych warunkach atmosferycznych. Kolejnym etapem było sprecyzowanie warunków nawigacyjnych dotyczących poszczególnych rodzajów wojsk, które w czasie pokoju swoją działalność opierają na dwóch zasadniczych wymaganiach: zapewnienie bezpieczeństwa w przestrzeni powietrznej wszystkim obiektom przemieszczającym się w niej, szkolenie bojowe z efektywnym wykorzystaniem uzbrojenia. Jednak poprawne funkcjonowanie lotnictwa wymaga ciągłego dostępu do wiarygodnych, precyzyjnych danych dotyczących położenia przestrzennego. W warunkach pokojowych i dla potrzeb cywilnych wymagania dokładnościowe określa 10 aneks ICAO. Na bazie specyfikacji zawartej w ICAO, wyróżniono wymagania dotyczące nawigowania, które prezentuje tabela 1. Natomiast dla użytkowników cywilno – militarnych potrzebne są dwa zasadnicze typy danych satelitarnych:

a) ogólne, nie wymagające wysokiej precyzji w określaniu położenia przestrzennego obiektu;
b) precyzyjne, wymagających określenia: współrzędnych płaskich, wysokości mierzonej względem poziomu morza lub innego poziomu odniesienia, prędkości przemieszczania i innych parametrów. Dopuszczalne błędy w określaniu przestrzennego położenia w ramach funkcjonowania lotnictwa prezentuje tabela 13.

Wysokość lotu (m)	**Faza lotu**	**Wiarygodność**		**Dostępność**	**Dokładność**	
		Opóźnienie (s)	**Ryzyko niewiarygodności**		**Położenie (m)**	**Wysokość (m)**
60 - 900	**Lądowanie kat.I**	**6**	**$3,3 \times 10^{-7}$**	**0,9975**	**18,7**	**5,4**
30 – 900	**Lądowanie kat.II**	**2**	**1×10^{-7}**	**0,999**	**5,2**	**1,7**
0 – 900	**Lądowanie kat.III**	**2**	**1×10^{-7}**	**0,999**	**4,1**	**0,6**
75 – 900	**Podejście do lądowania**	**10**	**$3,3 \times 10^{-7}$**	**0,9975**	**100**	**50**
150 – 18 000	**Przeloty w korytarzu**	**10**	**-**	**0,9975**	**1000**	**50**
8 400 – 12 000	**Dalekie przeloty**	**30**	**-**	**0,9975**	**2300**	**50**

Tabela 13. Wymagania dotyczące dokładności w lotnictwie

Zaletą stosowania techniki satelitarnej w lotnictwie jest fakt, że błędy powstające podczas nawigowania i zastosowania bojowego nie narastają wraz z upływem czasu i pokonywaną odległością, jak to ma miejsce w systemach standardowych. Satelitarna technika różnicowa umożliwia osiągnięcie dopuszczalnego błędu pomiarów wynoszącego 1 metr. Uzyskane przestrzenne położenie z taką dokładnością nie może być przetworzone na istniejących mapach topograficznych, więc niezbędne jest używanie map cyfrowych. Dokładne parametry nawigacyjno – geodezyjne wymagane są w lotnictwie podczas wykonywania: startów i lądowań w każdych warunkach atmosferycznych, lotów według przyrządów i urządzeń pokładowych, bez widoczności ziemi i bez pomocy naziemnych systemów radioelektronicznych, określania współrzędnych stacji pomiarowych, lotnisk, punktów dowiązania topogeodezyjnego (zmian kursu) z dokładnością do 1m, kontroli przemieszczania statków powietrznych.

Po uwzględnieniu powyższych uwarunkowań zostały sprecyzowane założenia taktyczno – techniczne dla systemu permanentnych stacji RTK DGPS, uwzględniające kompatybilność, interoperacyjność, ochronę radioelektroniczną, odporność na oddziaływanie czynników środowiskowych, niezawodność, ergonomię, eksploatację i obsługę techniczną, bezpieczeństwo, skrytość i maskowanie, normalizację, unifikację i różne rodzaje zabezpieczeń. Przyjęto, że różnicowy system satelitarny winien spełniać wymagania precyzyjnego określania współrzędnych, a przestrzenne położenie jest określane na podstawie poprawek przekazywanych przez stację referencyjną, która wraz z innymi winna być sprzężona poprzez centralną jednostkę nadzorującą, tworząc ogólnopolski system. W chwili obecnej, w naszym kraju taki system nie funkcjonuje. Zalecane jest, aby zestaw różnicowy satelitarny złożony był z odbiorników różnicowych użytkowników, naziemnych permanentnych różnicowych stacji stacjonarno - mobilnych, łącza telemetrycznego, centralnej stacji kontrolującej pracę całego systemu. Opracowany system winien korzystać z sygnałów różnych systemów satelitarnych oraz kodów GPS: cywilnych C/A i wojskowych P/Y, pracować w układzie współrzędnych WGS-84. Docelowo winien zapewnić określenie parametrów z błędem nie większym niż: 0,6m w wysokości lotu podczas lądowania, od 4,1 do 5 m we współrzędnych położenia statku powietrznego, 0,2 m/s w wyznaczaniu prędkości, 5 m w wysokości lotu statku powietrznego, 250 ns w dokładności czasu UTC i lokalnego. Równocześnie przyjęto, że stacja referencyjna powinna opracowywać poprawki umożliwiające określanie parametrów dla obiektów statycznych z dokładnością do: 7 cm wzdłuż południka i równoleżnika oraz 10 cm wysokości nad elipsoidą WGS-84. Zakładany zasięg pojedynczej stacji referencyjnej RTK DGPS w zależności od stacji. System powinien być przystosowany do transmisji poprawek w zakresie fal: LF, KF, VHF, UHF oraz mieć możliwość pracy w zakresie długości fal określonych przez użyt-

kownika, a także posiadać możliwość współpracy z innymi stacjami i systemami poprzez wykorzystanie łącz stacjonarnych bezprzewodowych i kablowych oraz mobilnych. Przesyłane protokoły depesz transmisji jawnej powinny być zgodne ze standardem RTCM S.C. - 104 wersji 2.1, RTCA S.C. - 159 DO - 257. Natomiast przyjęte rozwiązanie musi umożliwiać zmianę protokołu depesz bez konieczności dokonywania zmian konstrukcyjnych modułów. Praca w trybie niejawnym powinna się odbywać zgodnie z przyjętymi zasadami pracy urządzeń niejawnych obowiązującymi w siłach zbrojnych naszego kraju. System RTK DGPS powinien również spełniać wymagania dotyczące odporności całkowitej na oddziaływanie czynników środowiskowych a także niezawodności. Oznacza to, że zestaw urządzeń satelitarnych powinien mieć możliwość określania i dostarczania danych samodzielnie, bez współpracy z innymi systemami nawigacyjnymi z dokładnością określoną powyżej. Natomiast dane systemu RTK DGPS powinny być dostępne dla innych systemów. Powinna być możliwość dokonywania zamiany urządzeń i poszczególnych modułów tego samego typu, bez potrzeby zestrajania systemu po ich zmianie. Urządzenia polskiego systemu RTK DGPS powinny umożliwiać poprawny odbiór sygnału od 118 dBm i z prędkością nie mniejszą niż 2400 bodów. Średni czas międzyawaryjnej pracy systemu RTK DGPS powinien być nie mniejszy niż 10 000 godzin. Natomiast oczekiwany czas naprawy nie większy niż pół godziny. Jednak nawet podczas dokonywania naprawy urządzeń wchodzących w skład systemu, RTK DGPS powinien zachowywać zdolność generowania poprawek. Zakładany czas pracy systemu powinien wynosić nie mniej niż 15 lat lub odpowiednio: 75 000 godzin dla stacji referencyjnej, 50 000 godzin dla mobilnej stacji referencyjnej, 20 000 godzin dla pozostałych urządzeń składowych systemu. Gwarantowany czas pracy systemu RTK DGPS powinien wynosić przynajmniej połowę wartości przedstawionych. System powinien być wyposażony w układ sygnalizacji awarii z głębokością informacji do bloku oraz sygnalizację pracy w ograniczonym zakresie, o ile występujące niesprawności lub ograniczenia w odbiorze sygnałów satelitarnych umożliwiają ten rodzaj pracy. Rozwiązania konstrukcyjne urządzeń tworzących system RTK DGPS, powinny spełniać wymagania ergonomii, estetyki technicznej i zaleceń BHP zgodnie z ustaleniami rozdziałów 14 – 15 Wojskowej Polskiej Normy WPN-84/N-01004. Natomiast urządzenia systemu RTK DGPS powinny być eksploatowane zgodnie z dokumentacją eksploatacyjną poszczególnych urządzeń, a w warunkach określonych w WPN-84/N-01003 z kwalifikacją grup: N –14 naziemna stacja referencyjna stacjonarna i mobilna, S 4.1 urządzenia montowane na statkach powietrznych. System RTK DGPS powinien zapewniać ciągłość pracy, toteż w swoim składzie powinien posiadać zestawy rezerwowe, które mogą być włączone do pracy automatycznie lub ręcznie zarówno w przypadku niesprawności któ-

regoś z urządzeń systemu, jak i wykonywania czynności obsługowych, przewidzianych w dokumentacji eksploatacyjnej. Ponadto stan sprawności technicznej systemu RTK DGPS powinien być oceniany na podstawie autotestu uruchamianego automatycznie po włączeniu określonego urządzenia do pracy oraz na każde żądanie zespołu eksploatującego system RTK DGPS. Wszystkie bloki, moduły i urządzenia wchodzące w skład systemu powinny być wyposażone w układy kontroli poprawności pracy. Natomiast sygnały określające sprawność urządzenia powinny być dostępne bez konieczności demontażu urządzenia z zestawu , w którym pracuje. Każde wystąpienie niesprawności urządzenia systemu RTK DGPS powinno być sygnalizowane, rejestrowane i udokumentowane. Dane zawarte w komórkach pamięci, w momencie wystąpienia niesprawności powinny zostać zachowane. Poszczególne elementy składowe powinny posiadać odpowiednie opakowania transportowe zabezpieczające je przed uszkodzeniem, przewidzianych w normie WPN-84/N-01004.

Kolejne wymagania dotyczą bezpieczeństwa systemu RTK DGPS. Zakłada się co najmniej dwustopniowe zabezpieczenia. Pierwsze ograniczające pobór prądu przed chwilowymi przeciążeniami oraz kolejne ograniczające sukcesywne skutki przeciążeń długotrwałych aż do całkowitego odłączenia zasilania od odbiorników. Ponadto urządzenia systemu powinny być odporne na wyładowania atmosferyczne i być wyposażone w układy neutralizujące oddziaływanie ładunków elektrostatycznych. Należy przewidzieć możliwość zastosowania niejawnego systemu transmisji danych łączem telemetrycznym dla potrzeb wojskowych oraz blokadę dostępności do systemu RTK DGPS przez osoby niepowołane.

Niezmiernie ważne są również wymagania konstrukcyjne, dotyczące normalizacji i unifikacji, techniczno – ekonomiczne, rodzajów zabezpieczeń. System RTK DGPS powinien być zbudowany z urządzeń i modułów w taki sposób, aby konieczność modyfikacji realizowanych przez nie funkcji nie wymagały ingerencji w inne elementy. Podczas konstruowania poszczególnych elementów systemu należy stosować w maksymalnie możliwym stopniu znormalizowane i zunifikowane części, podzespoły, bloki. Zastosowane programy obliczeniowe, zobrazowanie danych i pomocniczych elementów, powinno być w miarę możliwości oparte na programach powszechnie stosowanych i być identyczne dla poszczególnych wersji systemu. Natomiast systemy operacyjne, magistrale danych oraz standardy protokołów powinny być typowe i zatwierdzone do eksploatacji przez użytkowników. W zakresie zabezpieczenia metrologicznego nie przewiduje się stosowania specjalnie dla tego systemu wytworzonej aparatury kontrolno – pomiarowej, poza aparaturą niezbędną do sprawdzania fabrycznych modułów – nadajników, odbiorników, łącza telemetrycznego.

Kolejne wymagania dotyczące urządzeń szkolno – treningowych, zakładają opracowanie specjalnego programu edukacyjnego, opisującego zasadę pracy systemu oraz wykaz mogących wystąpić niesprawności i sposób ich usunięcia. Przewiduje się, że pełne zestawy poszczególnych wersji systemu RTK DGPS z przeznaczeniem dla procesu szkolenia powinny być rozmieszczone w określonych centralnych ośrodkach szkoleniowych.

Powyżej zostały zaprezentowane jedynie wybrane zagadnienia dotyczące założeń taktyczno – technicznych, które w pełni zawarte są w sprawozdaniu z pracy naukowo – badawczej KBN. Opracowanie zawiera trzy zasadnicze grupy założeń taktyczno - technicznych dla zestawu różnicowego systemu nawigacji satelitarnej dla potrzeb sił zbrojnych, odbiornika różnicowego systemu nawigacji satelitarnej dla potrzeb sił zbrojnych, naziemnej stacji referencyjnej różnicowego systemu nawigacji satelitarnej dla potrzeb sił zbrojnych. Natomiast każda grupa została przedstawiona w siedmiu zasadniczych częściach: tytuł i indeks opracowania, podstawa opracowania, przeznaczenie zestawu i cel opracowania, skład funkcjonalny, wymagania taktyczno - techniczne, dokumenty normatywne, postanowienia końcowe. Wszystkie powyższe opracowania są zgodne z dokumentami normatywnymi związanymi z:

- Wojskową Polską Normą, aparatura, przyrządy, urządzenia i wyposażenie o przeznaczeniu wojskowym (WPN-84/N-01001-01008);
- Lotnicze wyposażenie elektroniczne i elektryczne. Dopuszczalny poziom zakłóceń radioelektronicznych. Ogólne wymagania i badania (BN-71/3886-03);
- Lotnicze wyposażenie elektroniczne i elektryczne. Odporność na zakłócenia. Ogólne badania i wymagania (BN-72/3886-04);
- Lotnicze wyposażenie pokładowe. Radioelektroniczne urządzenia pokładowe. Klasyfikacja wymagań i metody wykonywania prób środowiskowych (BN-80/3895-05);
- European Telecomunication Standard ETS 300 086;
- Układy zasilania elektronicznego samolotów i śmigłowców. Wymagania dotyczące jakości energii elektrycznej (BN-88/3686-10).

Eksperymenty naukowe potwierdziły, że konieczne jest dostosowanie techniki satelitarnej do polskich uwarunkowań, opracowanie teoretycznych zasad jej funkcjonowania w ramach polskiego systemu stacji permanentnych RTK DGPS. Proponowany system wykorzystujący zintegrowane informacje, a pracujący na bazie techniki satelitarnej winien służyć potrzebom militarno - cywilnym i realizować zadania z zakresu: obronności państwa, prowadzenia akcji poszukiwawczo – ratowniczych, wykonywania inspekcji, ochrony środowiska, rekreacji i sportu, eksploatacji zasobów naturalnych, prowadzenia badań naukowych, transportu i komunikacji.

Uzyskane wyniki pozwoliły przygotować ekspertyzę dotyczącą modernizacji polskich systemów i pomocy lotniczych w latach 1999 – 2010, z uwzględnieniem instalacji zintegrowanego polskiego systemu RTK DGPS. Natomiast przyjęta cezura czasowa posłużyła również do zdeterminowania etapów rozwojowych lotniczej sieci permanentnych stacji DGPS:

a) etap podstawowy - aktualny, czyli wykorzystywanie już istniejącej techniki komputerowo – satelitarnej do praktycznego szkolenia specjalistycznego w zakresie prowadzenia akcji poszukiwawczo – ratowniczych, niesienia pomocy podczas walki z klęskami żywiołowymi;
b) etap modernizacyjny – przejściowy (2004 – 2008), tworzenie określonych połączeń polskiego systemu, a tym samym stworzenie infrastruktury umożliwiającej wykorzystywanie techniki komputerowo – satelitarnej. W trakcie realizacji tego etapu należy dokonać wymiany środków naziemnych radiotechnicznych, którym i tak kończą się ustalone doświadczalnie i teoretycznie okresy pracy. Ponadto konieczne jest dokonanie rozbudowy organizacyjno - funkcjonalnej polskiego systemu zintegrowanego, uwzględniając jego współpracę z Geograficznym Systemem Informacji (GIS). W tym etapie wyróżnić można następujące fazy: opracowanie projektu wstępnego wraz z modelami laboratoryjnymi, opracowanie projektu technicznego (dokumentacji konstrukcyjnej i eksploatacyjnej) oraz prototypów i poddanie ich badaniom wstępnym, przeprowadzenie badań kwalifikacyjnych, wprowadzenie zaleconych przez komisję poprawek konstrukcyjnych i dokumentacyjnych, prowadzenie przez okres minimum dwóch lat eksploatacji nadzorowanej.

Wprowadzanie koncepcji systemu stacji permanentnych RTK DGPS powinno być realizowane zgodnie z fazami przedstawionymi powyżej a prototypy urządzeń powinny przejść dwa rodzaje badań: wstępne (laboratoryjne i kompleksowe), kwalifikacyjne. Natomiast zakończenie etapu wprowadzania koncepcji systemu stacji permanentnych RTK DGPS nastąpi po uwzględnieniu poprawek konstrukcyjno – dokumentacyjnych wynikających z przeprowadzonych badań i w efekcie końcowym doprowadzi do etapu ostatecznego – finalnego (2006-2010), w którym możliwe jest pełne wykorzystywanie techniki satelitarnej. Podstawowym elementem w strukturze polskiego systemu RTK DGPS jest Centrum Kontroli i Meldowania (CKM), w którym dokonywane jest opracowywanie, zobrazowanie i przekazywanie uzyskanych danych śledzenia wieloradarowego, wykorzystywane nakładanie obrazów w celu dokonania superpozycji raportów z dostępnych sensorów związanych z danym obiektem, poddawanie korelacji i fuzji, w celu uzyskania jednego zbiorczego obrazu w oparciu o dane nadchodzące z innych ośrodków. Należy zaznaczyć, że oprogramowanie polskiego systemu zintegrowanego winno być zgodne ze standardami NATO dotyczącymi zasad tworzenia opro-

gramowania oraz dokumentami Departamentu Obrony USA DoD 2167 - AAQAP13 i innymi. Ponadto celowe jest podkreślenie, że aplikacyjny software powinien być podzielony na osiem zasadniczych oprogramowań: łączących i realizujące łączność, zarządzających systemem i danymi, zapewniających wizualizację określonych parametrów w zależności od potrzeb użytkownika, wytwarzających obrazy sytuacji powietrznej, kontrolujących ruch statków powietrznych w polskiej przestrzeni powietrznej, wspomagających kierowanie zadaniami bojowymi, planowaniem misji, treningowymi - umożliwiającymi w oparciu o metodę symulacji komputerowo - satelitarnej, sprawdzanie przyjętych założeń, rozwiązań oraz stopnia gotowości państwa zarówno do obrony swoich granic, jak i prowadzenia działań związanych z klęskami żywiołowymi.

Prezentowana koncepcja była prezentowana podczas omawiania zautomatyzowanych systemów w Kwaterze Głównej NATO w Brukseli, ale jej realizacja zależy od wielu różnorodnych czynników – w tym ekonomicznych. Jednak udało się wyodrębnić trzy podstawowe drogi wprowadzania różnicowej techniki satelitarnej do polskiego lotnictwa i zarządzania przestrzenią powietrzną:

a) zakup licencji i dokonywanie opłat rocznego abonamentu za każdy odbiornik w istniejących systemach np. STARFIX;
b) wykorzystanie przekazu sygnałów budowanego systemu GNSS 1;
c) opracowanie założeń krajowego, lotniczego systemu, współpracującego z innymi, stanowiącego część sieci ogólnoświatowej.

Pierwsze rozwiązanie (a) posiada podstawową zaletę – jest aktualnie dostępne a poprawianie parametrów na obszarze naszego kraju, wymaga umieszczenia jednej stacji referencyjnej. Odpowiednia propozycja współpracy została zgłoszona do FUGRO przez centralę europejską, znajdującą się w Oslo. Projekt ten zakładał utworzenie w Warszawie stacji referencyjnej, która pracowałaby permanentnie, dostarczając danych do wyznaczania poprawek różnicowych GPS dla obszaru naszego kraju. Następnie dane te winny być dostarczane do Oslo i uwzględniane przy wyznaczaniu transmitowanych przez satelitę poprawek różnicowych. Niestety takie rozwiązanie posiada szereg wad, do których należą: całkowite uzależnienie się od partnera zagranicznego, w sensie technicznym i decyzyjnym, stałe opłaty ograniczające możliwość powszechnego wykorzystania systemu (abonament roczny za jeden komplet odbiorczy ma wynosić około 16 000 koron norweskich), brak gwarancji użytkowania systemu w sytuacjach konfliktowych, pełna kontrola ze strony firmy zagranicznej, dotycząca ilości wykorzystywanych urządzeń, użytkowników i szereg innych, brak możliwości kontroli wiarygodności systemu, brak możliwości wykorzystania systemu do precyzyjnego lądowania, możliwość wyko-

rzystywania wyłącznie informacji zawartej w standardzie RTCM SC – 104, ograniczenie wykorzystania poprawek w obszarach górskich oraz miastach o wysokiej zabudowie, gdyż satelita znajduje się nad równikiem, konieczność instalowania anten kierunkowych, co powoduje ograniczone możliwości stosowania na śmigłowcach, samolotach lekkich, wojskowych statkach powietrznych.

Po uwzględnieniu zalet i wad poszczególnych dróg wprowadzających technikę satelitarną do polskiego lotnictwa oraz szereg międzynarodowych i technicznych uwarunkowań, okazało się, że optymalnym rozwiązaniem będzie opracowanie jednak krajowego systemu RTK DGPS, który powinien być ogólnie dostępnym systemem cywilno – wojskowym, zgodnym z koncepcją elastycznego użytkowania przestrzeni powietrznej – FUA, przyjętą jako standard europejski.

Proponowany, zautomatyzowany system lotniczy RTK DGPS realizuje układ C^3I (Command, Control, Communications, Inteligence - kontrola, dowodzenie, komunikacja, wywiad-rozpoznanie). Konieczne jest podkreślenie, że układ C^3I w polskim systemie odnosi się do zbioru funkcji dotyczących gromadzenia, opracowywania i rozpowszechniania informacji, niezbędnych do poprawnego funkcjonowania lotnictwa. Stąd też wymagane jest, aby polski system RTK DGPS składał się z różnych typów połączonych ze sobą stałych i mobilnych centrów operacyjnych (CKM – ASOC), równomiernie pokrywających terytorium naszego państwa. Ogólny schemat strukturalny polskiego lotniczego systemu RTK DGPS prezentuje rys. 69. Wynika z niego, że tak zorganizowana sieć winna realizować zasadnicze funkcje:

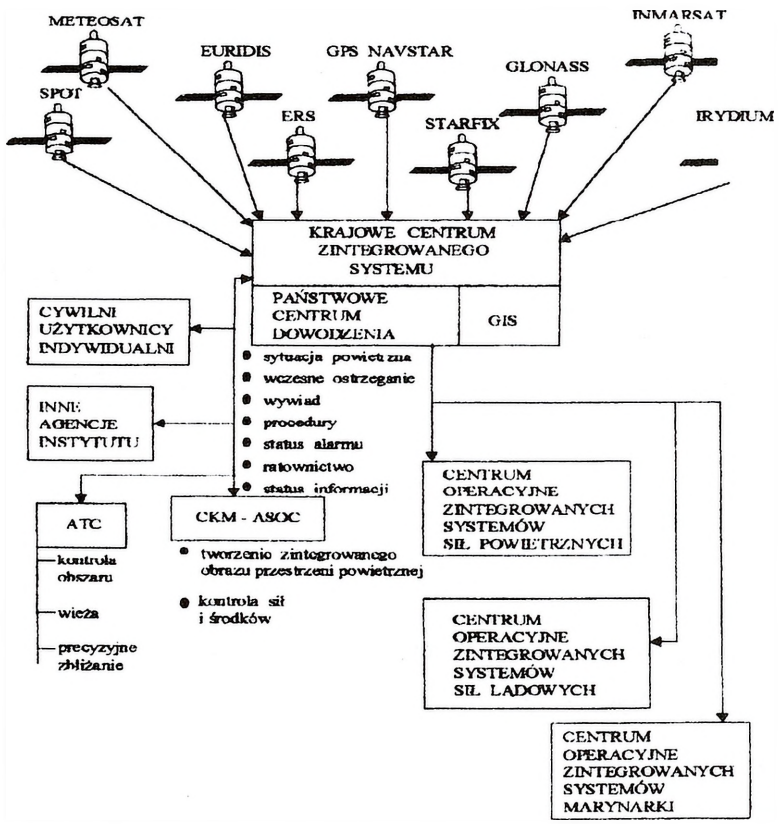
a) detekcję i identyfikację wszystkich typów statków powietrznych przemieszczających się w polskiej przestrzeni powietrznej i w pobliżu granic naszego kraju. W przyszłości dzięki technice satelitarnej możliwe będzie również prowadzenie kontroli i określanie parametrów wszystkich obiektów przemieszczających się w polskiej przestrzeni;
b) ocenę stopnia zagrożenia oraz ogłaszanie alarmów w przypadku klęsk żywiołowych i podwyższanie stanów gotowości bojowej dla sił zbrojnych i obrony cywilnej;
c) wybór odpowiedniego uzbrojenia i przydział zadań bojowych, wykonywanie przechwyceń celów powietrznych wraz z ich automatycznym śledzeniem i naprowadzaniem;
d) zarządzanie siłami i środkami w zależności od szczebla;
e) kierowanie wykonywaniem różnorodnych zadań;
f) zarządzanie przestrzenią powietrzną;
g) koordynację z cywilnymi systemami kontroli lotów innych państw;
h) prowadzenie treningów i ćwiczeń, planowanie misji, wykonywanie lotów w oparciu o metodę symulacji komputerowo- satelitarnej;

i) inne w zależności od potrzeb użytkowników.

Uwzględniając schemat funkcjonalny polskiego lotniczego systemu RTK DGPS, zasadne jest przedstawienie zasady pracy tego systemu, którego podstawowym elementem strukturalnym jest Centrum Kontroli i Meldowania (CKM), w którym dokonywane jest opracowywanie, zobrazowanie i przekazywanie uzyskanych danych. Podkreślić należy, że w chwili obecnej dzięki staraniom autora jest już tworzony pierwszy w Polsce taki posterunek pod nazwą ASOC, którego nazwa przyjęta została według nomenklatury NATO, a oznacza centrum wspomagania operacji powietrznych. Tworzenie zintegrowanego obrazu przestrzeni powietrznej oraz kontrola sił i środków tam przemieszczających się przewidywane jest w dwustopniowym procesie:

a) efektywnego układu śledzenia wieloradarowego, gdzie wykorzystywać należy nakładające się obrazy w celu dokonania superpozycji raportów wszystkich sensorów związanych z danym statkiem powietrznym, obiektem;

b) poddawanie korelacji i fuzji, w celu uzyskania jednego zbiorczego obrazu w oparciu o dane nadchodzące z innych ośrodków.



Rys. 69. Schemat polskiego lotniczego systemu RTK DGPS

Opracowany obraz sytuacji w przestrzeni powietrznej, a w przyszłości lądowo – morsko - powietrznej, powinien być następnie rozprowadzony do poszczególnych użytkowników, łącznie z „Krajowym Centrum Operacyjnym Zintegrowanego Systemu", gdzie powinna być dokonana dogłębna synteza całościowego obrazu terytorium Polski i analiza. Uwzględniając natomiast względy bezpieczeństwa państwa, w celu zwiększenia manewrowości, dyspozycyjności zakłada się, że CKM powinno również występować w wariancie mobilnym. Realizowanie przedstawionych powyżej funkcji musi być oparte o sprawną łączność. Stąd też pod względem strukturalnym łączność w polskim systemie zintegrowanym powinna być podzielona na dwie zasadnicze grupy:

a) zewnętrzną, opartą na:

- połączeniach typu „ziemia -powietrze" w zakresie pasm UHF, VHF, z automatycznym przydziałem częstotliwości, chronionymi łączami danych za pomocą interceptorów;
- sieciach naziemnych obejmujących sieć z komutacją pakietów, łącza dzierżawione organizacji telekomunikacyjnych, łącza wydzielone, łącza bezpośrednie między stacjami, łącza satelitarne np. INMARSAT, IRYDIUM i inne.

Wskazane jest, aby przedstawione powyżej łącza umożliwiały przesyłanie danych zgodnie ze standardami NATO i EUROCONTROL.

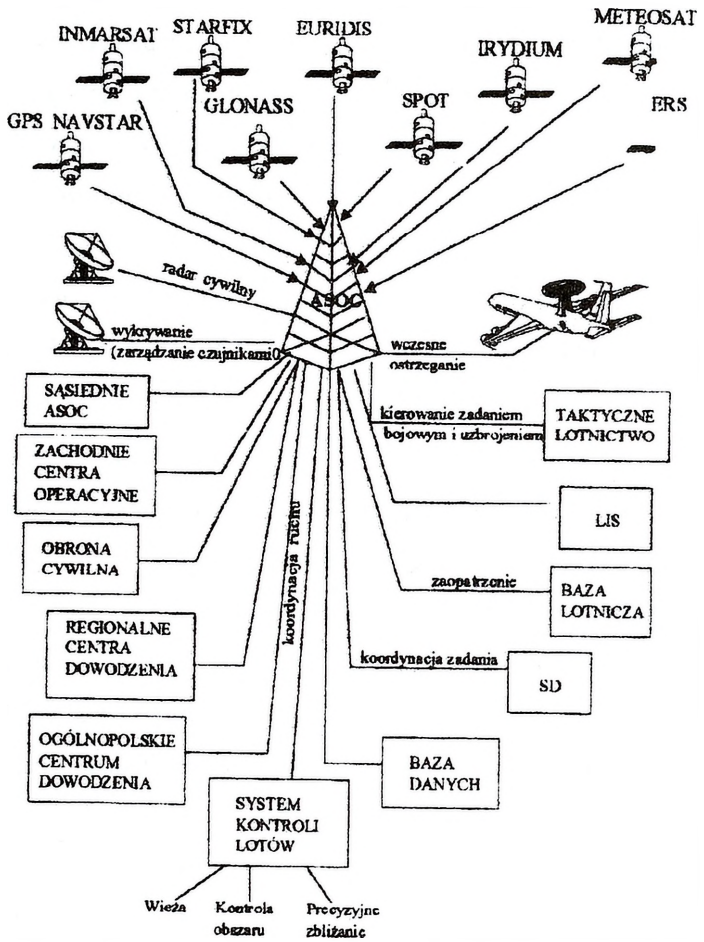
b) wewnętrzną, opartą na komutacji mowy i danych, lokalnych sieciach obszarowych, pętli systemowej np. intercom, systemie adresu publicznego.

Kolejnymi elementami polskiego obronnego systemu zintegrowanego wymagającymi szerszego zaprezentowania są urządzenia i oprogramowanie, przy czym uzasadnione wydaje się stwierdzenie, że te elementy powinny być w maksymalnym stopniu oparte na wyrobach istniejących oraz na standardach cywilnych. Urządzenia, w które będzie wyposażone Centrum Kontroli i Meldowania powinny współpracować z lokalną siecią obszarową, do której podłączona powinna być pewna liczba podsystemów:

- jednostki sterującej łącznością;
- monitorowania i kontroli technicznej;
- zobrazowania;
- przetwarzania danych, rozprowadzanych w systemie, który obejmuje:

- planowanie i wyznaczanie zadań bojowych;
- kierowanie operacjami powietrznymi;
- kontrolę obszaru kraju.

Natomiast schemat połączeń Centrum Kontroli i Meldowania oraz przepływ danych prezentuje rys. 70. Oprogramowanie polskiego systemu zintegrowanego winno charakteryzować się architekturą warstwową o dużej modułowości oraz autonomicznością. Możliwe to jest o ile zostaną zastosowane aplikacyjne połączenia w postaci oprogramowania: podstawowego, pomocniczego, aplikacyjnego.



Rys. 70. Schemat połączeń i obiegu informacji na szczeblu CKM – ASOC

Należy zaznaczyć, że oprogramowanie polskiego systemu zintegrowanego winno być zgodne ze standardami NATO dotyczącymi zasad tworzenia oprogramowania oraz dokumentami Departamentu Obrony USA DoD 2167 - AAQAP13 i innymi. Ponadto celowe jest podkreślenie, że aplikacyjny software winien być podzielony na osiem zasadniczych oprogramowań: łączących i realizujące łączność, zarządzających systemem i danymi, zapewniających wizualizację określonych parametrów w zależności od potrzeb użytkownika, wytwarzających obrazy sytuacji powietrznej, kontrolujących ruch statków powietrznych w polskiej przestrzeni powietrznej, wspomagających kierowanie zadaniami bojowymi, planowaniem misji, trenin-

gowymi - umożliwiającymi w oparciu o metodę symulacji komputerowo - satelitarnej, sprawdzanie przyjętych założeń, rozwiązań oraz stopnia gotowości państwa zarówno do obrony swoich granic, jak i prowadzenia działań związanych z klęskami żywiołowymi.

Należy zaznaczyć, że polski system zintegrowany przeznaczony jest do funkcjonowania zarówno w warunkach pokojowych (kontrola przestrzeni powietrznej, kierowanie ruchem lotniczym, akcje poszukiwawczo - ratunkowe, szkolenie wojsk w zakresie prowadzenia działań bojowych i szereg innych), jak i w przypadku zagrożenia bezpieczeństwa państwa. Ponadto założenia polskiego systemu zintegrowanego zostały przekonsultowane podczas roboczego zebrania nawigatorskiego w Głównej Kwaterze NATO w Brukseli w dniu 6.03.1997 roku w ramach „Partnership and Peace" (A. Fellner, Results of testing the GPS navigation equipment in Polish Air Forces, NATO PfP, Brussels 1997 oraz A. Fellner, The spheres of GLONASS and GPS satellite radio navigational systems utilization in national economy, NATO PfP, Brussels 1997), pod kątem realizowanego tam:" NATO GPS PROJECT". Zastosowana przez autora metoda ekspertów, pozwoliła ustalić czy planowany polski system zintegrowany jest kompatybilny z realizowanym przez ten sojusz powyższym programem naukowo – badawczo - wdrożeniowym. Okazało się, że wzbudził on zainteresowanie i uznanie w tamtym środowisku (A. Fellner, A Project on Real Time - Kinematic DGPS in Poland, NATO C3 Board with Partners Navigation Sub-Committee, HATO HQ - Brussels 6 March 1998). Opinie swoje wyrazili przedstawiciele Komitetu Kierowniczego NATO znajdujący się w grupie NATO DPM, która planuje, kontroluje i koordynuje realizację „NATO GPS PROJECT". Polski system zintegrowany umożliwia także współuczestniczenie naszego kraju w następujących już realizowanych przedsięwzięciach:

a) wykonywanie projektów według STANAG 4294 (Standarization Agreement), które to normy definiują sygnał satelitarny, format przesyłanych depesz do użytkowników oraz dokładność systemu;
b) wykonywanie ogólnie dostępnych dokumentacji dotyczących użytkowania systemów satelitarnych;
c) prowadzenia studiów i prób oszacowywania wpływu efektu jonosferycznego na sygnał satelitarny w szerokościach geograficznych arktycznych (Norwegia);
d) prowadzenie różnorodnych testów w zakresie możliwości zakłócania sygnałów satelitarnych i przeciwdziałaniu tym niekorzystnym zjawiskom (Wielka Brytania);
e) prowadzenie testów w zakresie interferencji elektromagnetycznej i kompatybilności wzajemnej systemów satelitarnych (Niemcy).

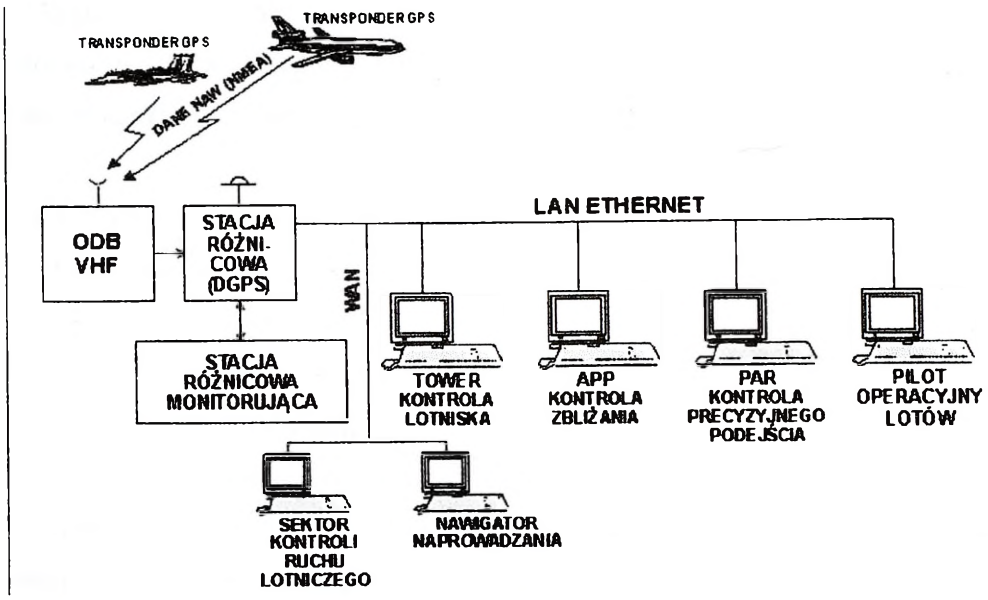
Polski system zintegrowany spełnia również wymagania przyszłościowego „Sytemu Dowodzenia i Kierowania Obroną Powietrzną" - ACCS (Air Command and Control System) NATO, jest kompatybilny ze zmodernizowaną wersją francuskiego systemu „ STRIDA II". Należy zaznaczyć, że w państwach członkowskich NATO funkcjonują systemy, które powstały na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych: NADGE (Włochy, Belgia, Holandia), GEADGE (Niemcy), UKADGE (Wielka Brytania), IADS (Islandia), POACCS (Portugalia). Natomiast w chwili obecnej jest już zdefiniowany przez NATO „ Program ACCS", a warunki techniczne tego systemu są w końcowej fazie opracowywania. Uruchomienie pierwszych centrów operacyjnych ACCS przewidywane było w 1999 roku.

Zalążkiem powstającego lotniczego systemu RTK DGPS ma być para stacji Dęblin, Józefosław, już funkcjonujące w sieci międzynarodowej stacje w Borowcu, Lamkówku oraz tworzony system morski, nadający w paśmie około 300 kHz - dwie stacje permanentne w Dziwnowie i Rozewiu. W dalszej kolejności planowane jest umieszczenie stacji referencyjnych w: Słupsku, Goleniowie, Koszalinie, Zielonej Górze, Wrocławiu, Katowicach, Krakowie, Rzeszowie, Mielcu, Lublinie, Radomiu, Łodzi, Modlinie, Mińsku Mazowieckim, Szymanach, Malborku, Bydgoszczy, Pile. Przeprowadzone badania dowiodły, że w celu zapewnienia procesu lądowania, każde lotnisko powinno być wyposażone w stację referencyjną. Natomiast zobowiązania międzynarodowe Polski w zakresie prowadzenia akcji poszukiwawczo - ratowniczych, nakazują przesunąć w przybliżeniu o 100 km poza granice naszego kraju obszar funkcjonowania całego systemu stacji permanentnych referencyjnych RTK DGPS. Jest to obszar, z którego wymagane są informacje dotyczące położenia obiektów w przestrzeni w czasie prowadzenia akcji ratowniczych, a jednocześnie istnieje możliwość uzyskiwania danych dotyczących obiektów pojawiających się w pobliżu naszych granic, w przypadku ewentualnego konfliktu militarnego. W miarę rozwoju systemu, cały kraj powinien być pokryty siecią stacji referencyjnych, które należy rozmieszczać w promieniu 50 km.

Uzyskane wyniki z przeprowadzonych badań pozwoliły zaproponować zastosowania GPS również jako źródła informacji o przemieszczających się statkach powietrznych. Informacje te powinny być wykorzystywane przez ośrodek kontroli ruchu lotniczego, sprawujący kontrolę w przydzielonych strefach odpowiedzialności. Założenie, że system GPS stanowi źródło informacji o przemieszczających się statkach powietrznych przyjęte zostało wraz z faktem, że nastąpi równoczesna prezentacja tej informacji na ekranie kontrolerów ruchu lotniczego. Pozostałe elementy systemu, takie jak sposoby transmisji i techniczny aspekt zobrazowania danych powinny zostać zaadaptowane ze znanych rozwiązań światowych. W związku z potrzebami efektywniejszej kontroli lotów na poligonach, czy doraźnie organizowanych lą-

dowiskach przewiduje się oprócz stacjonarnej (rys. 71), mobilną wersję proponowanego systemu (rys. 72). Proponowany system składa się z trzech podstawowych podsystemów:

- pozycjonowania – pokładowych odbiorników GPS;
- transmisji danych – łącze VHF lub UKF;
- zobrazowania danych.

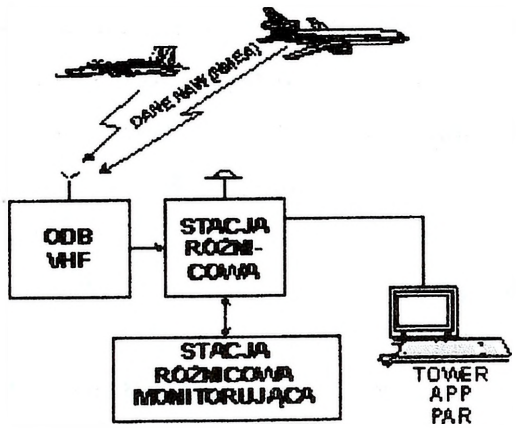


Rys. 71. Wersja stacjonarna zautomatyzowanego systemu RTK DGPS

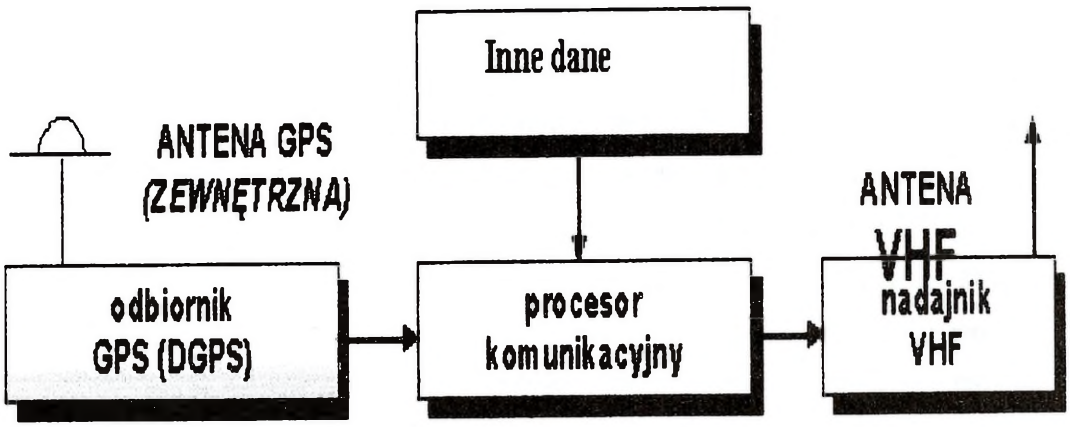
Oczywiste jest, że pierwsze dwa komponenty będą uniwersalne, co oznacza, że będą kompatybilne dla obydwu wersji systemu – stacjonarnej oraz mobilnej. Natomiast część naziemna będzie różna w obydwu przypadkach. Odmiana stacjonarna będzie rozbudowana, gdyż każdy z kontrolerów ruchu lotniczego – TWR, APP, PAR będzie wyposażony w oddzielny wskaźnik typowy dla spełnianych przez niego funkcji. Dodatkowymi elementami oprócz monitorów będą elementy sieciowe. Proponuje się zastosowanie sieci LAN typu ETHERNET. Ponadto przewiduje się transmisję sytuacji powietrznej do Pilota Operacyjnego Lotów, jako osoby kierującej organizacja lotów na etapie ich realizacji oraz nadrzędnej komórki kontroli ruchu lotniczego. Natomiast w wersji mobilnej przewiduje się jeden wskaźnik, na którym w zależności od potrzeb – kontroler poligonu lub instruktor pilot na lądowisku będzie miał możliwość wyboru zobrazowania sytuacji powietrznej.

Podsystem pokładowy składa się z odbiornika GPS wraz z anteną zewnętrzną, procesora komunikacyjnego oraz nadajnika VHF (rys. 73). Zaleca się, aby procesor komunikacyjny akceptował sygnały z dodatkowych sensorów, co pozwoliłoby przesyłać do ośrodka kontroli dodatkowe informacje, jak: sygnalizację wypuszczenia podwozia, pozostałości paliwa oraz

sytuacje awaryjne na pokładzie, itp. Proponuje się kilka opcji stosowanych odbiorników GPS. W opcji podstawowej zaleca się użycie wyspecjalizowanego urządzenia, zawierającego odbiornik GPS razem z procesorem komunikacyjnym i nadajnikiem w jednej obudowie, stanowiące komponent pokładowy proponowanego systemu.



Rys. 72. System kontroli ruchu lotniczego RTK GPS (wersja mobilna)



Rys. 73. Podsystem pokładowy

Zaleca się stosowanie odbiorników pracujących trybie autonomicznym, w oparciu o pomiar kodu. Ponadto odbiornik powinien mieć możliwość transferu danych przez procesor komunikacyjny do nadajnika. Transmitowane dane powinny zawierać co najmniej informację o pozycji, prędkości i wysokości lotu oraz numery satelitów wykorzystywane w określaniu pozycji. W tym celu proponuje się wykorzystać format NMEA 1803. Format ten zawiera podstawowe dane konieczne dla zobrazowania sytuacji powietrznej wykorzystywanej w kontroli ruchu lotniczego. W transmitowanej informacji powinny być również zawarte dane identyfikacyjne pilota i/lub statku powietrznego. W celu poprawy parametrów eksploatacyjnych, uzyskanych metodą pomiarów w trybie autonomicznym, koniecznej w niektórych aplikacjach

zaleca się zastosowanie odmiany różnicowej metody kodowej opisanej w literaturze oraz w rozdziale drugim rozprawy, polegającej na transmisji rozwiązania nawigacyjnego, uzyskanego w odbiorniku pokładowym do stacji bazowej. Stacja bazowa, wykonując ciągłe obserwacje kodowe na znanym punkcie (o znanych współrzędnych), dokonuje w sposób ciągły wyznaczania swojej pozycji, stosując również rozwiązanie nawigacyjne. Następnie oblicza poprawkę do tego rozwiązania, uwzględniając różnicę wyniku otrzymanego z obserwacji i znanych współrzędnych. W klasycznej różnicowej metodzie kodowej poprawka ta jest transmitowana do odbiornika GPS, który koryguje swoje rozwiązanie o uzyskaną poprawkę. W przedstawianej metodzie stacja bazowa mając rozwiązanie nawigacyjne otrzymane z odbiornika pokładowego, dokonuje korekty tego rozwiązania poprzez uwzględnienie wcześniej obliczonej poprawki, następnie przesyła sformatowaną informację łączem przewodowym bezpośrednio do komputera zobrazowania sytuacji powietrznej. Istnieje możliwość zwiększenia liczebności potencjalnych użytkowników o tych, którzy nie posiadają odbiorników różnicowych (brak konieczności przesyłania poprawek w relacji stacja – odbiornik pokładowy). Oznacza to, że kontroler otrzymywałby dane o pożądanych parametrach bez względu na klasę odbiornika pokładowego GPS. Natomiast z aktualnie dostępnych technik transmisji danych, zalecane jest wybranie cyfrowe łącze VHF (VHF Data Link). Alternatywą może być łącze transmisji danych z wykorzystaniem modu S, chociaż nie jest ono jednak zalecane ze względu na wysokie koszty. Transmisja informacji odbywa się za pomocą łącza radiowego VHF z użyciem techniki STDMA. Dla cyfrowych łącz VHF przeznaczono zakres 136 900 do 136 975 MHz. Każdy transponder wysyła z określoną częstotliwością (1 do 60 sekund) swój raport pozycyjny, który jest odbierany przez pozostałe transpondery, będące w zasięgu fal VHF. Oprócz informacji o pozycji może być transmitowana poprawka różnicowa ze stacji referencyjnej, dane identyfikacyjne, różne ostrzeżenia oraz inne wiadomości tekstowe służące do wymiany informacji między transponderami. Meldunki są formowane w tzw. „time slots", dzielone przez mikroprocesor transpondera. Minuta stanowi ekwiwalent jednej ramki podzielonej na sloty czasowe. Pojemność łącza (ilość slotów na minutę) zależy od przyjętej separacji i prędkości transmisji. Przy separacji międzykanałowej 25 kHz i prędkości 9600 BPS można zmieścić 2250 trzydziestodwubitowych slotów. Transmisja danych jest kontrolowana przez komputer, który do synchronizacji czasu wykorzystuje zegar GPS. Umożliwia to sekwencyjne nadawanie lub odbiór protokołów informacji w jednym kanale radiowym, wzajemnie sobie nie przeszkadzając.

Ważnym elementem jest mikroprocesor pokładowy, który składa się z następujących elementów: procesora głównego, procesora komunikacyjnego, pamięci operacyjnej – HDLC

(High Level Data Link Control), EPROM i EEPROM. Jego zadaniem jest przygotowanie pakietów informacji do wyemitowania przez nadajnik radiowy VHF, na podstawie informacji uzyskanych głównie z odbiornika GPS oraz innych źródeł zewnętrznych. Przepływ informacji pomiędzy transponderem a urządzeniami zewnętrznymi odbywa się z wykorzystaniem formatu ASC II. Zestaw nadawczo-odbiorczy VHF, zawierający demodulator (GMSK), jest przeznaczony do emisji (jak wyżej) i odbioru informacji z innych transponderów, zarówno pokładowych jak i naziemnych. Port komunikacyjny transpondera jest standardowym portem RS 232. Oprogramowanie składa się z systemu operacyjnego działającego w czasie rzeczywistym, usytuowanego w EPROM. System operacyjny spełnia sześć podstawowych funkcji:

Interface – program ten zajmuje się czytaniem i dekodowaniem danych z zewnętrznych urządzeń podłączonych do portu komunikacyjnego;

GPS date – program ten odczytuje i dekoduje dane z odbiornika GPS;

Radio out – kontroluje segment radiowy oraz zajmuje się generowaniem i transmisją informacji przez łącze radiowe;

Radio in – zajmuje się odczytywaniem i dekodowaniem wiadomości dostarczonych przez segment radiowy;

Radio traffic tables – generuje i sortuje tabele zawierające wiadomości o ruchu;

Parameters – odczytuje parametry zgromadzone w pamięci EEPROM. Parametry zawierają ustawienia trybu operacyjnego, dane identyfikacyjne transpondera i uaktualnioną prędkość transferu.

Wiadomości są formatowane zgodnie z protokołem HDLC (ISO 3309). Wiadomość jest zwykle 32 - bitowa, dlatego może być wysłana w jednym slocie. Zawiera ona standardowo 20 - bitowy blok danych. Pojedynczy pakiet informacyjny składa się z następujących elementów:

Training Sequence – przeznaczony do synchronizacji odbiornika radiowego w transponderze oraz steruje czasem startu nadajnika, zajmuje rozmiar 5 bytów;

Start Flag – składa się z 8 - bitowego znacznika HDLC oraz standardowego 8 - bitowego adresu;

Data – blok danych zawiera informacje użyteczne. Pierwszy bit jest numerem typu informacji. Dla dłuższych wiadomości można zwiększyć blok danych przez dodanie następnych slotów (dodanie slotu zwiększa pojemność do 52 bitów);

Checksum – przeznaczony do wykrywania błędnych informacji;

End Flag – składa się z 8 - bitowego znacznika HDLC (01111110);

Buffering – jest to 2 - bitowa przerwa w celu zastosowania poprawy jakości transmisji.

W celu rozróżnienia, każda wiadomość zawiera swój numer zgodnie z tabelą typowych

wiadomości. Wiadomości są pogrupowane według sposobów pracy transpondera. Wiadomościom pochodzącym z transponderów pokładowych pracujących metodą autonomiczną przydzielono numery od 1 do 63 (tab. 1.9) i od 64 do 127 dla transponderów pracujących metodą kontrolowaną. Natomiast dla stacji bazowych przydzielono wiadomości typu od 128 do 255. Transmisja wiadomości ze statków powietrznych może być inicjowana zarówno przez oprogramowanie transpondera, jak i urządzenia zewnętrzne podłączone do portu komunikacyjnego. Mogą pojawić się oznaczenia:

TYPE –typ wiadomości ,występuje jako pierwszy bit informacji.

Description – nazwa wiadomości.

Syntax – parametry, które zawiera blok danych.

Total length – długość bloku danych w bitach.

Ref – miejsce szczegółowego opisu danych.

Innym, ważnym parametrem jest zasięg działania. W związku z zastosowaniem fal VHF jako medium, zasięg jest typowy dla tego typu fal, ograniczony horyzontem widzenia fal i kształtuje się w zależności od wysokości lotu obiektu i wysokości masztu antenowego (50–350 km). Budując sieć stacji retranslacyjnych, można utworzyć żądane pokrycie i tym samym odbiór informacji w każdym punkcie nad określonym obszarem, co między innymi jest przedmiotem badań wielu projektów (NEAN, NEAP).

Można rozpatrywać kilka wariantów zobrazowania informacji pochodzących z różnych źródeł (np. pokładowych odbiorników systemu GPS oraz systemów radiolokacyjnych). Jako wariant podstawowy, przewiduje się zobrazowanie na ekranie informacji z odbiornika GPS. Rozważa się zastosowanie innych wariantów, jak zobrazowanie na jednym ekranie sytuacji powietrznej, uzyskanej z sytemu GPS i ze stacji radiolokacyjnych z opcją wyboru każdego ze źródeł. Należy zaznaczyć, że na lotniskach, lądowiskach nie wyposażonych w stacje radiolokacyjne potencjalne zastosowanie miałby system kontroli ruchu, oparty na systemie GPS. Dla podstawowej wersji stacji naziemnej przewiduje się następujące elementy składowe: lotniczy odbiornik radiowy zakresu VHF, stację różnicowa GPS, stację różnicową monitorująca działanie stacji zasadniczej (integrity monitoring), komputer z odpowiednim oprogramowaniem, monitor zobrazowania sytuacji powietrznej. Jako łącze transmisji danych zaleca się zastosowanie standardowego odbiornika lotniczym VHF/UHV, spełniającego normy RTCA. Nie przewiduje się natomiast specjalnych wymagań dla stacji różnicowej – powinna pracować w oparciu o pomiar kodu oraz obsługiwać format NMEA 0183.

Właściwa prezentacja danych jest niezwykle istotną kwestią w proponowanym systemie i bezpośrednio wpływa na ocenę całości proponowanych rozwiązań. Często brak niektórych

danych lub ich wyrażenie w nieodpowiedni sposób może wpływać ujemnie na bezpieczeństwo ruchu lotniczego. Z kolei użycie mapy numerycznej jako podkładu na wskaźniku wymaga rozważenia, co do jej rodzaju. Rozpatrując dwa podstawowe rodzaje map numerycznych – rastrowa i wektorowa, należy wskazać wady i zalety każdej z nich w aspekcie ich przydatności w zobrazowaniu sytuacji powietrznej. Obraz rastrowy składa się z małych części (pikseli). Każdy piksel posiada określone atrybuty – współrzędne i barwę. Mapę rastrową możemy otrzymać po skanowaniu zwykłej mapy „papierowej". Dany obiekt powstaje dzięki przyjęciu przez wydzieloną grupę pikseli koloru innego niż kolor sąsiednich. Oznacza to, że aby usunąć jakiś obiekt, trzeba wskazać wszystkie piksele jego tworzące. Natomiast obraz wektorowy składa się z pojedynczych wektorów. Każdy z nich ma określone współrzędne swego końca i porządku. Ponadto, wektory mogą być grupowane w poszczególne obiekty, osadzane na poszczególnych warstwach, które mogą być widoczne lub niewidoczne. Operowanie na obrazie wektorowym jest bardzo wygodne, a podział obrazu na warstwy pozwala wydobyć z niego informacje najistotniejsze w danej chwili dla kontrolera ruchu lotniczego, uwypuklić je, pomijając nieistotne szczegóły. W związku z powyższym na każdej warstwie tematycznej można umieścić odpowiednie informacje. Użytkownik ma możliwość operowania poszczególnymi warstwami, może decydować, które warstwy są pożądane w danej chwili. Dzięki wymienionym zaletom mapy wektorowej zaleca się jej użycie jako tła obrazu sytuacji powietrznej na wskaźnikach kontrolerów w proponowanym systemie. Popularnymi systemami oprogramowania do obróbki obrazów wektorowych są między innymi: ARC/INFO, MAPINFO, AUTOCAD, INTERGRAPH. Jednak podstawowym kryterium zróżnicowania zobrazowania jest przeznaczenie prezentowanej informacji. Oznacza to, że zarówno dane, jak i sposób ich prezentacji powinny być przyporządkowane kontrolerowi, w zależności od rodzaju przydzielonej przestrzeni oraz rodzaju operacji lotniczych w niej wykonywanych.

WYKAZ LITERATURY WYKORZYSTANEJ

1. A Project on Real Time - Kinematic DGPS in Poland, NATO C3 Board with Partners Navigation Sub - Committee, NATO HQ, Brussels, 6 March 1998;
2. A Technical Raport to the Secretary of Transportation an a National Approach to Augmented GPS Service, US Department of Commerce, NTJA Special Publications 30, December 1994;
3. ACAS brochure, ACASA/WP6.1/015, Version 2.0, May 2000.
4. Aeronautical Information Manual. Official Guide to Basic Flight Information and

ATC Procedures, www.fa.a.gov/ATPubs/AIM.

5. AIP Polska. Warszawa 12 sierpnia 1999.
6. Air Sovereignty, Air Defense, and C^4I Capabilities for Poland, Loockheed Martin Proprietary Information, 6 May 1998 Minnesota;
7. Air Traffic Control Training Manual, Section 4 Radar Theory, Civil Aviation Authority, London, November 1981.
8. AMP – www.amp.com
9. Annex 10 ICAO – Aeronautical Telecommunications – Volume IV – „Surveillance Radar and Collision Avoidance Systems";
10. Annex 2 ICAO – Rules of the Air;
11. Annex 6 ICAO – Parts I, II i III;
12. Arnold K., Gosling J.: „Java™", WNT, Warszawa 1999.
13. Atkinson L.: „PHP 3", Helion, Gliwice 2000.
14. ATS Planning Manual ICAO Doc.9426;
15. Automatyzacja procesu pozyskiwania danych i tworzenie mapy cyfrowej, Konferencja Naukowo – Techniczna, Olsztyn – Kikity 11 – 12.03.1994;
16. Aviation Week and Space Technology, Volume118, 1993 nr 4;
17. Baran W., Teoretyczne podstawy opracowania wyników pomiarów geodezyjnych, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1983;
18. Barański L., Dane teledetekcyjne z satelitów meteorologicznych dla potrzeb mezometeorologii i ochrony środowiska, Przegląd Geograficzny 1985 Zeszyt 1;
19. Barlik M., Wstęp do teorii figury Ziemi, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej 1995;
20. BEM D., J.: Anteny i rozchodzenie się fal radiowych, Warszawa 1973, WNT.
21. Betlinski G., Kołodzinski E., Matela J.: Koncepcja komputerowego wspomagania zarządzania terenową jednostką administracji. Materiały XI Konferencji Naukowo – Technicznej PTIP, Warszawa 2001
22. Beukers J.: Enhancing GNSS With Eurofix, Beukers Technologies, August 30, 1999.
23. BoiswerT R.: Issues Regarding the use of STDMA for ADS-B, Massachusetts Institute of Technology Lincoln 1996.
24. Bordon W., Fellner A., Ligęza S.: System GPS NAVSTAR. Budowa, możliwości i wykorzystanie, Poznań 1998, DWLOP.
25. Breyer R., Riley S. – Switched, Fast i Gigabit Ethernet, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2000

26. Calder B., Shannon B.: „JavaBeans Activation Framework Specification, version 1.0a", Sun Microsystems Inc., Paolo Alto 1999.
27. Card-Project Report on GNSS Landing Trials and ILS GP/GNSS Llz Hybrid System, Swedish Civil Aviation Adm., January 1995.
28. Celowość i zasady tworzenia w Polsce lotniczej sieci stacji permanentnych DGPS, ekspertyza Komisji Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, Warszawa 1995;
29. Chamberlain R.M.: Operational requirements-an AEW controller viewpoint Airborne Early Warning System Concepts. Edit Artech House. Boston, London 1992.
30. Chustecki J. – Vademecum teleinformatyka, Wydawnictwo IDG Poland, Warszawa 1999
31. Ciszewski M., Szkolenie lotnicze w okresie wprowadzania zmian strukturalnych SZ RP Plan 2012, DWLOP, Warszawa 1997;
32. Civil GPS Service Interface Committee, International Information Subcommittee 6th European Meeting, Proceedings of the Conference, Warsaw, 11 – 13.12 1997;
33. Compaq - www.compaq.com.pl
34. Congressional Report, Washington D.C. 107 –96 z 8.06.1961;
35. Ćwiklak J., Fellner A.: Satellite Tool Kit Programm in Polish Aviation, Materiały na konferencje GNSS Sevilla 2001.
36. Ćwiklak J., Jaruszewski W.: Wykorzystanie nawigacyjnego systemu satelitarnego GPS w szkoleniu pilotażowym w WSOSP, PWLIOP Nr 5, Poznań 1998.
37. Ćwiklak J.: Kierunki zmian wojskowej służby ruchu lotniczego w związku z wymaganiami NATO/ICAO, Materiały z sympozjum Natowski i narodowy system dowodzenia Siłami Powietrznymi Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 1999.
38. Ćwiklak J.: Meandry drogi do NATO wojskowych kontrolerów ruchu lotniczego,. PWLOP Nr 2 Poznań 1999.
39. Ćwiklak J.: Satelitarne systemy lokalizacyjne GPS, GLONASS w obsłudze ruchu lotniczego, Materiały VI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej, „Techniki satelitarne w nawigacji", Dęblin 2000.
40. Ćwiklak J.: Tendencje rozwojowe systemów obsługi ruchu lotniczego na świecie Materiały IV Sympozjum Nawigacyjnego, Gdynia 2001.
41. Ćwiklak J.: Zastosowanie satelitarnych systemów lokalizacyjnych GPS i GLONASS w kontroli ruchu lotniczego, Materiały IV Krajowej Konferencji Naukowej „Zastosowanie satelitarnych systemów lokalizacyjnych GPS, GLONASS, GALILEO", Poznań

2000.

42. Cydejko J.: Analiza metod różnicowych DNSS w aspekcie ich przydatności do wyznaczania pozycji dla potrzeb nawigacji morskiej, Olsztyn 1999, ART.
43. Czarnecki K., Geodezja współczesna w zarysie, Wiedza i życie, Warszawa 1995;
44. Czarnecki K.: Geodezja współczesna w zarysie, Warszawa 1994.
45. Czekała Z.: Parada radarów, Warszawa 1999.
46. Dębski W., Orłowski K., Walczykowski P.: Wykorzystanie systemu nawigacyjnego GPS w lotniczym module optoelektronicznym pozyskiwania informacji obrazowej w monitoringu akcji przeciwpowodziowej, Materiały V Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej - Systemy Satelitarne i Symulacyjne w Lotnictwie, Dęblin 1998.
47. Dębski W., Walczykowski P.: Koncepcja prowadzenia kontroli przebiegu misji rozpoznawczej w czasie jej trwania lub po jej zakończeniu, Materiały IV Międzynarodowej Konferencji Naukowej - Systemy Satelitarne i Symulacyjne w Lotnictwie, Dęblin 1996.
48. Dębski W., Walczykowski P.: Wykorzystanie GPS w monitoringu akcji przeciwpowodziowej, Materiały II Krajowej Konferencji Zastosowań Satelitarnych Systemów Lokalizacyjnych GPS, Poznań 1997.
49. Derfler F., Freed L. – Okablowanie sieciowe w praktyce - księga eksperta, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2000
50. Descartes A., Bunce T.: „Perl DBI", RM, Warszawa 2000.
51. DMA TM – 8350.2: "Department of Defence World Geodetic System 1984", Fairfax Virginia 1997;
52. DMA TM – 8358.1: "Datums, Ellipsoids, Girds and Gird Reference Systems", Fairfax Virginia 1990;
53. DMA TM – 8358.2: "The Universal Girds: Universal Transverse Mercator (UTM) and Universal Polar Stereographic (UPS)", Fairfax Virginia 1989;
54. Doc. 4444 ICAO – PANS - RAC – Procedures for Air Navigation Services, Rules of the Air and Air Traffic Services.
55. Doc. 7030/4, Section 16 ICAO – Use of Airborne Collision Avoidance Systems (ACAS) – „ Approval of a proposal for amendment of the ICAO Regional Supplementary Procedures Doc. 7030 (serial N°, EUR/NAT-S 96/48 - EUR RAC/2) - ACAS Amendment Proposal" - 29 październik 1997;
56. Doc. 8168 ICAO - PANS-OPS – „Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations";

57. Dowództwo Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, Plan zasadniczych przedsięwzięć Wojsk Lotniczych i OP na rok 1999, DWLOP, Warszawa 1998;
58. Dystrybutor Breezecom – www.provider.com.pl
59. Dystrybutor KRONE – www.ccpartners.pl
60. Dystrybutor PAV – www.conversant.com.pl
61. Dystrybutor Proxim – www.idealan.com.pl
62. Ekspertyza dotycząca celowości i zasad tworzenia w Polsce sieci permanentnych stacji GPS, Komisja Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, Warszawa 1995;
63. Electronic for Defence, The Journal of the RACAL Defence Companies 1996 No 11;
64. Environmental Research Institute of Michigan, Space Technology Education Program, Michigan 1995;
65. ERDAS, Erdas Imagine Product Line, Atlanta, September 1995;
66. ERS-1 first images first results, European Space Agency, Tuluza 1993;
67. ETSI Technical Report – High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN)
68. European Air Traffic Management Programme Directorate Infrastructure, ATC Systems and Support ACAS Programme
69. European Radionavigation Plan, Working Group Review, Paris 1998;
70. FCA - www.fca.com.pl
71. Federal Aviation Administration Research and Development Service Satellite Program Office, Federal Aviation Administration Satellite Navigation Program Plan FY 92 – 97, Washington D.C. 1992;
72. Fedorowicz -Jackowski W., Halicki K., Naumienko B., Systemy Informacji Przestrzennej w planowaniu i wspomaganiu działań bojowych, GEO SYSTEMS - Polska, Warszawa 1996;
73. Fellner A.: Analiza systemów nawigacyjnych i koncepcja stacji permanentnych RTK DGPS dla potrzeb lotnictwa, Dęblin 1999, WSOSP.
74. Fellner A.: Results of testing the GPS navigation eąuipment in Polish Air Forces, NATO Headquarters Brussels 1997.
75. Felski A.: Zliczanie drogi we współrzędnych kartezjańskich. Materiały na VII Konferencję Naukowo-Techniczną nt. "Rola nawigacji w zabezpieczeniu działalności ludzkiej na morzu". Część II. AMW, Gdynia 1990.
76. FIBREX - www.fibrex.pl

77. Filatchenkov S., Khimulin V., Chistyakov V., Broadcast Standard for Russian Maritime DGPS/DGLONASS Service, 5th International Conference on Differential Satellite Navigation Systems, St.Petersburg, 20 – 24.05.1996;
78. Final report on ACAS/RVSM interaction, ACASA/WP-3.6/185D version 1.0, relased issue, Christian Aveneau and Béatrice Bonnemaison.
79. G. Myrda: "Gis czyli mapa w komputerze", Gliwice 1997;
80. Gajda J.: Wzajemnie jednoznaczne odwzorowanie przestrzeni wokółziemskiej w zautomatyzowanych systemach dowodzenia. Rozprawa doktorska. WAT, Warszawa 1991.
81. Gajderowicz. I: "Kartografia matematyczna dla geodetów", Olsztyn 1991;
82. Galotti W., P.: FANS The Future Air Navigation System, England 1997.
83. Garvan B..: Wsparcie geograficzne podczas kryzysu i klęsk żywiołowych. Wiadomości Służby Topograficznej nr 1/2000
84. Giotto the Second encounter, European Space Agency, Toulouse 1992;
85. Global Air Navigation Plan For CNS/ATM System Doc 9750-An/963/ICAO
86. Global Navigation Satellite Systems , 20-23 October 1998, Toulouse.
87. Global Navigation Satellite Systems, 2nd European Symposium Proceedings, Toulouse, 20 –23 Octobre 1998;
88. Global Navigation Satellite Systems, 3rd European Symposium Proceedings, Genova, 5 –8.10.1999;
89. Global Positioning System Standard Positioning Service, Signal Specification, US Departament of Defence, May 1994;
90. Global Positioning System, Monographs The Institute of Navigation, Washington DC 1993.
91. Global Wirless Telecommunications IRIDIUM TODAY, October 1997 Volume 4;
92. GLONASS Performance: Measurement Data Quality and System Upkeep, Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology 1996;
93. Goedhuis D., Some Observations on the Effords to Present a Military Escslation in Outer Space, Journal of Space Law 1982;
94. Goodman D.: „JavaScript. Księga eksperta", Helion, Gliwice 2000.
95. GPS Almanac, GPS World 1993 Volume 4;
96. GPS World": "GLONASS to GPS praca zbiorowa, s. 54 - styczeń 1999.
97. Grouard S., Rola satelitów amerykańskich w rejonie Zatoki Perskiej, Wojskowy Przegląd Zagraniczny 1991 nr 1;

98. Grzegorzewski M. i inni: Wstępna ocena możliwości zastosowania technik satelitarnych GPS/GLONASS do nawigacji lotniczej na samolocie Su-22 i TS-11 Iskra", Materiały VI Konferencji -Techniki Satelitarne w Nawigacji" Dęblin 2000,WSOSP.

99. Guidance for operators on training programmes for the use of Airborne Collision Avoidance Systems (ACAS), JAA – 01/06/98 (TGL11).

100. Guidance Material for Adaptation of the Airspace for EUR RVSM Implementation, Document ref.: RVSM/A730 – 12/10/2000, European Reduced Vertical Separation Minimum Programme, EUROCONTROL.

101. Guidance material on the approval of aircraft and operators for flight in airspace above flight level 290 where a 300 m (1000 ft) vertical separation minimum is applied, JAA – 01/07/98 (TGL6).

102. GUNNAR FRISK: Gate-to Gate Seamless Aviation, Galleo's World, Spring 2000.

103. Guoni P., Flant D., Job A., Secretan H., Design and Operation of the EURIDIS Ranging System, 5th International Conference on Differential Satellite Navigation Systems, St. Petersburg, 20 – 24.05.1996;

104. Harembski A., Uwarunkowania związane z udziałem Polski w realizacji programu „ Partnerstwo dla Pokoju" w aspekcie działalności normalizacyjnej, Problemy Techniki, Uzbrojenia i Radiolokacji 1994 nr 51;

105. Hewish M., Turbe G., Mission Planning and Rehearsol, International Defence Review 1991 nr 7;

106. ICAO, Seminar on Civil/Military Coordination, 21 – 23.04.1998 Warszawa;

107. ICAO/AWOP WP 46, Hybrid ILS/GNSS System.

108. ICAO/FANS II/3 WP 56, A Cost-Effective Solution To The Implementation Of A World-Wide Civil Aviation GNSS-Based CNS/ATM And Atn Data Link System Concept.

109. ICAO/FANS II/3 WP 61, Consideration Of Global Standards For Ads In The Terminal Area And On Airports.

110. ICAO/FANS II/4 WP 21, A Cost-Effective World-Wide GNSS-Based Cellular CNS/ATM Systems Concept.

111. ICAO/SICAS IP, The Next Generation Of Collision Avoidance Systems - The GNSS Transponder And It's Self Organizing Tdma Data Link.

112. IEEE Communications Magazine – październik 1997

113. IEEE Technical Tutorial – materiały firmy Breezecom

114. Ignetik R., Jarvis B. J.: On the importance of Earth geometry for over-the-horizon radar co-ordinate registration. International Conference on Radar. RADAR 95, Paris, France, May 3-6,1994.
115. Ilustrowany Leksykon Lotniczy, Warszawa 1988 .
116. Instrukcja o ruchu lotniczym kontrolowanym-4444", Warszawa 1998, MTiGM.
117. International Defence and Security Development, Hong Kong 1994;
118. International Herald Tribune z 20.10.1982;
119. Irydium Today – global wireless telecommunications, October 1997, Volume 4 Number 1;
120. Istota wdrożenia GNSS w polskim lotnictwie, Konferencja Naukowa Komisji Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, Toruń, 26 – 28.09.1996;
121. Jacewicz A., Markowski J., Kosmos a zbrojenia, Książka i Wiedza, Warszawa 1988;
122. Jamsa K., Lalani S., Weakley S.: „Programowanie WWW", Mikom, Warszawa 1997.
123. Januszewski J.: Systemy GPS, GLONASS, GNSS i Galileo-stan obecny i perspektywy, Materiały IV Konferencji Zastosowania satelitarnych systemów lokalizacyjnych, Poznań 2000.
124. Japanese Maritime Safety Agency, Differential GPS, Tokyo 1998;
125. Jaruszewski W.: Wykorzystanie techniki satelitarnej w szkoleniu lotniczym, Dęblin 1999, WSOSP
126. Jasani B., Outer Space - Battlefield of the Future ?, Stockholm International Peace Research Institute, London 1978;
127. K. Aleksiejewicz – Saliszczew: "Kartografia ogólna", Warszawa 1998;
128. Kalafus R. I INNI: Special Commitee 104 Recomedations for Differential GPS Service, The Institute of Navigation, Aleksandria 1986.
129. Kayser D., Space Constellation Aspects of the German/Russian, 5th International Conference on Differential Satellite Navigation Systems, St.Petersburg, 20 – 24.05.1996;
130. Keith Mc Donald: Will GPS Modernization Open Doors?, GPS World, September 1999.
131. Kim E. E.: „Programowanie CGI – Przewodnik", LT&P, Warszawa 1998.
132. Kjellberg R.: Capacity and Throughput using a Self Organized Time Division Multiple Access VHF Data Link in Surveillance Applications, University Stockholm , 1998.
133. Kokot K.: Podstawy radiolokacji. Cz. II. Zasięg urządzeń radiolokacyjnych oraz przeciwdziałanie ich pracy. WAT, Warszawa 1968.

134. Kołodziński E., Matela J.: Zarządzanie bezpieczeństwem i kryzysami. Opracowanie wewnętrzne Instytutu Automatyzacji Systemów Dowodzenia WAT, Warszawa 2000
135. Koncepcja jednolitego zarządzania ruchem lotniczym w Polsce, Warszawa 1999.
136. Koselski M.: Jakość informacji radiolokacyjnej i jej wpływ na działania bojowe WR i LM OPK. Rozprawa doktorska. ASG WP, Warszawa 1988.
137. Kowalski Z.: Zastosowanie metod geodezyjnych do redukcji błędów określania pozycji obiektu w systemie radiolokacyjnym. Rozprawa doktorska. WAT, Warszawa 1995.
138. Kramer D.: „The Java™ Platform. The White Paper", JavaSoft, Mountain View 1996.
139. Kronika techniki, Warszawa 1994;
140. Kronika XX wieku, Warszawa 1992;
141. Kuriata J., Zarys koncepcji niezbędnej modernizacji techniki SZ RP w świetle konieczności utrzymania wymaganej zdolności obronnej państwa, Myśl Wojskowa 1994 nr 2;
142. Kuziora T., Pieciukiewicz T., Zadania rodzajów lotnictwa w powietrznej operacji obronnej, Przegląd Wojsk Lotniczych i OP 1994 nr 7;
143. Kuźmin S. Z.: Osnovy teorii cifrovoj obrabotki radiolokacionnoj informacii. Sov. Radio, Moskva 1974.
144. Ladd E., O'Donnell J. i in.: „HTML 4", Lynx-SFT, Warszawa 1999.
145. Ladd E., O'Donnell J. i in.: „Java", Lynx-SFT, Warszawa 1999.
146. Lamparski J., Modelowanie jonosfery w pomiarach GPS, III Ogólnopolska Konferencja Naukowa n.t.:" Systemy satelitarne i symulacyjne w lotnictwie", 30.06 –1.07.1992 Dęblin;
147. Lamparski J., Oszczak S.: Stan obecny i perspektywy rozwoju systemu nawigacyjnego GPS NAVSTAR, Dęblin 1993.
148. Lamparski J.: System NAVSTAR GPS - budowa, wykorzystanie, możliwości. Wykład wygłoszony dla kadry Wydziału WLOP AON, Warszawa 15.03.1995.
149. Land Star Europe, Racal, September 1996;
150. Landing A 340 with GPS Satellites, 1994- 1995 Differential GNSS Trials, Valence 1996;
151. Law John, ACAS Programme Manager z EUROCONTROL
152. Ligęza S., Dowodzenie siłami systemu obrony powietrznej państwa, DWLOP, Warszawa 1995;
153. Lindsay P., The World's Air Force, London 1991;

154. Lockheed Martin Tactical Defense Systems Eagan, Loockheed Martin Proprietary Information, 6 May 1998 Minnesota;
155. Logsdon T., Reinhold V.N., The Navstar Global Positioning System, New York 1992;
156. Loh R., Nii A., Wide Area Augumention System (WAAS), Design for Growth in Both National and International Enviroments, 5th International Conference on Differential Satellite Navigation Systems, St.Petersburg, 20 – 24.05.1996;
157. LOW FLYING CHARTS SPECIFICACION - MIL. SURVEY GB 1998
158. Lucent Technologies – www.lucent.com.pl
159. MADEX – www.madex.pl
160. Magazyn NetForum – www.netforum.pl
161. Magazyn NetWorld – www.networld.pl
162. Manual on Reąuired Navigation Performance, ICAO, 1994.
163. Marchal N., Pieplu J.M., Hill D., Performance of Second Generation GNSS, 5th International Conference on Differential Satellite Navigation Systems, St.Petersburg, 20 – 24.05.1996;
164. MC CULLOUGH C.: U.S. Wide Area Augmentation System (WAAS), materiały z Second European Symposium on GNSS - GNSS 98, Tolouse, Francja 1998.
165. Meeting NATO HQ 6.03.1997, Brussels 1997;
166. Meetings Set on Federal Radionavigation Plan, GPS World April 2000.
167. Mielczarek W. – Szeregowe interfejsy cyfrowe, Wydawnictwo Helion, Gliwice 1994
168. MIL – PRF – 89023: "Performance Specification for Digital Nautical Chart" Fairfax Virginia 1997;
169. Minimum Operational Performance Standards for Sensor Using GPS/WAAS S.C.-159, Draft –5, 20 April 1997;
170. Minimum Performance Standard, Minimum Operational Performance Standards for Airborne Supplemental Navigation Equipment Using Global Positioning System (GPS), RTCA/DO-208, dated July 1991.
171. MIRAGE 2000 -5 Logistic Support Presentation, Paris 1996;
172. Misiurewicz P.: Układy mikroprocesorowe. Struktury i programowanie.
173. Mitchel S.: „Active Server Pages 3.0", Helion, Gliwice 2001.
174. M-J. Kraak, F. Ormeling: "Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych", Warszawa 1998;

175. Modernization Satellite Navigational Equipments in Polish Air Forces, NATO C3 Board with Partners Navigation Sub - Committee, HATO HQ, Brussels, 2 October 1998;
176. Molex – www.modtap.com.pl
177. Monahan K.E., Press Release on Second Civil GPS Frequency, Embassy of United States of America, Warszawa 10.04.1998;
178. Moszumański Z., Pod znakiem Doktryny Szkoleniowej 2010, Polska Zbrojna 1996 nr 129;
179. Mroczko F., Koselski M., Januszewicz J.: Numeryczna mapa przestrzeni radiolokacyjnej. Projekt badawczy typu „grant" nr 0 T00A 012 16. Podstawy teoretyczne wykorzystania współrzędnych geodezyjnych i kartograficznych w odwzorowaniu przestrzeni powietrznej. Zadanie badawcze. AON, Warszawa 2000.
180. Muelver J.: „Perl. Tworzenie stron WWW", RM, Warszawa 1998.
181. NATO C3 Board Sub - Group on Navigation, NATO PfP, Brussels, 1 October 1998;
182. NATO C3 Board Sub - Group on Navigation, NATO PfP, Brussels, 5 – 7.03.1997;
183. NATO C3 Board Sub - Group on Navigation, NATO PfP, Brussels, 6 March 1998;
184. NATO CEAC/EUROCONTROL, Workshop on Secondary Surveillance Radar, NATO Headquarters, Brussels, 21 – 23 November 1994;
185. Naumienko B., Fedorowicz W., Halicki K., Wykorzystywanie systemu ERDAS IMAGINE w siłach zbrojnych NATO, GEO SYSTEMS -Polska, Warszawa 1996;
186. Navigation and Landing System Modernization for Poland, Electronic Systems Center Hanscom AFB, Massachusetts 1998;
187. Navstar GPS Joint Programm Office, Rules from obtaining Navstar Global Positioning System Security Devices, March 1993;
188. Navstar GPS User equipment, NATO - TEAMUS Air Force Space Systems Division, February 1991;
189. Navtech Seminars, DGNSS for Precision Approach & Landing, ISPA 95 Tutorials, Braunschweig, 20 February 1995;
190. NORAD a Binational Command, News 27.05.1992;
191. OBER P., B.: Autonomous Integrity Monitor Performance, materiały na First European Symposium on GNSS - GNSS 97, Monachium, kwiecień 1997.
192. Office of the Clerk of the Assembly of WEU, A European space – based observation system, San Agustin, Gran Canaria 24 – 25.03.1995;
193. Official Journal of European Communities z 3.08.1994;

194. Oszczak S., Jaruszewski W.: Fellner A., Wasilewski A., Preliminary Results of DGPS, DGLONASS Su-22 and TS-11 Iskra, Aircraft trajectory Determinations, Materiały na konferencję GNSS Edynburg 2000.

195. Oszczak S.: Europejskie projekty systemów nawigacji satelitarnej – EGNOS i Galileo, Materiały IV Krajowej Konferencji Naukowej „Zastosowanie satelitarnych systemów lokalizacyjnych GPS, GLONASS, GALILEO", Poznań 2000.

196. Parkinson W., Spilker J., Global Positioning System i Theory and Applications, Washington 1996;

197. Perry G., War watchologs spying from the skies, Space Technology International, Hong Kong 1992;

198. Pieńkom I., Turczyński I.: Układy cyfrowe TTL w systemach cyfrowych.

199. Podstawowe dane taktyczno - techniczne wojskowych statków powietrznych RP, DWLOP, Warszawa 1990;

200. Polish Precision Approach and Landing Systems and RTK DGPS, NATO C3 Board with Partners Navigation Sub - Committee, NATO HQ, Brussels, 1 October 1998;

201. Polish Radio Navigation Plan, NATO C3 Board with Partners Navigation Sub - Committee, NATO HQ, Brussels, 6 March 1998;

202. Polska Norma Ruch Lotniczy PN –65 /L – 49002 Oznaczanie Naziemnych Przeszkód Lotniczych obowiązująca od 01.04.1996r.

203. Pr. Zb.: „Simplified Guide to the Java™ 2 Platform Enterprise Edition", Sun Microsystems Inc., Paolo Alto 1999.

204. Preliminary results of DGPS/GLONASS aircraft positioning in flight approach and landings, Annual of navigation, No 1 1999.

205. Present and Future Satellite Systems for Navigation in Poland, 2nd International Symposium on Differential Satellite Navigation Systems, 30 March – 2 April 1993, Amsterdam;

206. Preview of TCAS II version 7.0, Air traffic Control Quartely, vol. 6(4) 231-247 (1998), 1998, W. Dwight Love.

207. Preview of TCAS II version 7.0, Air traffic Control Quartely, vol. 6(4) 231-247 (1998), 1998, W. Dwight Love.

208. Programy wykonawcze do koncepcji jednolitego zarządzania ruchem lotniczym w Polsce, Warszawa 1999.

209. Projekt koncepcyjny systemu DGPS dla potrzeb lotnictwa Sił Zbrojnych RP, Warszawa 1996, ITWL.

210. Przyjęte kierunki zmian w polskich systemach lotniczych pod kątem ICAO/NATO w latach 1999 – 2005, materiały z sympozjum n.t.: „Natowski i Narodowy System Dowodzenia Siłami Powietrznymi, Warszawa 1999;
211. Quick Line Telecomm – www.qlt.com.pl
212. Radio - Navigation And Its Relationship To Air Traffic Control, UK Ministry Of Transport And Civil Aviation.
213. Radio and Navigation Aids, Teachware CBT, European Organisation for the Safety of Air Navigation, Luxembourg 1998.
214. Rasas A., The Militarizion of Space and International Law, Journal of Peace Research 1983;
215. Ratschiller T., Gerken T.: „PHP 4. Aplikacje", Robomatic, Wrocław 2001.
216. Regan Policy Expected to Aid Space Station Definition Work Aviation Week and Space Technology, 1982 nr 2;
217. Reichle de Massari – www.rdm.com.pl
218. Report of the first visit to Poland of the GPS navigation technique experts from Braunschweig, WOSL, Warszawa 1992;
219. Results of testing the GPS navigation equipment in Polish Air Forces, Ashtech Technical Meeting, Warszawa, 18 – 20.02.1997;
220. Results of testing the GPS navigation equipment in Polish Air Forces, NATO PfP, Brussels, 5 – 7.03.1997;
221. Results of testing the GPS receivers in Polish aviation, European Geophysical Society XXIV General Assembly, Hague, 19 – 23 April 1999;
222. RFC 2068: „Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1" 1997.
223. RFC 1945: „Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.0" 1996.
224. Rho - Theta Navigation Systems. US Department Of Transportation, FAA, Mike Monroney Aeronautical Center, February 1979.
225. Riley S., Aardoo E., Daly P., High A., Precision GPS, GLONASS, INMARSAT –3 Receiver for Differential Space and Terrestrial Aplications, 5th International Conference on Differential Satellite Navigation Systems, St.Petersburg, 20 – 24.05.1996;
226. Romowicz W.: „Java Server Pages oraz inne komponenty JavaPlatform", Helion, Gliwice 20001.
227. RTCA SC-147/DO-185A – Minimum Operational Performance Standards for Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS) Airborne Equipment.

228. RVSM and Use of TCAS, SICASP/WG2/IP2/522, Frankfurtu, October1995, Francis Casaux and Erykc Vallauri
229. Rymarz C., Jasiński J., Fotointerpretacyjne badanie głównych frontów atmosferycznych i cyklogenezy na zdjęciach satelitarnych, Biuletyn WAT 1995 nr 9;
230. Samolot TS-11 „Iskra"- Program Szkolenia, Poznań 1974, DWL.
231. Satellite Communications, Inmarsat Services, October 1996;
232. Satellite navigation equipment in Polish Air Force, GNSS – 1998, Tuluse.
233. Seminar on civil/military co-ordination , Warsaw April 1998.
234. Sieci komputerowe i intersieci
235. Simmonds A. – Wprowadzenie do transmisji danych, WKŁ, Warszawa 1999
236. Skolnik M. I.: Introduction to Radar Systems. McGraw-Hill Book Company, New York 1962.
237. Śledziński J, A new role of permanent GPS stations in geodynamics research, Reports on Geodesy 1997 No. 4;
238. Śledziński J, CERGOP Project as a multi lateral cooperation of CEI countries to set up a GPS monitoring network in Central Europe, Italy 1994;
239. Śledziński J, Globalny System Pozycyjny GPS i technologie satelitarne wyznaczania położenia punktów geodezyjnych na nim oparte, Warszawa 1997;
240. Śledziński J, Results of the long-termcooperation in geodesy and geodynamics gained by sixteen CEI countries. Future plans, Reports on Geodesy 1999 No. 4;
241. Sopala A.: „Pisanie programów internetowych", Mikom, Warszawa 2000.
242. Special Course for CSCE States I- 34-03, Oberammergau 1992;
243. SPILKER JR.: GPS Signal Structure and Theoretical Performance, GPS Theory and Applications, rozdz. 3, vol.I - wyd.III - American Institute of Aeronautics and Astronautics - AIAA; Washington,D.C. USA; 1996 - seria Progress in Astronautics and Aeronautics, volume 164.
244. Sportack M. – Sieci komputerowe, Wydawnictwo Helion, Gliwice 1999
245. SPOT Image, Geographical information for your strategic decisions, Toulouse 1993;
246. Spurgeon Ch. E. – Ethernet – Podręcznik administratora, Wydawnictwo RM, Warszawa 2000
247. STANAG 1113;
248. STANAG 2211 "Geodetic datums, ellipsoids, grids and grid references";
249. STANAG 3412 INFORMACJA LOTNICZA NA MAPACH LOTNICZYCH

250. Systemy Informacji Geograficznej (GIS): Intergraph – opis rozwiązania, Intergraph (Europe) Polska, Warszawa 1996;
251. Systemy satelitarne i symulacyjne w lotnictwie, materiały z konferencji naukowej, WSOSP, Dęblin 1996;
252. TACTICAL FLYING CHARTS - MIL. SURVEY GB 1998
253. Tanenbaum A. S.: „Sieci Komputerowe", WNT, Warszawa 1988.
254. Technical characteristics of the NAVSTAR, GPS, NATO Navstar Technical Support Group, July 1991;
255. Technika satelitarna i symulacyjna w lotnictwie, materiały z sympozjum, WSOSP, Dęblin 1993;
256. The Air Force Satellite Systems, Air Force Magazin, 1982 Volume 65;
257. The Gnss Transponder And it's World-Wide Gnss-Time Synchronized Tdma Data Link.
258. The Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Global Positioning System/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment (Document No. RTCA/DO-229A) was published June 8, 1998.
259. The New Frontier for EW System Development, Journal of Electronic Defence, 1982 Volume 5;
260. THE process of automatic approach landing using GPS NAVSTAR and GLONASS Satellite Systems, Reports on geodesy No 3 1999.
261. The Russian - Switzerland Jointly Developed Code-Phase Satellite Navigation System Geodetic Receiver „ Zemlemer -L1" for Surveing in Land Reform Program Field Test Results, Future Cooperation Prospects, 5th International Conference on Differential Satellite Navigation Systems, St.Petersburg, 20 – 24.05.1996;
262. The spheres of GLONASS and GPS satellite radio navigational systems utilization in national economy, NATO PfP, Brussels, 5 – 7.03.1997;
263. Thomas A.: „Java™ 2 Platform", Patricia Seybold Group, Boston 1999.
264. Tomczak-Janowski J.: FANS, www.heading.polbox.pl
265. Ubezpieczenie lotów w lotnictwie Sił Zbrojnych RP, Poznań 1981, DWL.
266. US Departament of Transportation FAA, Satellite Navigation Conceps for Early Implementation The Federal Aviation Administration's View, Washington 1992;
267. Vademuecum Teleinfomatyka
268. Vorbrich K.: Wykorzystanie zintegrowanego systemu DGPS/IMU w nawigacji pojazdów lądowych oraz podczas kołowania samolotu, Materiały V Ogólnopolskiej Konfe-

rencji Naukowej - Systemy Satelitarne i Symulacyjne w Lotnictwie, Dęblin 1998.

269. W3C Recommendation: "HTML 4.01 Specification", W3C 1999.

270. Weintritt A.: "Elektroniczna Mapa Nawigacyjna – wprowadzenie do nawigacyjnych systemów informacyjnych ECDIS", Gdynia 1997;

271. WKŁ 1980.

272. WNT 1983.

273. Workshop on Secondary Surveillance Radar, NATO CEAC, EUROCONTROL, Brussels 1994.

274. Worobliew W. G, Głuchow W. W., Kadysziew I. K.: Aviacionnye pribory, informacionno-izmeritelnyje sistemy i kompleksy. Izd."Transport", Moskwa1992.

275. Wprowadzenie do Radaru Wtórnego, Skrypt ZRLiLK, Warszawa 1976.

276. www.gpc.se.: The GNSS-TRANSPONDER Version 8.5 (MOPS level 1).

277. Wybrane problemy rozwiązań nowoczesnego sprzętu radiolokacyjnego - system rozpoznania IFF Mark XII, WOSR, Jelenia Góra 1993;

278. Zalecenia ITU – H.323

279. Założenia Taktyczno -Techniczne na krajowy system DGPS z przeznaczeniem dla potrzeb wojskowych, ITWL, Warszawa 1996;

280. Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego WP, Wojskowe mapy topograficzne dostosowane do standardów NATO, Warszawa 1996;

281. Zasady tworzenia w Polsce lotniczej sieci stacji DGPS w polskim lotnictwie, Konferencja Naukowa Komisji Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, Toruń, 26 – 28.09.1996;

282. Zieliński B. – Bezprzewodowe sieci komputerowe, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2000

Spis rysunków

1. Schemat wycofywania standardowych pomocy i systemów nawigacyjnych według US FWP (Unitek States Federal Radionavigation Plan) 49
2. Zestawienie przewidywanych faz wycofywania pomocy i systemów nawigacyjnych według założeń ICAO/NATO 53
3. Schemat wdrażania systemu PALS 55

4. Obowiązujący standard lotniczego systemu świetlnego podejścia do lądowania 57
5. Umowne strefy tworzone wokół samolotu wg koncepcji: „free flight" 72
6. Elementy przestrzeni kontrolowanej 76
7. Służby ruchu lotniczego wg ICAO 77
8. Udział poszczególnych elementów w aktualnym systemie zarządzania ruchem lotniczym 80
9. Prognozowany udział poszczególnych elementów w systemie zarządzania ruchem lotniczym w przyszłości 81
10. Architektura systemu ADS wg FANS 82
11. Idea funkcjonowania VDL Mode 4 85
12. System Automatycznej Obsługi i Zarządzania SATCAS – 2000 92
13. Zintegrowany funkcjonalny system ATC/ADS 94
14. Schemat funkcjonalny systemu ATC/ADS 94
15. Projekt Faraway 96
16. System ATC/ATM LETVIS 97
17. Stanowiska pracy precyzyjnego podejścia (APP) i wieży (TWR) 99
18. System kontroli ruchu lotniczego „XENYA" 100
19. Schemat funkcjonalny systemu „XENYA" 101
20. Charakterystyki jakościowe 107
21. Zasada pracy radaru wtórnego MSSR 121
22. Transponder współpracujący z radarem wtórnym 121
23. Informacje dotyczące statku powietrznego na wycinku ekranu kontrolera 122
24. Charakterystyka stacji radiolokacyjnej kontroli obszaru Telefunken LP- 23b 126
25. Użytkownicy polskiej przestrzeni powietrznej 132
26. Podział radiolokacji ze względu na sposób uzyskania sygnału obiektu powietrznego 132
27. Ogólna zasada działania systemu INF 136
28. Schemat współpracy transponder IFF z urządzeniami pokładowymi statku powietrznego 136
29. Ekran radaru kontroli ruchu lotniczego 137
30. Struktura sygnałów zapytania i odpowiedzi 137

31. Pulpit sterowania transponder INF 141
32. Ekosfera ziemska 144
33. Harmonogram zaplanowanych przedsięwzięć 157
34. Elementy radiostacji wraz z charakterystykami 166
35. Sygnał modulujący 167
36. Idea funkcjonowania zautomatyzowanych systemów dowodzenia w odniesieniu do funkcji dowodzenia 169
37. Topologia Blue Tooth 182
38. Architektura sieci telefonicznej IP opartej na standardzie H.323 191
39. Architektura sieci telefonicznej IP opartej na standardzie SIP 192
40. System TRAS na pokładzie statku powietrznego 198
41. Przestrzeń powietrzna EUR RVSM 201
42. Koordynacja komunikatów RA w współpracy pokładowych urządzeń TRAS – TRAS ... 203
43. Uruchomienie komunikatu TA przez TRAS WERSJI 7.0 w przestrzeni powietrznej RVSM 205
44. Uruchomienie komunikatu RA przez TRAS WERSJI 7.0 w przestrzeni powietrznej RVSM 206
45. Standardowa pionowa separacja w RVSM 209
46. Możliwe dopuszczalne pionowe odchylenia od poziomu lotu – wysokości 210
47. Oscylacja wysokościowa 210
48. Turbulencja 212
49. Utrzymanie pionowej separacji podczas zmiany poziomów lotów 214
50. Minimalne proporcje podczas wykonywania lotów na różnych poziomach w tym samym kierunku, ze stałą różnicą prędkości rzeczywistej 216
51. Schemat połączenia polskiej AFTN z międzynarodową 234
52. Struktura połączeń AFTN 234
53. Oznaczenia występujące w adresie zbiorczym AFTN 235
54. Oznaczenia występujące w ogólnym adresie 235
55. Adres zbiorczy i zwykły AFTN 235
56. Schemat sprzężenia sieci łączności lotniczej 236
57. Schemat sprzężenia łączności lotniczej z systemem wojskowym 237
58. Schemat połączeń zautomatyzowanego systemu wojskowej sieci lotniczej 237
59. Możliwości wymiany informacji w podsystemie WAN– METEO-RL 238
60. Struktura sieci WAN-METEO-RL 238

61. Połączenie lokalnej-krajowej sieci wojskowej z międzynarodową cywilną 239
62. Stan prac związanych ze zautomatyzowanym systemem zarządzania przestrzenią powietrzną-styczeń 2003 240
63. Struktura zautomatyzowanego systemu kierowania lotami 244
64. Terminal TU-20L 244
65. Schemat strukturalny terminala TU-20L 244
66. Aktualny i proponowany system lotniczy 246
67. Sieć stacji referencyjnych SWEPOS 256
68. Szwajcarska sieć AGNES (Automatem GPS Network for Switzerland) 259
69. Schemat polskiego lotniczego systemu RTK DGPS 269
70. Schemat połączeń i obiegu informacji na szczeblu CKM-ASOC 271
71. Wersja stacjonarna zautomatyzowanego systemu RTK DGPS 274
72. System kontroli ruchu lotniczego RTK GPS (wersja mobilna) 275
73. Podsystem pokładowy 275

Spis tabel

1. Zbiorcze zestawienie charakterystycznych parametrów wybranych systemów nawigacyjnych 49
2. Wymagania ICAQ/NATO stawiane naziemnym systemom w zależności od przeznaczenia 53
3. Aktualnie wykorzystywane systemy i pomoce nawigacyjne i określenie ich przydatności do wymagań i standardów NATO/ICAO 58
4. Typy pogorszenia transmisji 108
5. Założenia dla polskiego ATM 112
6. Zestawienie rodzajów pracy w systemach MARK 10 i MARK 12 135
7. Odstęp kodowy w zależności od zapytania 138
8. Wymagana odporność rejestratorów rejestratorów w zależności od czynników 161
9. Standardy WLAN 178
10. Protokoły kompresji głosu 189
11. Oznaczenia komunikatów głosowych TACS II 199
12. Wartości parametrów TA i RA w przestrzeni RVSM 207
13. Wymagania dotyczące dokładności w lotnictwie 261

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 55869
Akademii Obrony Narodowej

Publikacje
Akademii Obrony Narodowej

do nabycia w Wydziale Wydawniczym AON
al. gen. A. Chruściela 103, bl. 2
00-910 Warszawa,
tel. 681 40 55, tel./faks 681 37 52

- H. Binkowski, A. Ciupiński – **Polityka obronna i siły zbrojne partnerów Polski z Grupy Wyszehradzkiej**
- A. Bujak – **Praca w terenie na szczeblach taktycznych według standardów NATO**
- M. Cieślarczyk, P. Krawczyk, Z. Korulczyk – **Poradnik metodyczny autorów prac kwalifikacyjnych**
- M. Cieślarczyk, M. Chojnacki, A, Radomyski – **Współpraca cywilno-wojskowa (CIMIC) w siłach zbrojnych (SP) RP**
- M. Cieślarczyk (red.) – **Metody, techniki i narzędzia badawcze oraz elementy statystyki**
- A. Ciupiński, R. Białoskórski – **Wczesne ostrzeganie i zapobieganie współczesnym konfliktom zbrojnym w strategii Sojuszu Północnoatlantyckiego**
- T. Compa – **Zarządzanie przestrzenią powietrzną**
- J. Czaja – **Stolica apostolska wobec integracji europejskiej**
- K. Czajka – **Użycie artylerii w obronie oddziału**
- P. Daniluk – **Radiostacje pola walki**
- A. Dawidczyk – **Nowe wyzwania, zagrożenia i szanse dla bezpieczeństwa Polski u progu XXI w.**
- **Dowodzenie lotnictwem sił powietrznych w działaniach wojsk lądowych** (praca zbiorowa)
- W. Drążczyk – **Logistyka sił powietrznych w działaniach wielonarodowych**
- **Działania (operacje) połączone.** Materiały z konferencji naukowej
- M. Gąska – **Kompetencje organów władzy wykonawczej w dziedzinie obronności państwa i sił zbrojnych**
- M. Gąska, A. Ciupiński – **Międzynarodowe prawo humanitarne**
- A. Glen, W. Marud – **Kontrola przestrzeni powietrznej w czasie kryzysu i wojny**
- J. Gotowała – **Lotnictwo XXI wieku**
- J. Groskrejc – **Antropologiczne i aksjologiczne aspekty edukacji oficerów**
- J. Halik – **Metodyka opracowania pracy magisterskiej i studyjnej**
- M. Huzarski (red.) – **Taktyka ogólna wojsk lądowych**
- K. Jałoszyński – **Terroryzm antyizraelski**
- K. Jałoszyński – **Terroryzm czy terror kryminalny w Polsce?**
- K. Jałoszyński – **Zagrożenie terroryzmem w wybranych krajach Europy Zachodniej oraz w Stanach Zjednoczonych**
- J. Janczak – **Zakłócanie informacyjne**
- Cz. Jarecki – **Użycie wojsk rakietowych i artylerii w operacji**
- T. Jemioło – **Globalizacja. Szanse i zagrożenia**
- T. Jemioło, K. Malak (red.) – **Bezpieczeństwo zewnętrzne Rzeczypospolitej Polskiej**
- A. Jóźwiak, Cz. Marcinkowski – **Wybrane problemy współczesnych operacji pokojowych**
- L. Kanarski, P. Gawliczek – **Przywództwo w armiach NATO**
- L. Kanarski, B. Rokicki (red.) – **Teoria i praktyka przywództwa wobec wyzwań edukacyjnych**
- J. Kardas, K. Loranty – **Wybrane problemy bezpieczeństwa i obronności państwa w opiniach pracowników administracji publicznej**
- J. Kardas, K. Loranty – **Instytucjonalizacja przygotowania obronnego kadr administracji**
- C. Kącki – **Izrael. Jego wpływ na rozwój sytuacji w regionie Bliskiego Wschodu**
- **Kierowanie mobilnymi systemami łączności wojsk lądowych – część II – Oddziały, pododdziały dowodzenia i łączności** (praca zbiorowa)
- **Kierowanie mobilnymi systemami łączności wojsk lądowych – część III – proces kierowania mobilnym systemem łączności** (praca zbiorowa)
- W. Kitler (red.) – **Obrona cywilna (niemilitarna) w obronie narodowej III RP**
- W. Kitler – **Obrona narodowa III RP. Pojęcie. Organizacja. System** (rozprawa habilitacyjna)
- W. Kitler – **Obrona narodowa w wybranych państwach demokratycznych**
- Z. Klawitter – **Wybrane aspekty systemu dowodzenia brygady zmechanizowanej (pancernej) w działaniach taktycznych**
- Z. Klawitter – **Rola i zadania zespołu wsparcia personalnego na stanowisku dowodzenia BZ/BPanc**
- T. Kochański – **Logistyka międzynarodowa**
- K. Koliński – **Dowodzenie siłami powietrznymi**
- S. Korzeniowski – **Żandarmeria wojskowa**
- M. Koziński – **Umowa offsetowa i inne formy udziału państwa w międzynarodowym obrocie gospodarczym**
- M. Kozub – **Lotnictwo w operacjach połączonych**
- M. Kozub – **Lotnictwo w bojowym poszukiwaniu i ratownictwie**
- J. Kręcikij – **Współczesne kierowanie wojskami. proces dowodzenia**
- J. Kręcikij – **Metodyka pracy sekcji dowodzenia oddziału i związku taktycznego**
- R. Kwećka – **Siły specjalne w kontekście współczesnych zagrożeń**
- R. Kwećka, M. Gryga – **Informacja w walce zbrojnej**
- K. Kubiak – **Transport wojsk i ładunków wojskowych drogą morską przy użyciu statków handlowych**
- L. Łukaszuk – **Międzynarodowe prawo pokoju i bezpieczeństwa**

- L. Łukaszuk – **Europejskie prawo pokoju i bezpieczeństwa**
- L. Łukaszuk – **Dyplomacja współczesna a problemy prawa i bezpieczeństwa międzynarodowego**
- T. Majewski – **Ankieta i wywiad w badaniach wojskowych**
- T. Majewski – **Kierownik – dowódca w organizacji**
- K. Malak – **Polityka zagraniczna i bezpieczeństwa Białorusi**
- J. Marczak (red.) – **Samoorganizacja społeczeństwa na rzecz bezpieczeństwa powszechnego. Samoobrona powszechna III RP**
- M. Marszałek, A. Radomyski – **Metodyka pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia brygady rakietowej sił powietrznych**
- Z. Maślak, K. Kozłowski, P. Krawczyk – **Podstawy użycia lotnictwa myśliwskiego**
- Z. Maślak – **Podstawy teorii informacji obrony powietrznej**
- Z. Maślak (oprac.) – **Informacje w obronie powietrznej – potrzeby, wymagania, zagrożenia. Materiały z sympozjum naukowego**
- J. Michniak (red.) – **Projektowanie struktury organizacyjnej dowództwa brygady zmechanizowanej (pancernej)**
- J. Michniak – **Kierowanie mobilnymi systemami łączności wojsk lądowych część I – Główne problemy**
- G. Nowacki – **Informacja w walce zbrojnej. Materiały z sympozjum naukowego**
- G. Nowacki – **Strategiczne siły jądrowe wybranych państw**
- G. Nowacki – **Rozpoznanie satelitarne USA i Federacji Rosyjskiej**
- G. Nowacki (red.) – **Militaryzacja kosmosu**
- E. Nowak – **Gospodarowanie zasobami majątkowymi**
- I. Nowak – **Wybrane problemy historii polskiej techniki wojskowej XX wieku. Sprzęt i środki wojsk chemicznych**
- M. Obrusiewicz – **Wielonarodowe połączone siły zadaniowe CJTF**
- J. Pawłowski, A. Ciupiński (red.) – **Umiędzynarodowiony konflikt wewnętrzny**
- J. Płaczek – **Ewolucja polskiej myśli obronno-ekonomicznej w latach 1976–2000**
- J. Płaczek (red.) – **Gospodarka obronna Polski w końcu lat dziewięćdziesiątych. Szanse i zagrożenia**
- A. Polak – **Wybrane zagadnienia obrony wybrzeża w Polsce (1920–2002)**
- A. Polak – **Teoria grup operacyjnych w polskiej sztuce wojennej okresu międzywojennego**
- **Prawo w stosunkach międzynarodowych. Wybór dokumentów** (praca zbiorowa)
- K. Przeworski – **Ewakuacja jako sposób ochrony ludności**
- A. Radomyski – **Zagrożenie śmigłowcowe dywizji zmechanizowanej**
- A. Radomyski – **Metody i treść pracy zespołu OPL na stanowisku dowodzenia dywizji zmechanizowanej**
- S. Sadowski – **Podstawowe zagadnienia teorii walki zbrojnej**
- P. Sienkiewicz – **5 wykładów**
- A. Skrabacz – **Kobiety w obronie narodowej Polski u progu XXI w.**
- J. Skrzyp (red.) – **Informator geograficzny o państwach kandydujących do Sojuszu Północnoatlantyckiego**
- J. Skrzyp, Z. Lach – **Informator geograficzny. Państwa członkowskie NATO**
- Z. Skwarek – **Powietrzne systemy wczesnego wykrywania i powiadamiania**
- **Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego** (praca zbiorowa)
- **Słownik terminów z zakresu psychologii** (praca zbiorowa)
- **Słownik pojęć sojuszniczej obrony powietrznej** – (praca zbiorowa)
- M. Sołoducha, P. Malinowski – **Użycie artylerii w szczególnych rodzajach działań bojowych**
- H. Spustek – **Wybrane zagadnienia badań operacyjnych i modelowania liniowego**
- Z. Stachowiak – **Metodyka i metodologia pisania prac kwalifikacyjnych (licencjackich, magisterskich i podyplomowych)**
- Z. Stachowiak, J. Płaczek (red.) – **Wybrane problemy ekonomiki bezpieczeństwa**
- R. Stępień (red.) – **Edukacja w wyższych szkołach wojskowych**
- M. Strzoda, N. Prusiński – **System dowodzenia. Terminologia. Część I**
- M. Strzoda (red.) – **Wybrane terminy z zakresu dowodzenia i zarządzania**
- R. Szpyra – **Powietrzna sztuka operacyjna wybranych państw**
- B. Szulc, T. Majewski (red.) – **Rozwój kompetencji kierowniczych. Pomiar motywacji studentów i absolwentów AON do rozwoju kompetencji kierowniczych**
- E.A. Wesołowska, A. Szerauc (red.) – **Patriotyzm – Obronność – Bezpieczeństwo**
- J. Wołejszo, Z. Fiołna – **Dowodzenie brygadą zmechanizowaną (pancerną) w obronie**
- J. Wołejszo – **Wybrane aspekty projektowania struktury organizacyjnej zespołu dowodzenia stanowiska dowodzenia brygady zmechanizowanej**
- J. Wołejszo, Z. Fiołna – **Dowodzenie brygadą zmechanizowaną (pancerną) w marszu**
- **Wojsko wobec polskiego października'56. Rezolucje, uchwały, listy** (wybór, wstęp i opracowanie: E. J. Nalepa)
- J. Wojtasik (red.) – **Studia z dziejów polskiej techniki wojskowej od XVI do XX wieku**
- E. Zabłocki – **Współczesne siły powietrzne**
- S. Zalewski – **Służby specjalne w państwie demokratycznym**
- **Założenia operacyjne do doktryny zasadniczej sił powietrznych** – (praca zbiorowa)
- L. Zapała – **W rembertowskiej Alma Mater**
- W. Zawadzki, T. Majewski, N. Prusiński – **Informacyjne uwarunkowania procesu decyzyjnego**
- B. Zdrodowski, M. Marszałek – **Operacje pozawojenne sił powietrznych**
- J. Zieliński (red.) – **Podstawowe założenia dydaktyki sztuki operacyjnej**
- J. Zuziak – **Dzieje Instytutu Józefa Piłsudskiego w Londynie 1947–1997**

Zamówienia przyjmujemy telefonicznie lub pisemnie

AON
Wydział
Wydawniczy