AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OP

AON wewn. 4696/94

Mjr dr Andrzej GRZELKA
Mjr dr Piotr MAKOWSKI

SYSTEMY NAWIGACYJNE

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
05-002796-009-0

60519

WARSZAWA 1995

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OBRONY POWIETRZNEJ

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 60519
II
Akademii Obrony Narodowej

AON wewn. 4696/94

Mjr dr Andrzej GRZELKA
Mjr dr Piotr MAKOWSKI

SYSTEMY NAWIGACYJNE

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Nr ewid.
IV
Akademii Obrony Narodowej

WARSZAWA 1995

SPIS TREŚCI

Wstęp 5

1. Klasyfikacja urządzeń i systemów nawigacyjnych 6

2. Klasyfikacja rodzajów nawigacji 10

3. Zasady działania systemu Omega, wykorzystanie systemu w nawigacji lotniczej . 35

4. Zasady organizacji pracy systemu GPS 44

5. DGPS - różnicowy system satelitarny w nawigacji lotniczej 49

6. Możliwości techniczne odbiornika GPS a jego parametry eksploatacyjne 55

7. Zasadnicze wyposażenie nawigacyjne samolotów WLOP 59

8. Programy rozwojowe nawigacyjnych systemów nawigacyjnych. Opis wybranych rozwiązań światowych 66

Literatura 71

Załącznik:

Instrukcja użycia odbiornika systemu GPS 73

WSTĘP

Systemy nawigacyjne w ogólnym przypadku to zespoły urządzeń nawigacyjnych określające parametry nawigacyjne, których znajomość jest niezbędna do wyznaczania bieżącej pozycji statku powietrznego podczas lotów bez widzialności Ziemi i innych parametrów lotu wynikających ze zmian tej pozycji w czasie.

Poprzez pojęcie - kompleksowe systemy nawigacyjne zespół autorski rozumie te elementy systemów kierowania, które integrują nawigację klasyczną, z innymi rodzajami nawigacji (radionawigacją - w tym również satelitarną i nawigację bezwładnościową). Będą to zatem urządzenia pokładowe służące do zbioru, przetwarzania i zobrazowywania parametrów nawigacyjnych lotu, jak i urządzenia naziemne (satelitarne) współpracujące z nimi.

Analiza aktualnego stanu systemów nawigacyjnych wykorzystywanych przez lotnictwo wojskowe (WLOP) wymaga w pierwszej kolejności odniesienia się do tych klasyfikacji.

1. KLASYFIKACJA URZĄDZEŃ I SYSTEMÓW NAWIGACYJNYCH

Należy podkreślić, że w literaturze przedmiotu występuje szereg przykładów klasyfikowania systemów i urządzeń nawigacyjnych, w których autorzy przyjmowali głównie za kryteria podziału techniczne zasady ich funkcjonowania.

Prezentowane poniżej podziały technicznych środków nawigowania są przykładami spotykanymi najczęściej.

PODZIAŁ TECHNICZNYCH ŚRODKÓW NAWIGOWANIA

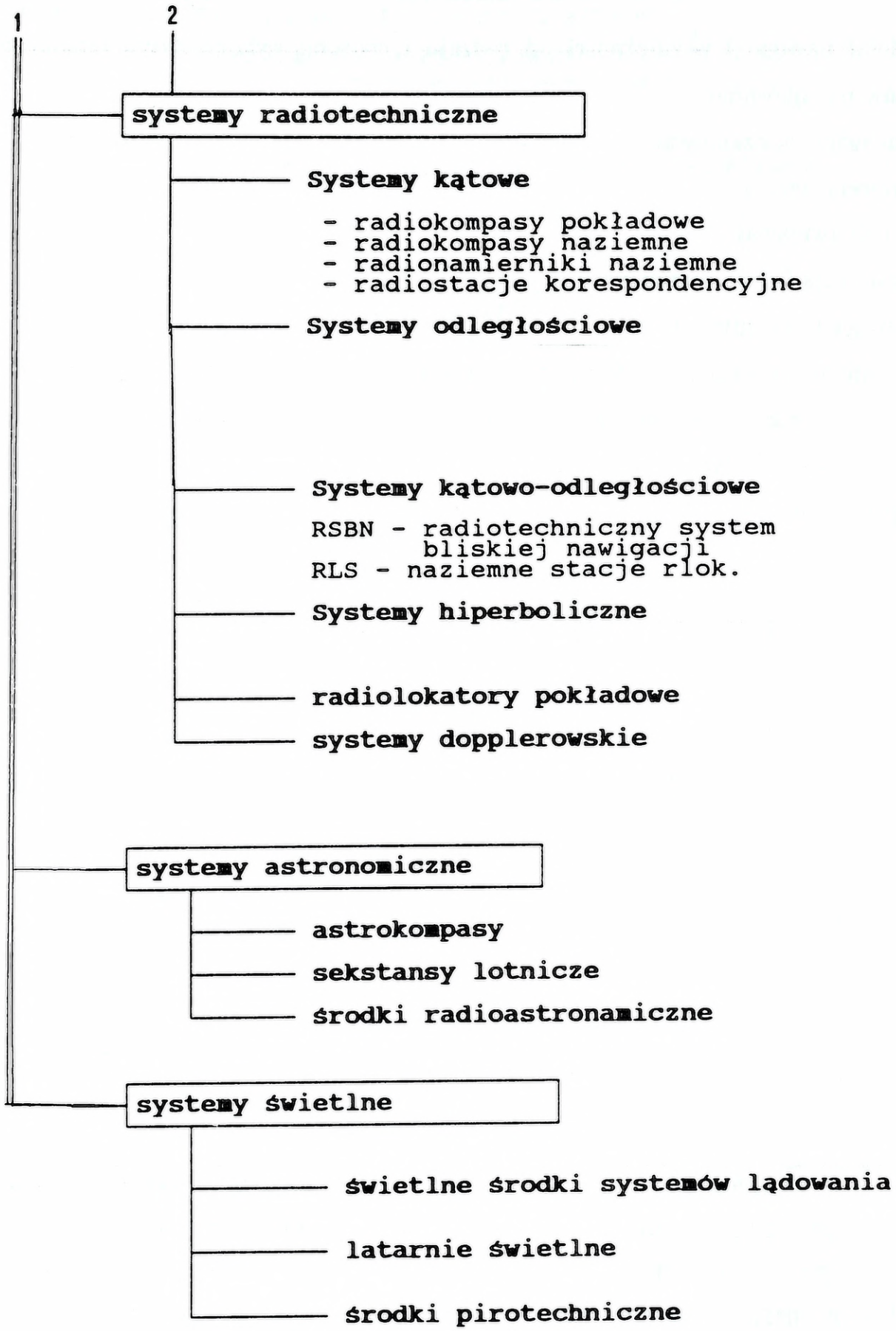
Według zasady działania określonej pierwotnym źródłem informacji nawigacyjnej

1

- **systemy geotechniczne**

2

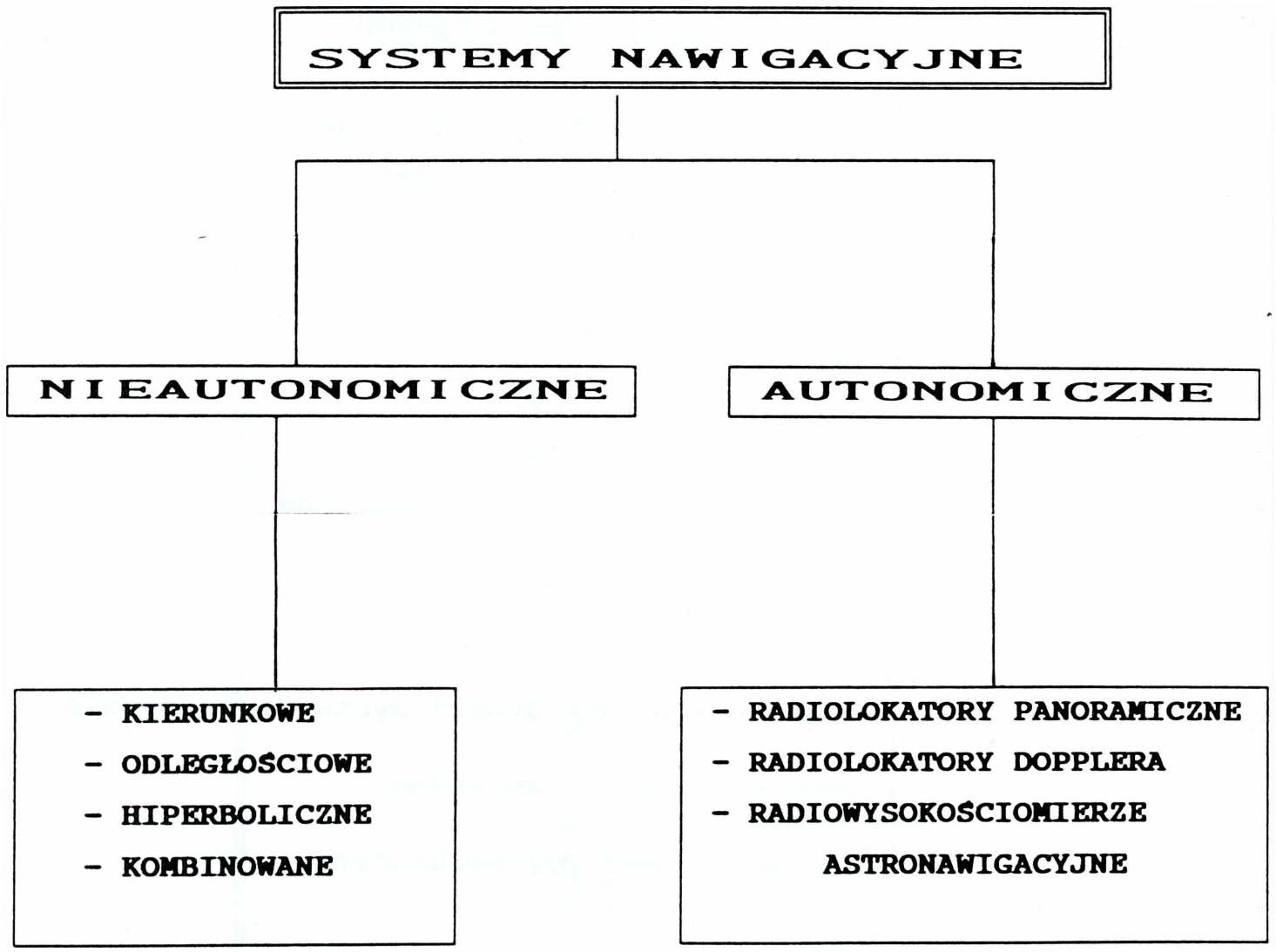
- **busole magnetyczne**
  (do wyznaczania kierunku lotu)
- **podsystemy nawigacyjno-pilotażowe przyrządy żyroskopowe**
  (Do określania wielkości kątowych charakteryzujących przestrzenne położenie statku powietrznego względem ziemi.)
- **żyroskopowo-magnetyczne i żyroskopowo--indukcyjne busole**
  (zespół przyrządów do określania i utrzymywania nakazanego kierunku lotu)
- **prędkościomierze**
- **wizjery optyczne**
- **automatyczne urządzenia do zliczania drogi**
  (wykorzystują dane z busoli, prędkościomierza i wysokościomierza)
- **środki bezwładnościowe**
  (zwane również systemami bezwładnościowymi, do ciągłego określania pozycji, prędkości i kierunku lotu na podstawie pomiaru przyśpieszeń występujących w czasie lotu)


1
2
systemy radiotechniczne
Systemy kątowe
- radiokompasy pokładowe
- radiokompasy naziemne
- radionamierniki naziemne
- radiostacje korespondencyjne
Systemy odległościowe
Systemy kątowo-odległościowe
RSBN - radiotechniczny system bliskiej nawigacji
RLS - naziemne stacje rlok.
Systemy hiperboliczne
radiolokatory pokładowe
systemy dopplerowskie
systemy astronomiczne
astrokompasy
sekstansy lotnicze
środki radioastronamiczne
systemy świetlne
świetlne środki systemów lądowania
latarnie świetlne
środki pirotechniczne

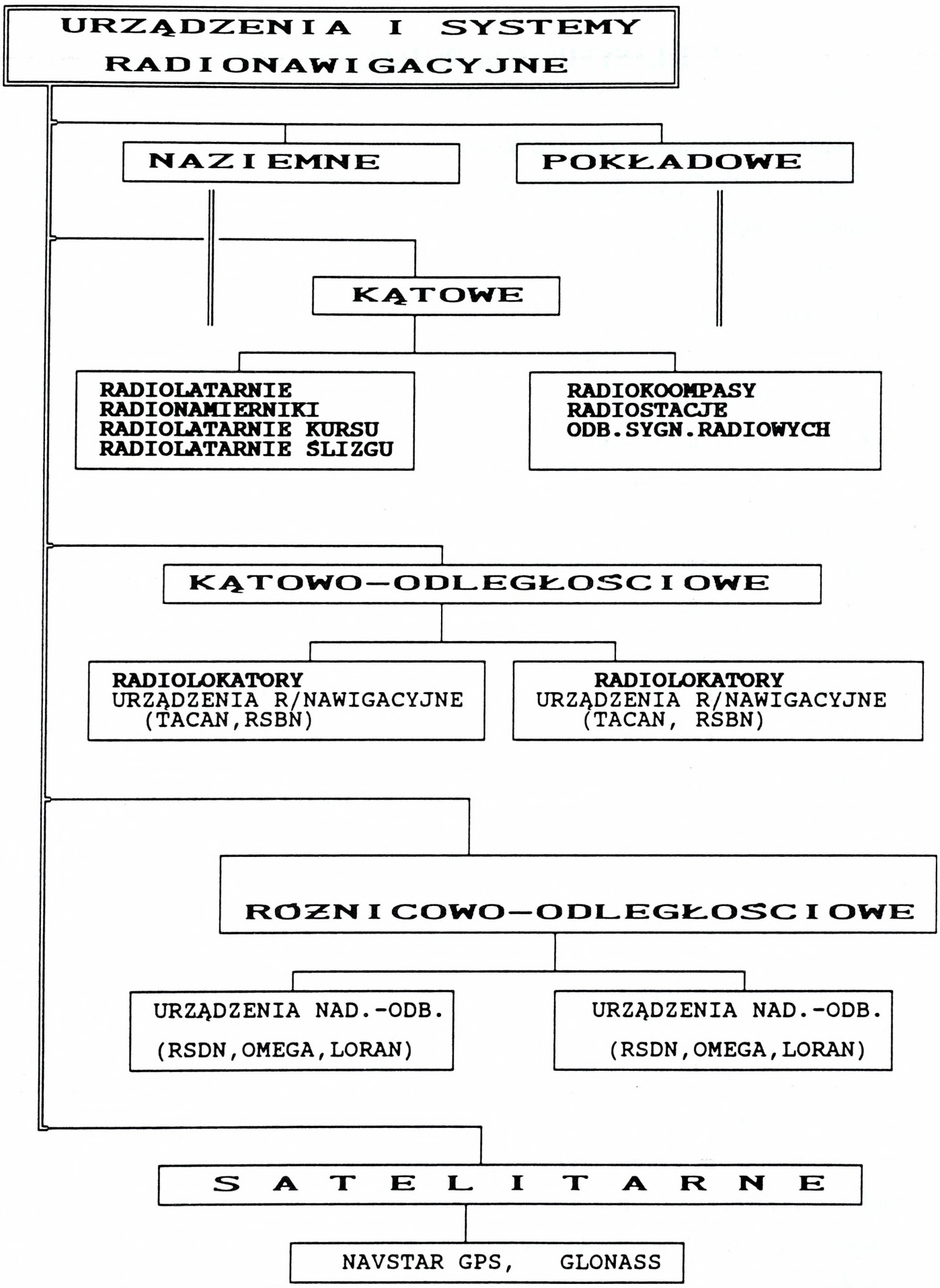
Podział nawigacji w zależności od rodzaju i sposobu wykorzystania technicznych środków nawigowania:

- nawigacja zliczeniowa;
- radionawigacja;
- astronawigacja;
- nawigacja bezwładnościowa;
- nawigacja kosmiczna.

Jak można zauważyć systemy nawigacyjne klasyfikuje się według różnorodnych kryteriów wynikających głównie z technicznych zasad ich funkcjonowania. Bardzo często kryteria te bywają niejasne. Stąd też możliwy jest następujący podział systemów nawigacyjnych (rys. 1).



Rys. 1. Jeden z możliwych podziałów systemów nawigacyjnych



Rys. 2. Możliwy podział urządzeń i systemów radionawigacyjnych

2. KLASYFIKACJA RODZAJÓW NAWIGACJI

Nawigacja astronomiczna, astronawigacja

Dział wiedzy, umożliwiający nawigowanie statków powietrznych na podstawie namiarów ciał niebieskich. Wszystkie metody n.a. są oparte na określaniu powierzchni położenia i linii położenia statku powietrznego. Przecięcie się trzech powierzchni położenia wyznacza punkt określający pozycję statku powietrznego. W n.a. wybiera się ciała niebieskie o największej jaskrawości świecenia (Słońce, Księżyc, niektóre planety, gwiazdy pierwszej i drugiej wielkości). Środkami technicznymi astronawigacji lotniczej są sekstansy lotnicze, kompasy astronomiczne horyzontalne i równikowe, nawigatory astronomiczne, chronometry oraz pomoce nawigacyjne - tablice i mapy nawigacyjne. Nawigację astronomiczną stosuje się w lotach na duże odległości nad obszarami nie mającymi punktów orientacyjnych. Ograniczenia w stosowaniu n.a. wynikają z widzialności ciał niebieskich.

Nawigacja autonomiczna

Metoda nawigacji polegająca na określaniu wszystkich elementów nawigacyjnych środkami dostępnymi na pokładzie statku powietrznego (przyrządami nawigacyjnymi, za pomocą informacji uzyskiwanych z obserwacji terenu itp.). Nawigacja autonomiczna jest odporna na wszystkie zakłócenia zewnętrzne. Zasięg nawigacji autonomicznej jest nieograniczony.

Nawigacja geofizyczna

Dział nawigacji obejmujący metody i środki techniczne uzyskiwania informacji o parametrach ruchu statku powietrznego na podstawie pomiaru charakterystyk fizycznych oäl Ziemi (grawitacyjnych, cieplnych, magnetycznych) oraz znajomości ich zmian czasowo-przestrzennych. Cechą charakterystyczną nawigacji geofizycznej jest autonomiczność pomiarów, szeroki wachlarz zastosowań, duża objętość informacji wyjściowej oraz możliwość realizacji, przy właściwej organizacji i obróbce pomiarów, obszernego zakresu zadań nawigacyjnych.

Nawigacja geomagnetyczna

Dział nawigacji obejmujący metody i środki techniczne uzyskiwania informacji o liniowych współrzędnych pozycji środka masy statku powietrznego i jego współrzędnych kątowych. Nawigacja geomagnetyczna jest oparta na zasadzie pomiaru fizycznych parametrów pola magnetycznego Ziemi. Główną zaletą n.g. jest autonomiczność pomiarów, znaczny zakres zastosowania oraz duża ilość informacji uzyskiwanych po odpowiednim przetworzeniu. Metoda n.g. jest oparta na porównaniu fizycznych parametrów pola pomierzonego za pomocą mierników informacji geomagnetycznej z analogicznymi parametrami pola magnetycznego, których rozkład w przestrzeni jest znany. Rozkłady pola magnetycznego w przestrzeni są znane na podstawie wieloletnich pomiarów jego parametrów i są wykazywane na odpowiednich mapach i w tablicach. Parametry pola magnetycznego zależą od szerokości geograficznej oraz odległości od Ziemi. Oprócz tego parametry zmieniają się losowo z powodu licznych przyczyn. Czynniki te wpływają na dokładność n.g. W celu zwiększenia dokładności n.g. wykorzystuje się ją z innymi rodzajami nawigacji.

Nawigacja inercjalna

Metoda nawigacji umożliwiająca nawigowanie statku powietrznego na podstawie danych, określonych sposobem dwukrotnego całkowania przyspieszeń działających na statek. Ze względu na metodę wyznaczania pozycji statku powietrznego, n.i. jest zaliczana do nawigacji zliczeniowej. Zainstalowane na statku przyspieszeniomierze mierzą przyspieszenia wywołane przez siły nienawigacyjne (ciągu, oporu aerodynamicznego i nośną). Podstawową wadą n.i. jest niemożliwość pomiaru drogi statku powietrznego pod wpływem siły grawitacyjnej. Nawigację inercjalną charakteryzuje się dużą dokładnością wyznaczania elementów nawigacyjnych.

Nawigacja lotnicza

Dział nawigacji, obejmujący metody i środki techniczne, zapewniający dokładne, niezawodne i bezpieczne nawigowanie statków powietrznych z jednego do drugiego punktu przestrzeni powietrznej. Określenie nawigacja pochodzi od wyrazu łacińskiego navigatio - żegluga. Pod pojęciem nawigowanie statku powietrznego rozumie się określony zespół, czynności załogi statku i naziemnej służby kierowania ruchem

lotniczym, skierowanym na zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa i dokładności wykonywania lotu wzdłuż nakazanej trasy w celu dotarcia do określonego miejsca w określonym czasie. Przedmiotem n.l. są: określanie celu lotu i algorytmu, według którego opracowuje się program lotu statku powietrznego w czasie i w przestrzeni, z uwzględnieniem warunków sytuacji powietrznej, wykorzystywanie sposobów uzyskiwania informacji o pozycji przestrzenno-czasowej statku powietrznego oraz parametrach jego ruchu, zastosowanie środków technicznych, do zbierania i przetwarzania informacji o locie, wykorzystywanie uzyskanej informacji do orientacji i sterowania lotem. Zależnie od zastosowanych w lotnictwie sposobów i środków technicznych określania elementów nawigacyjnych rozróżnia się:

- nawigację astronomiczną;
- nawigację radiową;
- nawigację inercjalną;
- nawigację wizualną;
- nawigację meteorologiczną;
- nawigację radiolokacyjną;
- nawigację topograficzną;
- nawigację zliczeniową.

Nawigacja meteorologiczna

Dział nawigacji oparty na określaniu elementów nawigacyjnych lotu w wyniku pomiaru (za pomocą przyrządów pokładowych), niektórych parametrów charakteryzujących stan atmosfery ziemskiej. Parametry atmosfery ziemskiej: ciśnienie barometryczne, temperatura, stopień jonizacji, wilgotność, skład chemiczny, gęstość itp. są związane w sposób określony ze współrzędnymi geograficznymi i wysokością. Pomiar tych parametrów, a następnie ich porównanie z wartościami zawartymi w odpowiednich tablicach umożliwia określenie niezbędnych elementów nawigacyjnych, niezbędnych do nawigowania statku powietrznego. Nawigacja meteorologiczna umożliwia prowadzenie statku powietrznego bez widoczności Ziemi i posługiwania się innymi środkami nawigacyjnymi.

Nawigacja międzysamolotowa

Dział nawigacji związany z nauką o metodach i środkach technicznych prowadzenia statku powietrznego w lotach grupowych, gdzie jest załoga prowadząca i załogi prowadzone. Podstawowym zadaniem załogi prowadzącej jest kierowanie lotem grupy i ciągłe informowanie załóg prowadzonych o sytaucji powietrznej. Załogi prowadzone otrzymują informacje o nakazanym odstępie, odległości i przewyższeniu między poszczególnymi statkami powietrznymi oraz wykonują wszystkie komendy załogi prowadzącej. Te funkcje mogą być wykonywane automatycznie dzięki zastosowaniu nawigacji międzysamolotowej.

Nawigacja nieautonomiczna

Metoda nawigowania oparta na wykorzystywaniu naziemnych środków technicznych, a przede wszystkim systemów radiotechnicznych. Nawigacja nieautonomiczna jest zależna od jakości środków radiotechnicznych, które są łatwo zakłócane. Zasięg nawigacji nieautonomicznej jest ograniczony zasięgiem środków radiotechnicznych.

Nawigacja podstawowa

Polega na prowadzeniu orientacji geograficznej określania pozycji statku powietrznego i jego kierunku na podstawie wskazań busoli, prędkościomierza, wysokościomierza, chronometru i mapy oraz obserwacji terenu (punktów orientacyjnych), nad którymi przelatuje statek powietrzny.

Nawigacja radiolokacyjna

Metoda prowadzenia statku powietrznego na podstawie elementów nawigacyjnych określonych za pomocą stacji radiolokacyjnej. Metodę nawigacji radiolokacyjnej zalicza się do metod porównawczych. Obraz terenu uzyskany za pomocą stacji radiolokacyjnej i przedstawiony na wskaźniku obserwacji okrężnej lub sektorowej jest porównywany z mapą danego wycinka terenu. W wyniku porównania można określić pozycję statku powietrznego, jego kurs i inne elementy nawigacyjne. Proces uzgadniania może być w pełni zautomatyzowany. W takim systemie obraz uzyskany za pomocą pokładowej stacji radiolokacyjnej jest porównywany z szeregiem wzorcowych obrazów przechowywanych w pamięci urządzenia. Są one wytworzone na podstawie

danych z lotu rozpoznawanego lub przewidywane na podstawie mapy terenu. Porównania dokonuje się metodą korelacji między bieżącym zobrazowaniem a mapą odniesienia (zgrywania mapy).

Nawigacja satelitarna

Metoda wyznaczania pozycji statku powietrznego na podstawie elementów nawigacyjnych określonych w wyniku namierzania sztucznych ciał niebieskich - satelitów. Nawigacja satelitarna jest zbliżona do nawigacji astronomicznej. Różnice polegają jedynie na ich możliwościach. W nawigacji astronomicznej można wyznaczać jedynie kąty, natomiast w nawigacji satelitarnej - kąty, odległość i prędkość. Wynika to z faktu, iż satelity można wyposażać w aparaturę odbiorczo-nadawczą (rys. 3).

Rozróżnia się trzy grupy satelitarnych systemów nawigacyjnych:

- systemy kątowe;
- odległościowo-prędkościowe oraz systemy kątowo-odległościowe.

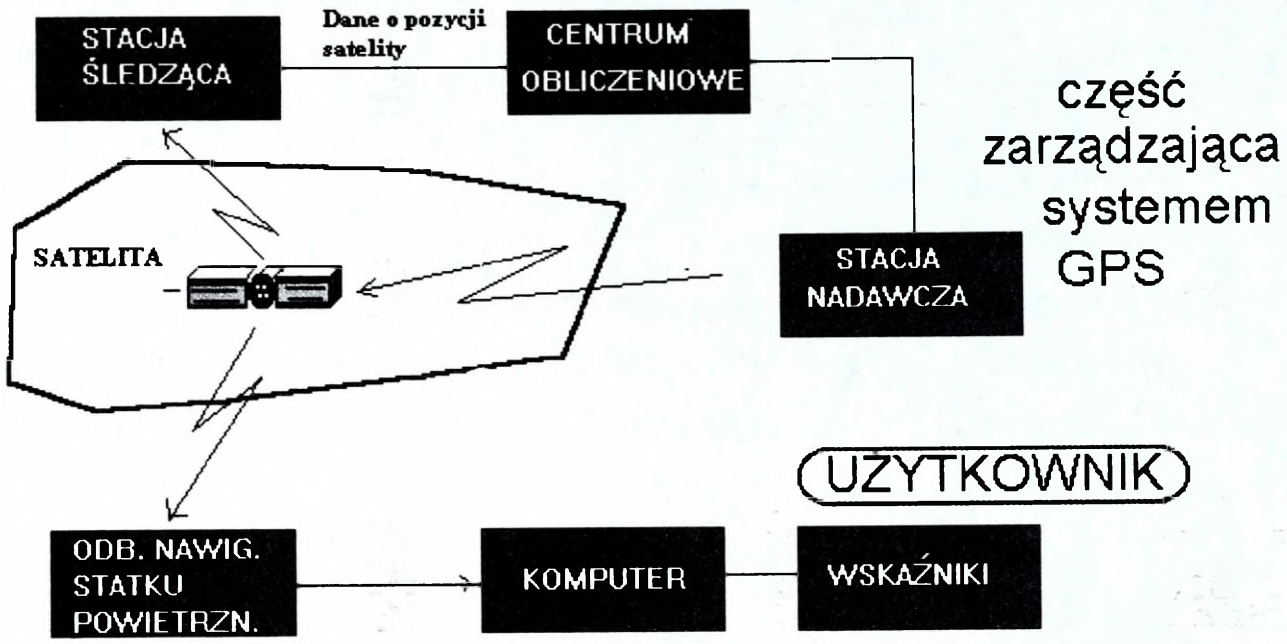
Wszystkie systemy nawigacji satelitarnej składają się z następujących elementów:

- jednego lub kilku satelitów;
- sieci stacji śledzących ruch satelitów;
- centrum obliczeniowego;
- kanałów przekazywania danych oraz sprzętu odbiorczego i obliczeniowego nawigatora.

Na pokładzie statku powietrznego znajdują się radiosekstans lub inne urządzenie do namierzania satelity, antena dla systemu odległościowo-prędkościowego i odbiornik radiolokacyjny systemu kątowo-odległościowego.

Nawigacja według przyrządów

Metoda nawigacji zaliczana do metod nawigacji zliczeniowej. N.w.p. umożliwia nawigowanie statku powietrznego na podstawie mapy i wskazań podstawowych przyrządów pokładowych: busoli, prędkościomierza, wysokościomierza i zegara. Metoda ta polega na wyznaczaniu elementów nawigacyjnych za pomocą nawigacyjnego trójkąta prędkości - wykreślenie (na mapie) lub analitycznie.



Rys. 3. Schemat blokowy systemu nawigacji satelitarnej

Nawigacja zliczeniowa

Metoda nawigacji oparta na określaniu pozycji statku powietrznego za pomocą całkowania przyspieszeń lub prędkości lotu. Do nawigacji zliczeniowej należą: nawigacja zliczeniowa drogi powietrznej, nawigacja radiolokacyjna, nawigacja wykorzystująca stację dopplerowską i nawigacja inercjalna. Cechą charakterystyczną nawigacji zliczeniowej jest narastanie błędu w miarę upływu czasu, co powoduje konieczność posługiwania się, oprócz nawigacji zliczeniowej, również innymi metodami nawigowania.

Nawigacja wzrokowa

Nawigacja wzrokowa jako nawigacja zasadnicza bywa stosowana bardzo rzadko i jedynie na krótkich trasach, biegnących wzdłuż obiektów liniowych, jak linie kolejowe, szosy, rzeki, brzeg morza itp. Stanowi ona natomiast konieczne uzupełnienie nawigacji według przyrządów pokładowych (rzadziej - radiowej) i służy do sprawdzania i ewentualnego korygowania obliczeń nawigacyjnych. W tym celu za pomocą rozpoznania wzrokowego ustala się położenie samolotu względem terenu. Pomocne są przy

tym charakterystyczne obiekty orientacyjne dobrze widoczne z samolotu i naniesione na mapę w stosunku do których ustala się usytuowanie samolotu. Po porównaniu mapy z terenem nanosi się położenie samolotu na mapę i otrzymuje aktualną jego pozycję.

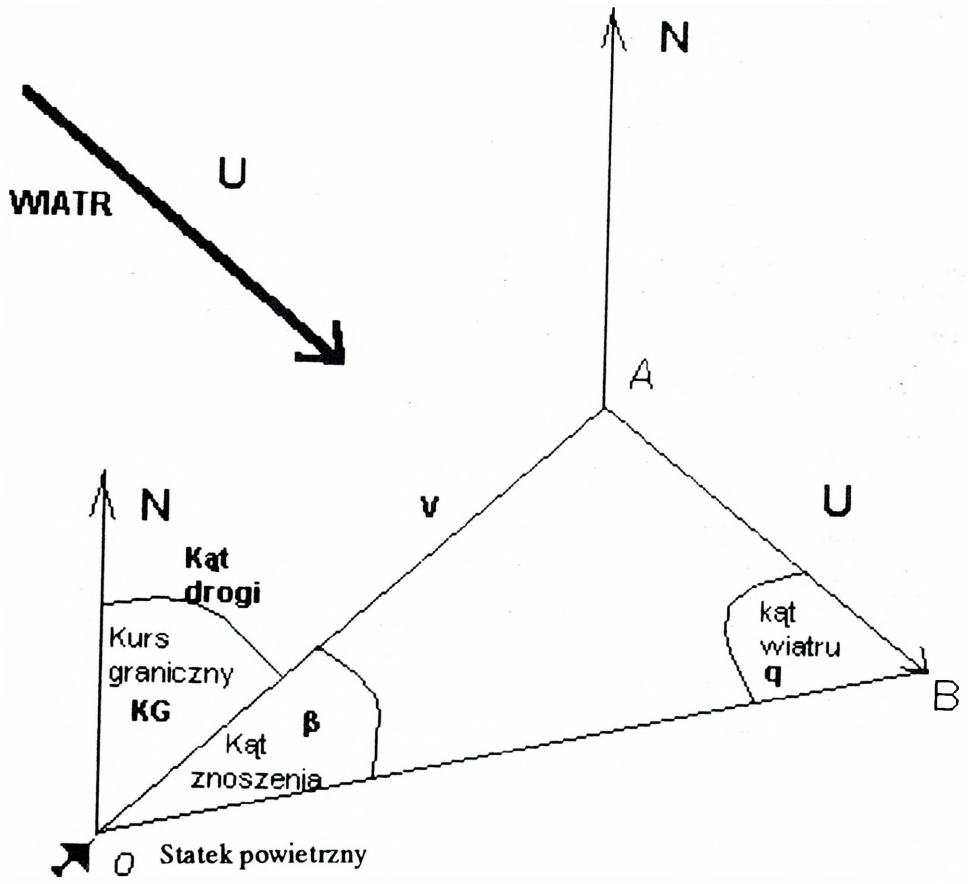
Nawigacja według busoli

Nawigacja wg busoli jest stosowana na trasach o małej i średniej długości i polega na wyznaczeniu danych, które można kontrolować za pomocą prostych pokładowych przyrządów nawigacyjnych. Niezbędne dane nawigacyjne wyznacza się na podstawie tzw. **nawigacyjnego trójkąta prędkości**, do zbudowania którego potrzebne są następujące elementy:

- *prędkość lotu*, tzn. rzeczywista prędkość samolotu względem niezakłóconego powietrza;
- *linia drogi*, tzn. linia, po której samolot przemieszcza się względem powierzchni Ziemi;
- *prędkość podróżna*, tzn. prędkość samolotu względem powierzchni Ziemi;
- *prędkość wiatru*, tzn. prędkość przemieszczania się mas powietrznych względem powierzchni Ziemi;
- *kierunek wiatru*, tzn. kąt zawarty między północnym kierunkiem południka a wektorem wiatru, mierzony w stopniach. W nawigacji kierunek ten określa, dokąd wiatr wieje, w odróżnieniu od meteorologii, w której określa się, skąd wieje wiatr;
- *kąt wiatru*, tzn. kąt zawarty między wektorem wiatru a linią drogi samolotu;
- *kąt drogi*, tzn. kąt zawarty między północnym kierunkiem południka a linią drogi;
- *kurs samolotu*, tzn. kąt zawarty między północnym kierunkiem południka a osią podłużną samolotu, mierzony w stopniach zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara. W celu wyznaczenia kursu geograficznego (względem południka geograficznego) należy kurs busoli skorygować przez uwzględnienie deklinacji i dewiacji;
- *deklinacja*, tzn. odchylenie południka magnetycznego od południka geograficznego (różne w różnych częściach globu ziemskiego);
- *dewiacja*, tzn. odchylenie igły busoli od południka magnetycznego, wywołane oddziaływaniem pola magnetycznego części składowych samolotu (różne przy różnych kursach).

Nawigacyjny trójkąt prędkości

Pod wpływem ciągu silnika samolot leci z określoną prędkością lotu po linii stycznej do jego osi podłużnej. Pod wpływem wiatru jest on jednocześnie znoszony w kierunku wiatru i z prędkością wiatru. W wyniku sumowania tych dwóch prędkości samolot przemieszcza się po wypadkowej, zbudowanej na wektorach prędkości lotu i prędkości wiatru. Przed rozpoczęciem lotu znana jest prędkość lotu samolotu oraz punkty drogi: **początkowy O** i **końcowy B**. Posługując się mapą wyznacza się linię drogi nakazanej oraz kąt drogi. Do wyznaczenia kursu powinny być znane prędkość i kierunek wiatru na przewidywanej wysokości lotu; dane te dostarcza służba meteorologiczna. Na podstawie tych danych wyznacza się prędkość podróżną oraz kurs magnetyczny, według którego należy prowadzić samolot, aby przy danym wietrze lecieć wzdłuż linii drogi nakazanej **OB**. Wielkości te można obliczyć, posługując się specjalnym suwakiem nawigacyjnym, lub wyznaczyć wykreślnie - korzystając z trójkąta prędkości. Na podstawie znajomości długości drogi oraz prędkości podróżnej oblicza się czas lotu.



Rys. 4. Nawigacyjny trójkąt prędkości

Lot po trasie

Po wyznaczeniu kursu magnetycznego prowadzi się samolot według busoli, kontrolując prędkość lotu i zliczając przebytą drogę na podstawie znajomości prędkości podróżnej i czasu lotu. Dla uproszczenia czynności w powietrzu, przed rozpoczęciem lotu nanosi się na linię drogi nakazanej (na mapie) punkty, w których samolot powinien znaleźć się po upływie określonych czasów lotu (na przykład po 5, 10, 15 min. itd.). Podczas lotu, posługując się metodami nawigacji wzrokowej, porównuje się mapę z terenem w celu sprawdzenia, czy nie ma odchyłek w stosunku do przewidywań; mogą one być spowodowane niedokładnością danych dotyczących wiatru, zmianą wysokości lotu itp. W przypadku ich zaistnienia wprowadza się odpowiednie poprawki kursu lub prędkości lotu.

Podczas lotu w burzowej atmosferze, wskutek silnych wahań róży wiatrów w busoli magnetycznej utrzymanie właściwego kursu jest trudne i dokładność nawigowania może być niewystarczająca (zwłaszcza przy utrudnionej nawigacji wzrokowej). W związku z tym oprócz busoli magnetycznych stosuje się busole giromagnetyczne i giroskopowe, które są bardziej stabilne.

Nawigacja radiowa

Nawigacja radiowa (radionawigacja) jako sposób prowadzenia samolotu po nakazanej trasie jest najczęściej stosowana w warunkach złej widoczności lub braku widoczności obiektów orientacyjnych na ziemi, tzn. podczas lotu w chmurach lub nad nimi, nad obszarami objętymi mgłą, a także w dzień i w nocy nad dużymi obszarami wodnymi lub pustynnymi.

Stosowanie tego rodzaju nawigacji możliwe jest w rejonach znajdujących się w zasięgu naziemnych urządzeń radiotechnicznych, rozmieszczanych zazwyczaj wzdłuż bardziej uczęszczanych tras przelotów. Do radiotechnicznych środków nawigacyjnych należą:

- radiostacje korespondencyjne;
- radiolatarnie;
- pokładowe i naziemne radionamierniki i radiolokatory.

Radionamiar jest to kąt, mierzony zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, zawarty między kierunkiem północnym a linią łączącą radionamiernik z radiostacją

nadającą. Zależnie od rodzaju układu kierunkowego, rozróżniamy radionamiar geograficzny, magnetyczny, busoli i kąt kursowy radiostacji.

Radionamiernik jest to radioodbiornik naziemny zaopatrzony w antenę kierunkową, zorientowaną w odniesieniu do południka ziemskiego. Radionamiernik wyznacza kierunek, na jakim znajduje się nadająca radiostacja pokładowa i informuje o nim przez radio załogę samolotu. Załoga samolotu za pomocą nadawczo-odbiorczej radiostacji pokładowej komunikuje się z radionamiernikiem oraz nadaje sygnały dla namierzania przez radionamiernik.

Radiolatarnia jest to naziemny radionadajnik, wysyłający alfabetem Morse'a sygnały rozpoznawcze i orientujące.

Radiokompas jest to pokładowy radionamiernik, automatycznie wyznaczający kierunek na obraną stację nadawczą, tzn. określający kąt zawarty między podłużną osią samolotu a linią łączącą samolot ze stacją. Radiokompas składa się z anteny bezkierunkowej, anteny ramowej, radioodbiornika, skrzynki rozdzielczej, wskaźnika lub wskaźników kursu (dla pilota i nawigatora), pulpitów strojenia, przetwornicy i słuchawek fonicznych.

Radiopółkompas jest to urządzenie podobne do radiokompasu, wymaga jednak ręcznego nastawiania. Wyznacza kierunek na radiostację w ograniczonym zakresie kątów.

Możliwości wykorzystania radiotechnicznych urządzeń nawigacyjnych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

RADIOTECHNICZNE URZĄDZENIA NAWIGACYJNE

Urządzenia naziemne	Urządzenia pokładowe	Możliwości
Radiostacja lotniskowa lub publ. rozgłośnia radiowa	Radiokompas lub radiopółkompas	Namiar jednej stacji naziemnej wyznacza kierunek statku latającego w odniesieniu do stacji nadawczej, a namiar dwóch stacji - obliczeniową pozycję statku latającego
Radionamiernik	Radiostacja nadawczo-odbiorcza	Jeden radionamiernik służy do wyznaczania kierunku statku latającego w odniesieniu do stacji nadawczej, dwa - wyznaczenia obliczeniowej pozycji statku latającego

Urządzenia naziemne	Urządzenia pokładowe	Możliwości
Radiolatarnia	Radioodbiornik lub radiokompas	Jedna radiolatarnia służy do wyznaczania kierunku statku latającego w odniesieniu do stacji nadawczej, a dwie - wyznaczenia obliczeniowej pozycji statku latającego
Hiperboliczny fazowy lub impulsowy system radionawigacyjny	Specjalne urządzenie odbiorcze	Jedna para stacji naziemnych umożliwia wyznaczenie kierunku statku latającego w odniesieniu do stacji nadawczej, dwie pary - wyznaczenie obliczeniowej pozycji statku latającego
Kołowy system nawigacyjny	Specjalne urządzenie nadawczo--odbiorcze	Jedna stacja umożliwia wyznaczenie kierunku lub odległości statku latającego w odniesieniu do stacji nadawczej, dwie stacje - wyznaczenie obliczeniowej pozycji statku
Stacja radiolokacyjna	Radiostacja nadawczo-odbiorcza	Jedna stacja umożliwia wyznaczenie obliczeniowej pozycji i wysokości statku latającego

Lot na radiostację

Najprostszy sposób prowadzenia samolotu za pomocą środków radiotechnicznych sprowadza się do lotu w kierunku na radiostację prowadzącą, który to kierunek jest wyznaczany i utrzymywany za pomocą radiokompasu. Radiostację prowadzącą ustawia się zazwyczaj w pobliżu lotniska. Można też korzystać z publicznych rozgłośni radiowych, mieszczących się możliwie blisko od lotniska docelowego. Promień zasięgu radiostacji prowadzących zależy od ich mocy i od pory doby i wynosi od 100 do 2000 km. Radiostacje prowadzące o mocy 1 kW, rozmieszczone wzdłuż linii lotu co 400-500 km - w pełni umożliwiają prowadzenie samolotu po ustalonej trasie. Lot na radiostację może być wykonywany metodą bierną lub czynną.

Metoda bierna. W czasie lotu na radiostację metodą bierną z wykorzystaniem radiokompasu (wskazówka ma wskazywać zero - przy zmiennym kursie samolotu). Krzywa, po której samolot porusza się podczas lotu, nazywa się radiodromą. Kształt radiodromy zależy od stosunku prędkości lotu do prędkości wiatru i od kąta wiatru.

Metoda czynna. W locie biernym samolot może wyjść na radiostację z kierunku znacznie różniącego się od założonego kierunku drogi. W niektórych przypadkach unika się tego, wykonując lot metodą czynną, polegającą na uwzględnieniu kąta znoszenia. Podłużna oś samolotu jest wówczas odchylona w stronę nawietrzną o kąt znoszenia, który w locie na radiostację jest utrzymany za pomocą radiokompasu. Kurs

samolotu jest niezmienny, a linia rzeczywistej drogi jest wówczas zbliżona do ortodromy. Po zbliżeniu się na odległość 30-50 km od radiostacji przechodzi się na metodę bierną. Podczas lotu na radiostację zazwyczaj prowadzi się samolot z wykorzystaniem busoli magnetycznej, gdyż bez tego niemożliwe jest zliczenie przebytej drogi, co w przypadku nieprzewidzianego uszkodzenia radiokompasu prowadziłoby do utraty orientacji.

Lot od radiostacji

Lot od radiostacji w założonym kierunku przy wykorzystaniu radiokompasu jest niemożliwy bez jednoczesnego posługiwania się busolą. W locie od radiostacji wskaźnik kąta kursowego radiokompasu wskazuje bowiem 180° na każdym kursie, po którym samolot porusza się od radiostacji i nie uwzględnia tego, iż na przykład pod wpływem bocznego wiatru kierunek lotu zostaje zmieniony w stosunku do kierunku nakazanego. Kierunek lotu jest więc utrzymywany za pomocą busoli magnetycznej, a radiokompas służy do kontroli prawidłowego utrzymania samolotu na linii drogi nakazanej. Jeżeli istnieje możliwość przelotu nad radiostacją w punkcie początkowym drogi, to łatwo można wyznaczyć kąt znoszenia. W tym celu po przeleceniu dokładnie nad radiostacją kontynuuje się lot, utrzymując za pomocą busoli magnetycznej kurs równy nakazanemu kątowi drogi. Pod wpływem bocznego wiatru samolot jest jednak znoszony, przy czym kąt znoszenia jest równy różnicy między wskazaniami radiokompasu a kątem 180°, znak różnicy wskaże stronę znoszenia. Po dokonaniu kilku odczytów i ustaleniu średniej wartości wskazań radiokompasu wyznacza się kąt znoszenia, który służy do korygowania kursu samolotu. Jeżeli odległość między punktem wyjściowym a punktem końcowym trasy jest niezbyt wielka, to stosuje się korektę kursu w połowie przebytej drogi; w przypadku tym poprawka kursu równa jest podwójnemu kątowi znoszenia. W celu ułatwienia czynności nawigacyjnej stosuje się sprzężony wskaźnik odległościowej giromagnetycznej busoli i automatycznego radiokompasu. Wskaźnik ten ułatwia wykonywanie lotu na radiostację sposobem czynnym, umożliwia lot od radiostacji i upraszcza technikę lądowania bez widoczności ziemi. Podczas lotu na radiostację bez bocznego wiatru wskazówka radiokompasu pokrywa się z odpowiednio ustawioną wskazówką kursu nakazanego. W innych

przypadkach, wskazówki te nie pokrywają się ze sobą, sygnalizując, iż kierunek lotu nie odpowiada nakazanemu.

Lot według radiomiernika

Nawigowanie samolotem za pomocą naziemnego radionamiernika odbywa się według busoli magnetycznej, przy czym załoga samolotu co pewien czas (zazwyczaj co 3-5 min, a w pobliżu radionamiernika co 1-2 min) za pomocą radiostacji nadawczo-odbiorczej prosi o namiar, posługując się specjalnym kodem Q. Po otrzymaniu namiaru porównuje go z magnetycznym kierunkiem drogi i ustala, czy samolot leci po linii drogi nakazanej. W przypadku odchylenia od tej linii dokonuje odpowiedniej poprawki kursu. W przypadku istnienia wiatru bocznego kolejne namiary są różne, gdyż występuje znoszenie samolotu. Jeżeli bocznego wiatru nie ma, to są one jednakowe.

Lot na radionamiernik można wykonywać sposobem biernym lub czynnym. Podczas lotu sposobem biernym samolot porusza się po linii łamanej, odchylonej od linii drogi w kierunku wiatru, natomiast sposób czynny zapewnia lot samolotu po linii drogi nakazanej. Namiary kursu podawane przez radionamiernik są również pomocne podczas lotu od radionamiernika. Grupa radionamierników, składająca się zwykle z trzech namierników rozmieszczonych w pewnych odległościach od siebie, służy do bezpośredniego ustalenia pozycji samolotu. W tym celu wszystkie radionamierniki jednocześnie namierzają się na sygnały samolotu; otrzymane wyniki namiaru przekazuje się do radionamiernika głównego, gdzie - po naniesieniu ich na mapę - wyznacza się pozycję obliczeniową samolotu (jest nią punkt przecięcia namiarów poszczególnych radionamierników) i odpowiednie dane przekazuje przez radio załodze samolotu.

Lot według radiolatarni

W nawigacji lotniczej stosuje się:

- radiolatarnie bezkierunkowe;
- kursowe - pracujące strefą lub namiarem;
- kierunkowe - obrotowe *i z* wiązką wirującą;
- specjalne radiolatarnie hiperboliczne i radiolokacyjne systemy nawigacyjne.

Własności ich zależą głównie od charakterystyk promieniowania anten.

Radiolatarnia bezkierunkowa pracująca strefą umożliwia prowadzenie samolotu po t rasie, wzdłuż której skierowana jest jedna ze stref. Radiolatarnia ma dwie anteny kierunkowe (ramowe), z których jedna promieniuje literą A(.-)., druga zaś - na przemian - literą N(-.). Słyszalność tych sygnałów dzięki kierunkowym antenom nie wszędzie jest jednakowa: w wąskim wycinku przestrzeni, zwanym strefą równosygnałową (teoretycznie tylko wzdłuż osi tej strefy), słyszy się oba sygnały z jednakowym nasileniem. W niektórych układach, pracujących systemem tzw. przeplatania, w strefie tej oba sygnały zlewają się jako jeden sygnał ciągły. Na zewnątrz od strefy równosygnałowej istnieją strefy dwusygnałowe, w których oba sygnały słychać z różnym nasileniem. Stopniowo przechodzą one w strefy jednosygnałowe, w których słychać tylko sygnał A lub N. Strefy równosygnałowe przypominające snop światła reflektora, wytyczają ściśle określony kierunek "drogi powietrznej". Spośród czterech stref latarni w nawigacji wykorzystuje się tylko dwie strefy wyższe, o szerokości kątowej 2-3°, gdyż pozostałe dwie sa zbyt szerokie (10-12°) i nie zapewniają wymaganej dokładności utrzymania kierunku. Nawigując samolot w kierunku wytyczonym przez radiolatarnię, w taki sposób operuje się sterami, aby w słuchawkach radioodbiornika mieć jednobrzmiące sygnały A i N.

Radiolatarnia bezkierunkowa pracująca namiarem ma 16 lub 18 anten ramowych ustawionych promieniowo. Każda z nich wysyła swój sygnał (literę alfabetu Morse'a) z częstotliwością 2 razy na minutę. Radiolatarnia wysyła więc 32 lub 36 sygnałów na minutę, promieniowanych kolejno przez poszczególne anteny, przy czym w danym miejscu słyszalność ich jest różna - od maksymalnej do minimalnej (zerowej), w zależności od położenia danego miejsca względem kierunku anteny, z której sygnał pochodzi. Jeżeli więc znane jest położenie latarni, zorientowanie anten względem kierunku północnego oraz sygnały wysyłane przez każdą z nich, to na podstawie natężenia słyszalności sygnałów odbieranych w słuchawkach radioodbiornika pokładowego można wyznaczyć namiar (peleng) samolotu względem radiolatarni. Co pewien czas radiolatarnia wysyła również swój sygnał rozpoznawczy. Korzystając z nasłuchu dwóch radiolatarni pracujących namiarem można wyznaczyć (ze względu na niedoskonałość narządu słuchu - w przybliżeniu) pozycję statku powietrznego. Podczas lotu do lub od radiolatarni nawiguje się w ten sposób, aby właściwy nakazanemu kierunkowi lotu sygnał było słabiej słyszalny niż wszystki inne sygnały.

Radiolatarnia ogólnokierunkowa VOR pracuje na bardzo wysokiej częstotliwości, tzn. na falach ultrakrótkich. Wyznacza ona nieskończoną liczbę dróg wychodzących z niej promieniście i jest mniej czuła na zakłócenia, co stanowi jej zalety w porównaniu z poprzednio omówionymi układami. Na statku powietrznym kurs na radiolatarnię VOR wyznaczany jest automatycznie przez porównanie fazy sygnału o charakterystyce ogólnokierunkowej nadawanego przez jedną antenę naziemną O z fazą sygnału wirującego (różną dla różnych azymutów), promieniowanego przez cztery inne anteny A,B,C,D, rozmieszczone w narożach kwadratu. Tak więc dla azymutu 360° (północ) fazy obu sygnałów pokrywają się, dla azymutu 90° (wschód) faza jest przesunięta o 90°itd. Pokładowy przyrząd mierzący różnicę faz na wskaźniku wyskalowanym w stopniach podaje namiar statku powietrznego w odniesieniu do radiolatarni. Na mapach nawigacyjnych oznaczone są położenia czynnych radiolatarni VOR oraz ich sygnały rozpoznawcze. Nadajniki radiolatarni VOR stosowane są w dwóch odmianach: o mocy promieniowanej 50 W, obsługujące strefy przylotniskowe, i mocy promieniowanej 200 W, obsługujące trasy przelotowe. Zasięg tych ostatnich radiolatarni jest rzędu bezpośredniej widzialności, tzn. 100 km na wysokości lotu 300 km (nad powierzchnią równinną), 150 km na wysokości 1500 m i 370 km na wysokości 9000 m.

Wszystkie latarnie VOR pracują automatycznie i są sterowane zdalnie. Radiolatarnia VOR umożliwia nawigowanie statku powietrznego do niej i od niej, zaś za pomocą namiarów dwóch takich radiolatarni wyznacza się pozycję statku. Radiolatarnie VOR współpracują z urządzeniem DME, namierzającym odległość, co umożliwia wyznaczenie pozycji za pomocą namiaru jednego urządzenia VOR/DME. Połączenie radiolatarni VOR z urządzeniem ILS, tzn. z systemem lądowania według przyrządów umożliwia nawigowanie na trasie z bezpośrednim naprowadzeniem samolotu na lotnisko i wykonanie lądowania bez widoczności ziemi. Najłatwiej wchodzi się w strefę systemu ILS i podchodzi do lądowania wówczas, gdy radiolatarnia VOR ustawiona jest w linii lądowania. W innych przypadkach wykonuje się odpowiednie manewry.

Błąd namiaru radiolatarnią VOR zazwyczaj nie przekracza - 3,5°. W lotach nad terenem górzystym lub gęsto zabudowanym w wyniku wpływu lokalnych zakłóceń błąd ten może wzrastać do +6°. W celu zwiększenia dokładności namiarów radiolatarni VOR w USA i RFN opracowano urządzenie oznaczone DVOR (skrót Doppler-VOR) ze specjalnym układem anten, rozmieszczonych na okręgu o średnicy 13 m.

Dzięki wykorzystaniu efektu Dopplera zmniejsza się następstwa lokalnych zakłóceń i zwiększa się dokładność namiaru.

Radiolatarnia Consol lub WRM. System nawigacyjny zwany na Zachodzie "Consol", a w ZSRR-WRM-5 oparty jest na wykorzystaniu radiolatarni wielostrefowych, pracujących na falach średnich. Latarnie cyklicznie promieniują niemodulowane sygnały w postaci określonej kombinacji kresek i kropek. Cykl pracy radiolatarni w stacjach WRM-5 trwa 60 s zaś w stacjach Consol 40 s i obejmuje nadawanie sygnałów rozpoznawczych, sygnałów bezkierunkowych i sygnałów kierunkowych. Odbiór sygnałów możliwy jest za pomocą zwykłego radioodbiornika średniofalowego lub radiokompasu. Konieczne jest przy tym posługiwanie się mapami nawigacyjnymi z naniesionymi na nich położeniami radiolatarni i rozmieszczeniem stref słyszalności promieniowanych sygnałów. Namiar dokonywany jest przez zliczanie liczby kresek i kropek słyszalnych w danym miejscu podczas jednego cyklu pracy latarni (lub części tego cyklu) oraz przez wykorzystanie naniesionej na mapie linii odpowiadających poszczególnym liczbom tych sygnałów. Dokonanie namiaru względem dwóch radiolatarni - z wykorzystaniem wspomnianych map nawigacyjnych - umożliwia wyznaczenie pozycji statku. Praktyczny zasięg radiolatarni Consol lub WRM-5 o mocy promieniowanej 1,5-5 kW - zależnie od pory doby - wynosi 500-2500 km. Dokładność namiaru jest stosunkowo duża: zależnie od pory doby przy pracy na fali bezpośredniej (w zasięgu 100-500 km) błąd nie przekracza 0,5°, na fali odbitej (w zasięgu do 2500 km) wynosi 0,5-3°.

Nawigacja bezwładnowościowa

System bezwładnowościowy jest całkowicie niezależny od jakichkolwiek czynników zewnętrznych, jak łączność, prędkość i wysokość lotu, wpływ wiatrów, zakłóceń itd., co stanowi poważną jego zaletę w porównaniu z innymi metodami nawigacji. Umożliwia on automatyczne prowadzenie statku latającego od jednego do drugiego ustalonego punktu, wyznacza w sposób ciągły pozycję statku, prędkość podróżną, przebytą i pozostałą do przebycia drogę, kierunek na punkt przeznaczenia, położenie statku latającego względem osi układu odniesienia oraz oddziałuje na układ sterowania w celu korygowania odchyłek od trasy prowadzącej do punktu przeznaczenia.

W każdym bezwładnościowym systemie nawigacyjnym za pomocą odpowiednich przyrządów dokonywane są pomiary trzech rodzajów; za pomocą przyrządów giroskopowych mierzy się przyspieszenia i prędkości kątowe, za pomocą przyspieszeniomierzy giroskopowo-bezwładnościowych - przyspieszenia liniowe, oraz za pomocą precyzyjnych stabilizowanych źródeł częstości - mierzy się czas. Całkowanie (sumowanie) względem czasu mierzonych przyspieszeń, przy uwzględnieniu ich kierunku i wpływu pola grawitacyjnego, stanowi podstawową czynność w bezwładnościowych systemach nawigacji i naprowadzania; operacje te wykonują komputery. Dzięki tym urządzeniom przez całkowanie przyspieszeń wyznacza się prędkość statku latającego, a przez całkowanie prędkości wyznacza się przebytą drogę. W lotach przyziemnych wielkości te rozkłada się na dwa zasadnicze kierunki: północ-południe i wschód-zachód, co umożliwia wyznaczanie pozycji, kursu, prędkości podróżnej itp., w lotach pozaziemskich zaś rozkłada się na trzy kierunki, co pozwala ustalić położenie, prędkość itd. statku latającego w przestrzeni kosmicznej. Wartości współrzędnych początkowego punktu trasy statku, ustalane innymi metodami, wprowadza się do systemu pamięci komputera przed uruchomieniem systemu pomiarowego. Zasada działania urządzenia polega na utworzeniu płaszczyzny stabilizacji, dokonywaniu pomiaru przyspieszeń i ich sumowaniu w dwóch lub trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach, wyeliminowaniu wpływu obrotu Ziemi, sił, ciężkości, sił tarcia, niedokładności technologicznych oraz uwzględnieniu wielu innych jeszcze czynników wpływających na dokładność i pewność działania, ciężar i wymiary urządzenia. Urządzenie składa się z giroskopów, przyspieszeniomierzy elektromechanicznych lub elektronicznych, komputerów i przyrządów śledzących.

System ten jest stosowany głównie w kierowanych pociskach rakietowych bliskiego i dalekiego zasięgu. W samolotach stosowany jest zazwyczaj w połączeniu z innymi systemami (np. Dopplera). Według danych amerykańskich ciężar współrzędnych systemów bezwładnowościowych, zależnie od przeznaczenia i wymaganej dokładności działania, wynosi od 34 do 900 kG.

Nawigacja topograficzna

Nawigacja topograficzna, stosowana w bezpilotowych statkach latających (np. w pociskach kierowanych), polega na ciągłym porównywaniu obrazu terenu, nad którym

statek przelatuje, z obrazem uprzednio wprowadzonym do układu nawigacyjnego. Obrazy uprzednio wprowadzone do układu, jak również obrazy aktualnie uzyskiwane podczas lotu, mogą być otrzymywane za pomocą różnorodnych technik. Porównuje się na przykład mapę terenu z obrazem optycznym, mapę ze zdjęć radiolokacyjnych z obrazem uzyskiwanym w radiolokatorze, film terenu z obrazem telewizyjnym itp.

Podczas lotu, w specjalnym urządzeniu układu nawigacyjnego obraz aktualnie "widziany" ze statku porównywany jest z obrazem, który powinien być widziany, tzn. z odpowiednimi wycinkami mapy, filmu itp. Jeżeli oba te obrazy pokrywają się ze sobą, lot jest kontynuowany bez zmian. Jeżeli jednak pojawiają się między nimi jakieś przesunięcia, to układ porównawczy sygnalizuje kierunek i wartość zaistniałych przesunięć urządzeniu przeliczającemu, które wypracowuje odpowiednie sygnały korekcyjne, przekazywane z kolei do urządzeń sterujących. Wychylenia sterów przyczyniają się do likwidacji zaistniałych przesunięć i naprowadzają statek na właściwy tor, który zresztą w pewnych układach nanoszony jest na mapę w postaci linii drogi nakazanej.

System nawigacji topograficznej umożliwia prowadzenie statku latającego po torach prostoliniowych lub krzywoliniowych. Dzięki temu odpowiednio opracowana trasa lotu może zapewnić np. omijanie terenów lub obiektów silniej bronionych przez przeciwnika.

Nawigacja astralna

W związku z powszechnym użytkowaniem samolotów odrzutowych, latających na dużych wysokościach, istotnego znaczenia nabierają astronomiczne środki nawigacji lotniczej. Nawigacja astralna (astronomiczna) polega na wyznaczaniu pozycji i kursu statku latającego (lub statku wodnego) na podstawie pomiarów astronomicznych, tzn. pomiarów współrzędnych ciał niebieskich. Ruch obrotowy Ziemi wokół jej własnej osi przyczynia się do tego, że położenie ciał niebieskich na sferze niebieskiej zmienia się, przesuwając się od strony wschodniej ku zachodniej. Każde obserwowane ciało niebieskie usytuowane jest względem horyzontu pod pewnym kątem, który z upływem czasu zmienia się od wartości zerowej przy wschodzie, poprzez wartość maksymalną przy przechodzeniu przez południk obserwatora, do wartości zerowej przy zachodzie. Kąt ten nazywany jest wysokością ciała niebieskiego i jedną z podstawowych wielkości

wykorzystywanych w nawigacji astralnej. Kąt zawarty między linią pionową a kierunkiem do ciała niebieskiego nazywany jest odległością zenitalną Z; jest on dopełnieniem wysokości h_{zm} ciała do kąta prostego. Ruchy ciał niebieskich we wszechświecie są tak regularne, że wysokości dowolnego ciała obserwowanego z dowolnego miejsca na kuli ziemskiej mogą być dokładnie wyznaczane na wiele lat naprzód.

Wyznaczanie pozycji (miejsca położenia) statku latającego na podstawie namiaru wysokości ciał niebieskich oparte jest na wykorzystaniu faktu, że kąt r promienia okręgu jednakowych wysokości jest równy odległości zenitalnej Z_a. Pozycja ciała niebieskiego (punkt podgwiezdny O) określana jest za pomocą współrzędnych geograficznych, tzn. szerokości i długości. W związku z tym po zmierzeniu wysokości ciała niebieskiego i wyznaczeniu współrzędnych geograficznych jego pozycji, możemy wyznaczyć środek okręgu jednakowych wysokości ciała niebieskiego oraz promień tego okręgu. Punkty przecięcia okręgów jednakowych wysokości dwóch ciał niebieskich są punktami, w których może znajdować się obserwator; orientacyjna znajomość pozycji obserwatora, uzyskana innymi metodami, pozwala na stwierdzenie, w którym spośród dwóch punktów okrętów rzeczywiście znajduje się obserwator.

Przyrządy nawigacyjne

Wykonywanie czynności astronawigacyjnych wymaga stosunkowo niedużej liczby przyrządów. Głównym przyrządem jest **sekstans**, służący do mierzenia kątowych odległości między ciałami niebieskimi a horyzontem, czyli tzw. wysokości ciał niebieskich. Współczesne sekstanse optyczne umożliwiają pomiar kąta z dokładnością do 3', co umożliwia ustalenie pozycji statku powietrznego z dokładnością 10 km.

Drugim przyrządem jest **kompas**, służący do wyznaczania kursu geograficznego i umożliwiający nawigowanie samolotu według nakazanego kursu. Dokładność jego (1-2) jest nie mniejsza od dokładności busoli magnetycznej. Do lotów nad obszarami nadbiegunowymi wprowadzone są kompasy słoneczne, które przez wykorzystanie zjawiska polaryzacji, w okresach zmierzchu (nocy polarnej), pozwalają wyznaczyć kierunek lotu bez bezpośredniej obserwacji Słońca.

Komplet przyrządów zamyka zegar (chronometr) nawigacyjny o dużej dokładności oraz mapa nieba i kalendarz astronomiczny. Do astronawigacji wprowadza się również urządzenia radiowe (radiosekstanse), pracujące na super i nadzwyczaj wielkich

częstotliwościach (fale centymetrowe i milimetrowe). Radiosekstanse wyposażone w anteny reflektorowe o średnicy 30-60 cm, stabilizowane za pomocą układów giroskopowych, umożliwiają wykonywanie namiarów Księżyca i Słońca przez warstwy chmur z dokładnością 1-2'. Ciężar takiego urządzenia wynosi około 50 kG. Wielką zaletą astronomicznej nawigacji jest jej całkowita niezależność od łączności z Ziemią i od widoczności Ziemi. Dzięki temu w astronawigacji nie występują żadne zakłócenia naturalne i sztuczne, które mogą mieć miejsce w przypadku posługiwania się środkami radiotechnicznymi. Do zalet środków astronomicznych należy również niezależność dokładności wyników pomiaru od zasięgu i długotrwałości lotu, gdyż astronawigacja umożliwia określenie miejsca samolotu z dokładnością do 10 km zarówno w pobliżu lotniska wyjściowego, jak i w odległości tysięcy kilometrów od miejsca startu. Dokładność nawigowania jest więc niezależna od długości trasy lotu, a duża wysokość lotu jest raczej dogodna ze względu na niezasłanianie ciał niebieskich przez chmury.

Do poważnych wad astronawigacji należy względnie długi czas trwania namiarów i obliczeń, koniecznych do wyznaczenia pozycji statku oraz brak możliwości wykonywania tych czynności w samolocie jednomiejscowym. W celu skrócenia czasu pomiarów i obliczeń stosuje się specjalne tablice, a ostatnio w dużych samolotach i w statkach kosmicznych wprowadza się całkowicie zautomatyzowane sekstanse i maszyny liczące.

Systemy nawigacji - charakterystyka

Systemy hiperboliczne

Istnieją dwie odmiany tych systemów - pracujące impulsowo oraz pracujące falą ciągłą. Systemy te oparte są na pomiarze różnicy odległości. Składają się one z 3 lub 4 współpracujących ze sobą radiolatarni bezkierunkowych, przy czym jedna z nich jest macierzysta (główna) i wysyłane przez nią sygnały są synchronizujące dla pozostałych stacji (zależnych).

System impulsowy

Sygnały wysłane jednocześnie przez dwie stacje nadawcze (radiolatarnie) docierają do odbiornika z opóźnieniem proporcjonalnym do odległości, jaka dzieli statek powietrzny i stacje naziemne. Opóźnienie impulsowego sygnału jednej stacji względem

sygnału drugiej stacji jest więc miernikiem różnicy odległości między odbiornikiem a tymi stacjami. Miejsca, do których sygnały docierają z jednakową różnicą czasu, leżą na krzywej, zwanej hiperbolą, której usytuowanie w terenie zależne jest od rozmieszczenia stacji na ziemi. Dla różnych wartości opóźnień szereg krzywych tworzy rodzinę hiperbol. Do ustalenia, w jakim punkcie hiperboli znajduje się odbiornik (statek powietrzny), służy druga para podobnych stacji - radiolatarń (jedna stacja może być wspólna dla obu par), pracujących na nieco innej częstotliwości. Pomiar różnicy czasu w odbiorze sygnałów tej pary stacji wyznacza drugą hiperbolę, należącą do innej rodziny. Punkt M przecięcia się dwóch określonych pomiarem hiperboli wyznacza na mapie z naniesionymi rodzinami krzywych położenie statku powietrznego.

Odbiór sygnałów i pomiar różnicy czasu dokonywany jest za pomocą specjalnego urządzenia elektronicznego, a odczyt wyrażony w mikrosekundach uzyskuje się z ekranu lampy oscylograficznej. Urządzenia odbiorcze są bardzo rozbudowane i odznaczają się dużym ciężarem. Dla każdego zespołu stacji wydawane są specjalne mapy z naniesionymi rodzinami hiperbol.

Znane są dwie odmiany impulsowych systemów hiperbolicznych:

- angielska Gee (General Electric), pracująca na falach bardzo krótkich;
- amerykańska Loran (Long Range Aid to Navigation) pracująca na falach średnich lub długich.

Pierwszą z nich charakteryzuje większa dokładność namiaru (do 10 m), lecz mniejszy zasięg, druga zaś pracująca na fali przyziemnej, odznacza się mniejszą dokładnością, lecz znacznie większym zasięgiem. W systemie SS Loran dzięki wykorzystaniu fali odbitej od warstwy zjonizowanej.

System fali ciągłej (fazowy)

Na podobnej, chociaż nieco odmiennej zasadzie, pracują systemy **Decca i Dectra**. Różnica polega na tym, że podczas gdy w poprzednich układach używa się krótkich sygnałów impulsowych, to w tych systemach stosuje się ciagłą falę niemodulowaną, która dla zespołu stacji naziemnych jest zsynchronizowana w fazie. Pomiar różnicy odległości sprowadza się więc do pomiaru przesunięcia fazy sygnałów odbieranych z jednej pary współpracujących stacji naziemnych; pomiar ten nie jest jednak jedno-

znaczny, gdyż przesunięcie fazy określa tylko położenie odbiornika w stosunku do dwóch hiperbol, dla których fazy są zgodne. Odległość między hiperbolami o zerowym przesunięciu fazy jest więc równa połowie długości fali. Dla jednoznacznego wyznaczenia różnicy odległości konieczna jest znajomość numerów sąsiednich hiperbol, między którymi znajduje się samolot. Można to uzyskać przez ciągłe zliczanie hiperbol, przecinanych przez statek podczas lotu od chwili startu. Do tego celu służą specjalne automatyczne liczniki, zwane dekometrami.

Na samolocie ustawia się najmniej dwa dekometry: z czerwonego wskaźnika (licznika) jednego z nich odczytuje się numer lub symbol literowy hiperboli z rodziny krzywych oznaczanych na mapie kolorem czerwonym, a zielonego wskaźnika - numer hiperboli z drugiej, zielonej rodziny krzywych. Na wyskalowanych tarczach wskaźników wskazówka przesunięcia fazy określa również odstęp między hiperbolami (pełny jej obrót oznacza przekroczenie jednej hiperboli). Punkt przecięcia dwóch pośrednich hiperbol wyznacza położenie samolotu.

W celu zwiększenia dokładności pomiaru na całym obszarze, stosuje się jeszcze jedną stację i trzecią (fioletową) rodzinę krzywych.

Urządzenie odbiorcze odznacza się wielką prostotą i małym ciężarem. W systemie tym możliwa jest daleko idąca automatyzacja: na bęben sprzężony elektromechanicznie z jednym dekometrem nawija się specjalną mapę, na której grafion, sprzężony z drugim dekometrem, kreśli drogę samolotu. Załoga w każdej chwili widzi na mapie swe położenie i z łatwością może poruszać się po założonej trasie. Obliczenie rzeczywistej prędkości względem ziemi jest również bardzo ułatwione.

System Decca, o stacjach rozmieszczonych w odległościach około 200 km, służy do nawigacji na krótkich i średnich dystansach, **system Dectra**, zaś, o stacjach umieszczonych na początku i końcu trasy, umożliwia nawigację długodystansową.

Wprowadzony do eksploatacji hiperboliczny system nawigacyjny **Omega**, pracuje na falach bardzo długich (częstotliwość ok. 10 kHz). Aby system ten objął swym zasięgiem całą kulę ziemską, wystarczyło zaledwie osiem stacji nadawczych. Przy wyznaczaniu pozycji korzysta się ze specjalnych map z siecią hiperbol. Błąd w wyznaczaniu pozycji nie przekracza 2 km, przy czym dokładność systemu zmniejsza się w nocy, a zwłaszcza o zmierzchu. Po odebraniu sygnałów obu par stacji naziemnych załoga

dokonuje odpowiednich obliczeń, które umożliwiają wniesienie poprawek uwzględniających spłaszczenie kuli ziemskiej, kierunku do stacji naziemnej, pory doby, przewodności atmosfery, pola magnetycznego ziemi i in., gdyż czynniki te wpływają na rozprzestrzenianie się fal bardzo długich. W celu odciążenia załogi od tych czynności obliczeniowych i zwiększenia ich dokładności, na pokładzie statku powietrznego umieszcza się automatyczne urządzenia liczące, w skład których wchodzi m.in. komputer. Mogą one również wykorzystywać i porównywać informacje uzyskiwane z innych systemów nawigacyjnych, jak np. Dopplera, bezwładnościowego itd.

Systemy kołowe

W systemach tych wykorzystuje się pomiar odległości między samolotem a znanym punktem na ziemi. Dokonuje się tego za pomocą urządzenia oznaczonego skrótem DME*.

Urządzenie pokładowe wysyła impulsy nazywane "zapytującymi" i mierzy czas potrzebny na otrzymanie "odzewu" z naziemnej radiolatarni, a odpowiednio wyskalowany wskaźnik umożliwia bezpośredni odczyt odległości. Antena kierunkowa umożliwia przybliżone wyznaczenie kierunku. Odpowiedź radiolatarni nie jest jednak odbitym echem impulsu nadawczego, jak to ma miejsce w radiolokacji, lecz jest impulsem pochodzącym od specjalnego nadajnika naziemnego, który jest uruchamiany automatycznie przez impuls zapytujący; dzięki temu zasięg urządzeń wzrasta.

Podczas wojny posługiwano się takimi urządzeniami, jak na przykład układem Rebecca - Eureka, w celu ustalenia miejsca zrzutu zaopatrzenia dla partyzantów, odszukania agentów wywiadu itp. Posiadali oni lekkie przenośne nadajniki odzewowe (eureka), samolot zaś był wyposażony w nadajnik zapytujący (Rebecca). Stosowano przy tym odpowiednie kody. Obecnie system ten bywa używany jako pomoc podczas lotu na lotnisko, służy do określania przynależności samolotu (swój samolot odpowiada właściwym kodem) itp.

Urządzenie DME jest również stosowane w nawigacji o tzw. systemach kołowych. Położenie statku powietrznego ustala się w nich przez pomiar odległości od dwóch znanych punktów naziemnych; znajduje się ono na przecięciu dwóch kół zakreślonych z tych punktów. Systemy kołowe, przy stosunkowo małym zasięgu (zależnie od wysokości lotu 200-300 km), zapewniają bardzo dużą dokładność namiaru (dzięki

krótkim falom). Systemy DME używane są również we współpracy z radiolatarnią VOR.

Systemy radiolokacyjne (radarowe)

Powszechnie stosowane są trzy rodzaje systemów: radiolokatory naziemne, system Dopplera oraz system **DIAN** (Decca Integrated Airborne System).

Radiolokator naziemny umożliwia wykrycie statku latającego oraz wyznaczenie jego pozycji. Jednocześnie określa on wysokość statku nad ziemią. Nanosząc określane kolejno pozycje statku na mapę, można na niej wykreślić linię drogi statku, określić kąt drogi i prędkość podróżną (nowsze stacje radiolokacyjne bezpośrednio wyznaczają prędkość podróżną). Czynności te wykonuje się na ziemi i drogą radiową przekazuje się załodze statku niezbędne dane, dotyczące np. kursu na określony cel, odległości, pozycji itp. Możliwość określania miejsca i linii drogi statku powietrznego za pomocą naziemnego radiolokatora umożliwia stosowanie go do kontroli lotu na trasie, wprowadzenie statku na radiolokator, wprowadzenie statku w rejon celu itd. Spełnianie tych funkcji nie zależy od pory roku i od pory doby i nie może być przeprowadzane w dowolnych kierunkach meteorologicznych, co jest szczególnie ważne przy wykonywaniu lotów bez widoczności ziemi.

System Dopplera. Urządzenia radiolokacyjne przeznaczone do nawigacji, jak samodzielny układ nawigacyjny Dopplera, mogą być również zabudowane w statku latającym. Efekt Dopplera w nawigacji radiolokacyjnej polega na powstaniu różnicy między częstotliwością sygnału radiowego nadanego i sygnału z powrotem odebranego przez urządzenie nadawczo-odbiorcze, poruszające się względem powierzchni odbijającej te sygnały (w akustyce zjawisko to jest uchwytne np. w różnicy tonu gwizdka lokomotywy zbliżającej się lub oddalającej). Jeżeli urządzenie nadawczo-odbiorcze zabudowane jest na samolocie, a antena kierunkowa jest zwrócona ku ziemi, to wspomniana różnica częstotliwości zależy od częstotliwości nadajnika, prędkości samolotu względem ziemi, i kąta zawartego między wektorem prędkości samolotu a wiązką sygnału radiowego promieniowanego przez antenę.

W systemie nawigacyjnym Dopplera stosuje się zazwyczaj cztery wiązki: dwie skierowane do przodu i dwie do tyłu. Różnica w częstotliwości odbitych sygnałów w najprostszym urządzeniu służy do określenia prędkości i kierunku samolotu względem

ziemi. Bardziej złożone układy, zawierające odpowiednią dodatkową aparaturę i przeliczniki, określają automatycznie i bez posługiwania się zewnętrznymi namiarami położenia samolotu (długość i szerokość geograficzną) odległość przebytą i dzielącą od celu po ortodromie lub loksodromie, prędkość i kierunek wiatru, prędkość samolotu względem ziemi i kąt znoszenia oraz przekazują do układu sterowania lub do pilota automatycznego dane, potrzebne do utrzymania samolotu na linii nakazanej drogi, niezależnie od warunków zewnętrznych. Od 1954 r. istnieje kilka odmian tego systemu, przeznaczonych dla lotnictwa wojskowego i cywilnego.

Obecnie udoskonalenia zmierzają do wprowadzenia w latach 1971-75 do samolotów transportowych scalonego systemu dopplerowsko-bezwładnościowo-radionawigacyjnego. Zapewni on dużą dokładność nawigowania przy stosunkowo niskich kosztach i małym ciężarze urządzeń (ciężar aparatury pokładowej wynosi 45 kG). Trzy dajniki - dopplerowski, bezwładnościowy i Loran - efektywnie współdziałając z centralnym komputerem, są sprzężone w taki sposób, że wzajemnie uzupełniają się oraz kompensują błędy i pomyłki powstające w każdym z dajników. System ten jest niewrażliwy na zakłócenia zewnętrzne i odciąża załogę od wielu czynności nawigatorskich.

System dian. System ten stanowi połączenie systemów Decca lub Dectra z systemem Dopplera i jest szczególnie przydatny na obszarach o bardzo dużym zagęszczeniu ruchu lotniczego, gdyż sam system Dopplera nie zapewnia wystarczającej dokładności w końcowej fazie długotrwałych lotów (błędy sumują się na całej trasie). Dane uzyskiwane z układu DIAN są rejestrowane wykreślnie, podobnie jak w systemie Decca. Mimo obfitości i różnorodności istniejących systemów nawigacyjnych, ciągle rozwijają się nowe, doskonalsze i pewniejsze. Obok omówionych wyżej istnieją obecnie różne inne jeszcze odmiany i połączenia kilku systemów w jedną całość, zapewniających wyeliminowanie wad poszczególnych systemów składowych.

3. ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMU OMEGA WYKORZYSTANIE SYSTEMU W NAWIGACJI LOTNICZEJ

Aktualnie jednym z nowocześniejszych odbiorników systemu Omega Navigation System (ONS) eksploatowanych na pokładzie statków powietrznych jest odbiornik typu LTN-201 Litton. Odbiornik ten działa w każdych warunkach atmosferycznych i charakteryzuje się niską wartością liczbową błędu.

ONS jest systemem o trzech zakresach częstotliwości, umożliwiającym automatyczną synchronizację oraz bieżące zobrazowanie parametrów niezbędnych do prowadzenia nawigacji dalekiego zasięgu. Stosując podczas nawigowania statku powietrznego system Omega, można dokonywać obliczeń i zobrazowań następujących parametrów:

- aktualna pozycja podana we współrzędnych geograficznych;
- kąt drogi;
- prędkość podróżna;
- kąt znoszenia;
- trawers;
- błąd kąta drogi;
- nakazany kąt drogi;
- dane dotyczące punktów trasy;
- odległość do kolejnych punktów drogi;
- czas przemieszczania się do kolejnych punktów trasy;
- kierunki i prędkość wiatru.

System Omega może pracować zarówno metodą nawigacji zliczeniowej (w oparciu o aktualną prędkość i kurs), jak i w podstawowym rodzaju pracy. Przełączanie odbiornika z ordzaju pracy nawigacji zliczeniowej na podstawowy może odbywać się "ręcznie" lub automatycznie w przypadku niskiej jakości sygnałów na wejściu do odbiornika. Trzeba również dodać, że odbiornik dokonuje automatycznej selekcji stacji naziemnych, które są mu niezbędne w procesie nawigowania do chwili wprowadzenia po raz pierwszy podstawowych danych tj. określenia początkowej pozycji i czasu.

W celu przygotowania systemu do pracy należy wprowadzić współrzędne geograficzne wybranych punktów drogi, miejsca rozpoczęcia i zakończenia nawigowania. Po

wykonaniu tych czynności może nastąpić zainicjowanie pracy układu śledzenia systemu Omega w urządzeniu pokładowym. Dalej już system w sposób automatyczny prowadzi nawigację względem wcześniej wprowadzonych punktów trasy, jednocześnie utrzymując ciągłą weryfikację aktualnych parametrów nawigacyjnych. Statek powietrzny poruszając się po zaprogramowanej trasie w każdej chwili może dokonywać zmian wprowadzając nowe dowolne punkty trasy.

BUDOWA

Odbiornik pokładowy ONS zasadniczo składa się z trzech podstawowych jednostek:

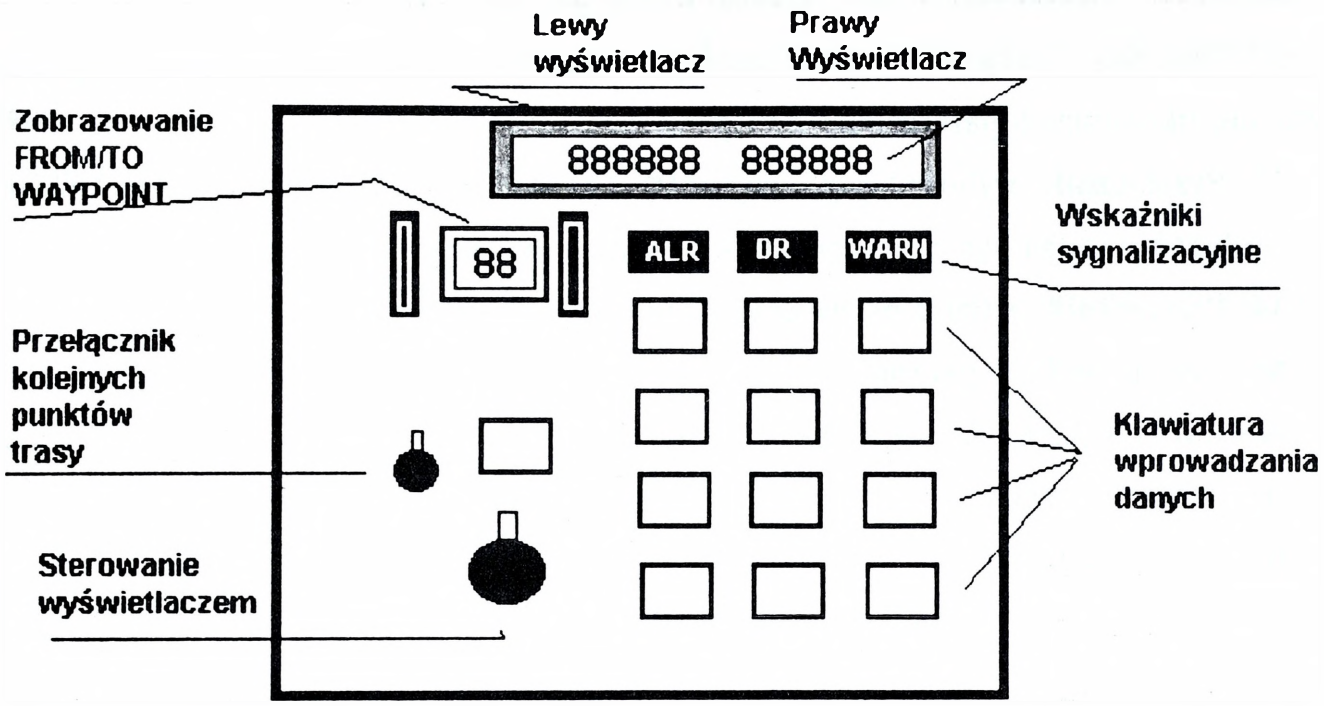
- **procesowej (RPU)** Receiver Processor Unit;
- **kontrolno-wyświetlającej (CDU)** Control Display Unit;
- **układu sprzęgającego anteny (ACU)** Antenna Coupler Unit.

Jednostka procesorowa odbiornika zawiera główny system elektroniczny i otrzymuje sygnały radiowe z ACU w koniunkcji z prędkością rzeczywistą i kursem. Następnie dokonuje przetwarzania danych wejściowych celem otrzymania aktualnej pozycji oraz nakazanych i żądanych nawigacyjnych parametrów niezbędnych do precyzyjnego prowadzenia po nakazanej trasie. Jednostka kontrolna wyświetlacza stanowi podstawowy łącznik między pilotem, nawigatorem a systemem ONS. Jego rola polega na zapewnieniu zasilania, wprowadzeniu aktualnej pozycji i współrzędnych punktów drogi, zobrazowania niezbędnych parametrów do sterowania i prowadzenia po trasie. Jednostka CDU służy również do kontroli pracy wersji pokładowej systemu Omega i pozwala na wprowadzenie danych przez standartową klawiaturę oraz wyświetla określone parametry na dwóch wskaźnikach cyfrowych.

Na płycie czołowej znajdują się następujące elementy składowe z ich podstawowym przeznaczeniem (rys. 5):

1. FROM/TO-zobrazowanie numerów poszczególnych punktów trasy (tzn. pierwsza cyfra z lewej strony oznacza punkt od którego przemieszcza się statek powietrzny, natomiast druga to punkt do którego statek zmierza).

2. DIM - wyświetlanie części dziesiętnych.



Rys. 5. Urządzenie kontroli i zobrazowania ONS "OMEGA"

3. ALERT - przejście na podtrzymanie sygnalizacji lub jego zamianę (sygnalizacja gaśnie po 2 minutach w przypadku automatycznej zmiany toru lotu do nowego punktu lub świeci na 30 sekund przed osiągnięciem wybranego punktu drogi w przypadku klasycznej - ręcznej - zmiany toru lotu).

4. DR - sygnalizator informujący o inicjowaniu automatycznym systemu (sygnalizator świeci aż do momentu wpisania aktualnej pozycji, czasu i innych niezbędnych danych).

5. Lewy wyświetlacz numeryczny.

6. Prawy wyświetlacz numeryczny.

7. WARN - sygnalizator świetlny sygnalizujący wadliwą pracę systemu lub wprowadzenie do komputera niepełnych danych.

8. Klawiatura z przyciskami do wprowadzania zadanych wartości liczbowych w systemie.

9. CLR - włącznik do sprawdzania prawidłowego wprowadzenia danych (przy błędnym wprowadzeniu programu standardowego zeruje system).

10. HLD - włącznik do sprawdzania aktualnej oraz ostatniej pozycji (ustala dane wpisane w program z klawiatury).

11. ENT - wprowadza dane z klawiatury do pamięci komputera.

12. TKCHG - włącznik umożliwiający ręczne wprowadzanie nowych danych lub zmianę określonych parametrów nawigacyjnych.

13. Przełącznik wybierakowy wyświetlacza do wyboru rodzaju pracy, selekcji danych które mogą być zobrazowane na lewym i prawym wskaźniku cyfrowym.

14. Przełącznik rodzaju pracy zawierający położenia:

M - ręczna zmiana parametrów;

A - automatyczne, sekwencyjne utrzymywanie zmiany trajektorii umożliwia jednocześnie sterowanie ręczne;

R - zdalne sterowanie.

15. WPT - włącznik do selekcji punktów drogi od 1 do 9, celem zobrazowania współrzędnych geograficznych punktów drogi na prawym i lewym wyświetlaczu.

Każdorazowe uruchomienie systemu ONS powoduje automatyczne wprowadzenie sekwencji półtestu do odbiornika pokładowego po uprzednim przeprowadzeniu synchronizacji z nadajnikiem. Podstawowe dane wejściowe, które należy wprowadzić do komputera pokładowego aby system mógł właściwie funkcjonować to: aktualna pozycja, czas i data. Pozostałe dane takie jak prędkość rzeczywista i kurs wprowadzane są bezpośrednio do komputera ze wskaźników przyrządów pokładowych.

W systemie ONS istnieje możliwość wprowadzenia danych dla maksymalnie dziewięciu punktów drogi, zarówno przed rozpoczęciem jak i w trakcie ruchu po określonej trajektorii. Należy pamiętać, że poprzednio wprowadzone dane zerują się po wyłączeniu zasilania. Natomiast nagłe zaświecenie kontrolki WARN w dowolnym czasie (z wyjątkiem testowania lampki wyświetlacza) wskazuje na zawieszenie się systemu i brak możliwości prowadzenia dalszych operacji. W takim przypadku pilot-nawigator powinien zanotować kod wadliwego działania. Ponadto należy zauważyć, że gdy lampka sygnalizatora DR nie świeci to system OMEGA pracuje w rodzaju pracy - NAWIGOWANIE.

Komplet szczegółowych nawigacyjnych procedur dla ONS w skrócie to:

- ustawianie przełącznika sposobu operacji w położenie A lub M. Wówczas na wyświetlaczu będzie indukowany zwykły wzorcowy test trwający 5 sekund;
- ustawienie w położeniu POS;
- wprowadzenie aktualnej pozycji;

- sprawdzenie systemu w położeniu STS;

- ustawienie przełącznika w położeniu WPT i wprowadzenie pierwszego punktu trasy;

- opisanie kolejnych żądanych punktów trasy;

- wprowadzenie inicjacji śledzenia.

System **Omega** umożliwia wykonywanie szeregu zadań nawigacyjnych. Mogą one być realizowane od momentu zainicjowania pracy systemu do momentu lądowania statku powietrznego.

Do podstawowych zadań należy zaliczyć:

- określanie i inicjowanie kąta drogi na lotnisku przed startem oraz w rejonie wyjściowego punktu trasy w powietrzu;

- powrót do punktu wyjściowego (odlotu);

- automatyczna zmiana kolejnych punktów trasy;

- ręczny sposób zmiany kolejnych punktów trasy lotu;

- ręczny sposób zmiany punktów drogi z aktualnej pozycji;

- wprowadzanie parametrów nowego punktu drogi;

- automatyczne opuszczanie dowolnego punktu drogi;

- wykonywanie zakrętu celem przesunięcia trasy lotu równolegle do planowanej;

- wskazania odległości i czasu;

- wskazania odległości i kursu do dowolnego przebytego punktu trasy;

- wskazanie odległości i kursu do dowolnego punktu na części lotu planowanej do przebycia;

- wskazanie i wykonanie zmiany trasy lotu po najkrótszej drodze do określonego punktu (lotniska);

- określenie innych podstawowych wielkości nawigacyjnych.

Przygotowując się do lotu z wykorzystaniem systemu Omega, pilot lub nawigator musi dokonać wyboru i zainicjować początkową drogę, która będzie przedstawiać trasę od pozycji aktualnej (od momentu jej wprowadzenia) do wybranego punktu na kuli ziemskiej.

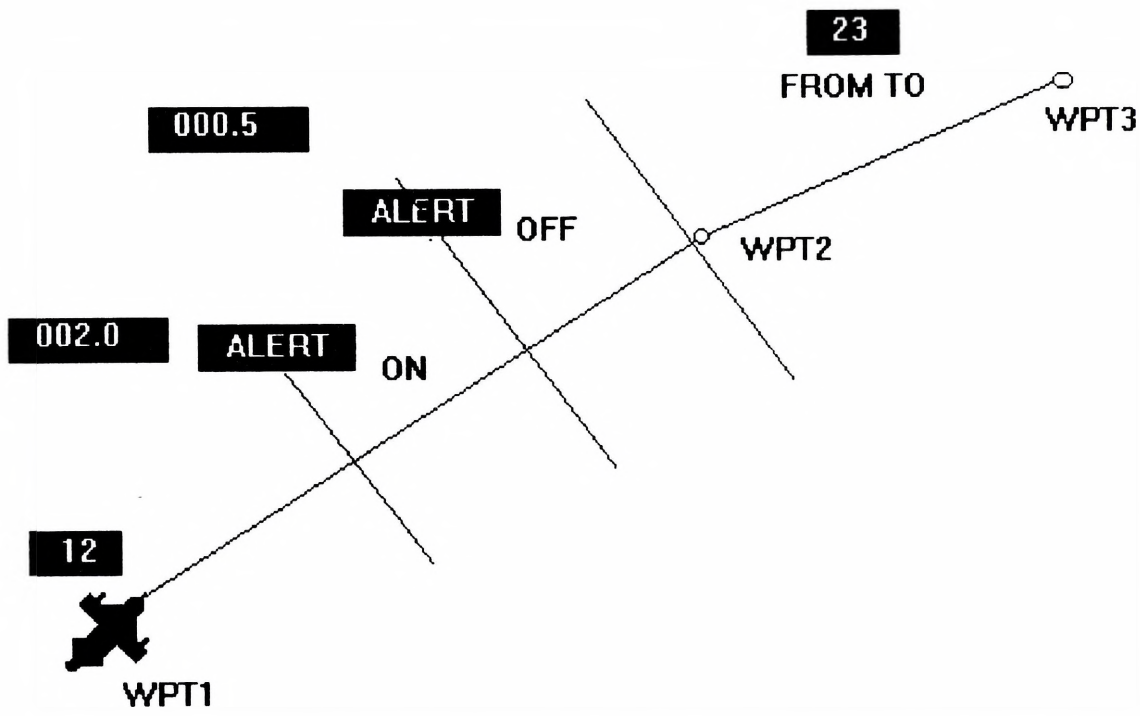
Pokładowy odbiornik ONS po uruchomieniu na wskaźniku **FROM/TO** wyświetlacza, wyświetla "0 1" co oznacza, że statek powietrzny nawigowany jest od punktu drogi "0" (dowolnej pozycji na lotnisku) do kolejnego wybranego punktu drogi "1" na trasie.

Tym samym zostaje określony nakazany kąt drogi geograficznej (NKDG). Po wykołowaniu samolotu na pas i wykonaniu startu na pokład samolotu do odbiornika spływają dane wyjściowe weryfikujące zaplanowane elementy lotu w odniesieniu do aktualnych warunków (uwzględniany jest między innymi kierunek i prędkość wiatru). Po zarejestrowaniu tych parametrów należy określić wyjściowy punkt trasy w powietrzu (WPTO). Osiągane jest to poprzez przyciśnięcie przycisku ENT. Od tej pory następuje dopiero nawigowanie statku powietrznego względem wyznaczonych punktów trasy. Na wyświetlaczu FROM/TO nadal będą świeciły znaki punktów "0 1", lecz ulegnie zmianie NKDG i osiągnie wartość niezbędną do wyjścia na pierwszy punkt trasy (WPT-1).

Jak z powyższego wynika nie wprowadzenie WPTO w powietrzu, a właściwie nie wprowadzenie poprawek parametrów lotu z tym punktem związanych powodowałoby automatyczne nawigowanie statku wg obliczeń teoretycznych. Stan ten mógłby doprowadzić do znacznych błędów w nawigowaniu - niekiedy trudnych do skorygowania podczas lotu.

W sytuacji gdy lot odbywa się prawidłowo, śledzić za przebytymi punktami trasy należy poprzez wyświetlacz **FROM/TO**. Po osiągnięciu pierwszego punktu (WPT-1), zmieniają się wskazania wyświetlacza i pojawiają się cyfry "1 2" oznaczające, że lot odbywa się po zaprogramowanej trasie od punktu "1" do punktu "2" itd. do ostatniego zaprogramowanego punktu trasy (rys. 6).

W przypadku konieczności powrotu do punktu odlotu (WPTO), a taka sytuacja ma miejsce przy wykorzystywaniu holdingu (manewru), nad lotniskiem, statek powietrzny wykonuje wszystkie procedury jak poprzednio, aż do ponownego dolotu do WPTO. W międzyczasie samolot wykona wszystkie niezbędne manewry i z chwilą osiągnięcia WPTO zmienia kurs niezbędny do dolotu do punktu "2" (WPT2). Od tej chwili statek powietrzny będzie wykonywał lot wg kolejnych punktów trasy, ponieważ wszystkie kolejne punkty trasy zostały wcześniej wprowadzone do pamięci komputera.



W automatycznym trybie pracy kolejny krok związany z zaplanowanymi punktami trasy jest inicjowany automatycznie przez system. Na dwie minuty przed osiągnięciem każdego WPT włączany jest sygnalizator ALARM. Wyłącza się on kiedy zmiana jest dokonana w sposób automatyczny. Wskaźnik pokazuje aktualne parametry lotu (po zmianie).

Rys. 6. Automatyczny rodzaj pracy

Włączenie systemu ONS rodzaj pracy **NAWIGACJA** zapewnia, jak już wspomniano, pracę w systemie automatycznego i ręcznego wyboru trasy lotu. Zarówno jedno jak i drugie położenie zapewnia te same dane nawigacyjne, różnica jedynie polega na tym, że podczas operacji automatycznych, system prowadzi kolejno przez każdy zaprogramowany punkt trasy i zmienia automatycznie drogę do każdego kolejnego punktu. Natomiast podczas operacji ręcznych systemu OMEGA prowadzi wprawdzie od punktu do punktu, lecz nawigator musi wprowadzić zmianę drogi nad każdym punktem oraz wprowadzać dane dotyczące jego położenia (kolejnego punktu). W automatycznym reżimie pracy na dwie minuty przed osiągnięciem określonego WPT zaczyna działać wskaźnik przyzewowy **ALERT**. Sygnalizator ten funkcjonuje do czasu przelotu nad kolejnym np. drugim punktem trasy w odległości 0,5 min. od WPT. W międzyczasie na wyświetlaczu **FROM/TO** nastąpi zmiana liczb opisujących nowe trasy np. "23". Z chwilą gdy wszystkie dane nawigacyjne dla nowego punktu są automatycznie przygotowane - gaśnie ALERT.

Ręczny sposób wyboru trasy lotu podczas nawigowania z wykorzystaniem ONS można stosować wobec konieczności zmiany trasy w locie:

- od dowolnego WPT;
- w dowolnym punkcie drogi;
- podczas wprowadzania kolejnego WPT.

Ręczny sposób zmiany trasy w locie od dowolnego WPT polega na tym, że w trakcie wykonywania lotu po początkowo wyznaczonej trasie między WPTO a WPT1, należy wprowadzić dane dotyczące nowej trasy względem której ma być po przelocie WPT nawigowany statek powietrzny. Praktycznie odbywa się to w ten sposób, że w odległości czasowej równej 2 minutom lotu do WPT1 (punktu trasy w którym następuje zmiana kursu) zaczyna sygnalizować światłem ciągłym wskaźnik przyzewowy) **ALARM** (najwyższa pora na wprowadzenie danych dalszej trasy). Na pół minuty przed dolotem do WPT1 wskaźnik zaczyna pracować impulsowo ponaglając wprowadzanie danych przez nawigatora i będzie w ten sposób funkcjonował aż do momentu zaprogramowania nowego punktu WPT2. Z chwilą otrzymania przez system zmian dotyczących nowej trasy, kolejnego punktu WPT2, sygnalizacja wyłącza się i statek powietrzny nawigowany jest po nowej trasie.

Kolejny przypadek zmiany parametrów programowania uprzednio przed lotem to sytuacja, której wobec konieczności ominięcia np. kolejnych punktów drogi WPT2, WPT3 i skierowania samolotu do dowolnego punktu drogi wprowadzonego wcześniej. Istota tej zmiany polega na tym, że nawigator prowadząc statek powietrzny po wcześniej zaprogramowanej trasie między WPT1 a WPT2, do WPT4. W takim układzie należy wprowadzić dane które będą sygnałem dla systemu, że lot odbywa się do WPT4 do układu komputerowego. Wtedy ONS oblicza nakazany kąt drogi dla WPT4, a następnie poprzez autopilota tak nawiguje statkiem powietrznym, aby osiągnąć żądany punkt trasy.

Kolejnym przypadkiem ręcznego wyboru trasy podczas prowadzenia nawigacji w systemie OMEGA jest zmiana lub wprowadzenie nowego, kolejnego WPT w trakcie wykonywania lotu (nie zaprogramowanego uprzednio). W takim układzie nawigator ręcznie wprowadza współrzędne punktu WPT8 do komputera. Następnie system wykonuje obliczenia dotyczące nakazanego kąta drogi do nowego WPT8 i poprzez system sterowania automatycznego tam kieruje statek powietrzny. Po wykonaniu

przelotu WPT8, jeżeli nawigator nie wykona dalszej zmiany trasy, statek powietrzny będzie poruszał się do kolejnego zaprogramowanego uprzednio punktu 9 WPT9, czyli kontynuował będzie lot po wcześniej zaprogramowanej trasie. Należy również zasygnalizować fakt, że ONS umożliwia wykonywanie lotów po trasie nie określonej położeniem (współrzędnymi geograficznymi) punktów, lecz tylko i wyłącznie poprzez wprowadzenie do systemu kątów drogi dla poszczególnych WPT podanych z dokładnością do 10-tnych części stopni. Oczywiście w takim przypadku nawigator powinien dokonać bardzo precyzyjnego określenia nakazanego kąta drogi, bowiem zgodnie z wprowadzonymi danymi po osiągnięciu WPT1, statek powietrzny zacznie wykonywać zakręt na nakazany kąt drogi i po jego osiągnięciu będzie poruszał się równolegle do planowanej trasy od WPT 1 do WPT2 z poziomym bocznym odchyleniem, które jest zdeterminowane przez:

- zadaną wartość przechylenia;
- prędkość statku powietrznego;
- typ zastosowanego systemu automatycznego sterowania.

System ONS może być wykorzystywany także podczas nawigacji według siatki mapy, gdyż posiada on możliwości ciągłego zliczania drogi. Toteż w zależności od potrzeby może podawać aktualne położenie statku powietrznego, wyświetlając współrzędne geograficzne punktu oraz podając kurs geograficzny wg kompasu. W związku z tym definiowana jest taka wielkość jak kąt przesunięcia siatki mapy, czyli kąt mierzony zgodnie z ruchem wskazówek zegara od północnego kierunku siatki do północy rzeczywistej na mapie w miejscu znajdowania się statku powietrznego. Ponadto ręcznie mogą być wprowadzane do systemu takie parametry lotu, jak: prędkość podróżna i kąt wznoszenia w celu umożliwienia i wyliczenia przez system kierunku i prędkości wiatru i w ten sposób dokładnego prowadzenia nawigacji. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że parametry związane z wiatrem będą automatycznie uaktualnione w zależności od rzeczywistej prędkości wiatru.

Kolejnym zadaniem realizowanym przez system ONS jest określanie odległości. Istnieje możliwość wyznaczenia odległości między poszczególnymi WPT; od aktualnej pozycji do WPT· całkowitej przebytej lub planowanej odległości od WPTO do aktualnej pozycji statku powietrznego.

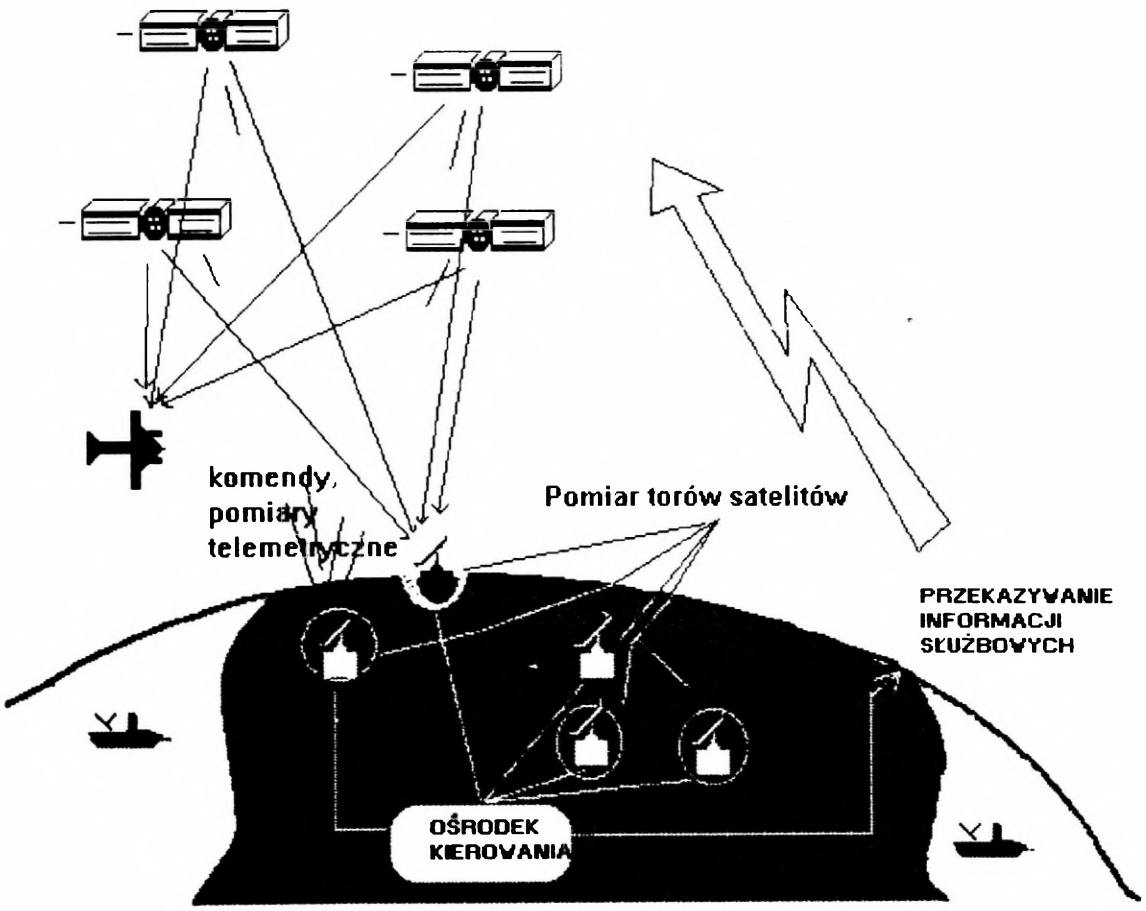
4. ZASADY ORGANIZACJI PRACY SYSTEMU GPS

System GPS (global Positioning System) jest obecnie najczęściej stosowanym satelitarnym systemem wyznaczania pozycji. Schematycznie można go podzielić na trzy części:

1. Część satelitarna - 22 satelity umieszczone na 6 orbitach (o nachyleniu 55° do równika i wysokości 20200 km).

2. Część naziemna - Centralny Ośrodek Obliczeniowy w Colorado Springs oraz rozmieszczone na całej kuli ziemskiej tzw. stacje śledzące i "wstrzykujące".

3. Użytkownicy - wykorzystujący odbiorniki GPS (np. ASHTECH, MAGELLAN, TRIMBLE, TOPCON).



Rys. 7. Zasada działania systemu satelitarnego GPS

Na podstawie jednoczesnej obserwacji nie mniej niż czterech satelitów wyznaczane są dla danego punktu cztery wielkości:

- szerokość geograficzna (B);
- długość geodezyjna (L);
- wysokość (H) i czas (t).

W literaturze przedmiotu metody wyznaczania dzieli się na różnicowe i absolutne. W przypadku metody absolutnej (tzn. tylko z użyciem jednego odbiornika) uzyskuje się przy korzystnej geometrii satelitów błąd wyznaczenia 15 m. Jednakże wprowadzona przez Departament Obrony USA degradacja sygnału (selective availability) powoduje znaczny spadek dokładności (szacowany na kilkadziesiąt bądź nawet 100 metrów). Problem ten częściowo można rozwiązać stosując technikę DGPS.

Metoda ta polega na pomiarze GPS na dwóch punktach w tym samym czasie. Dzięki temu eliminowany jest wpływ błędów systematycznych takich jak:

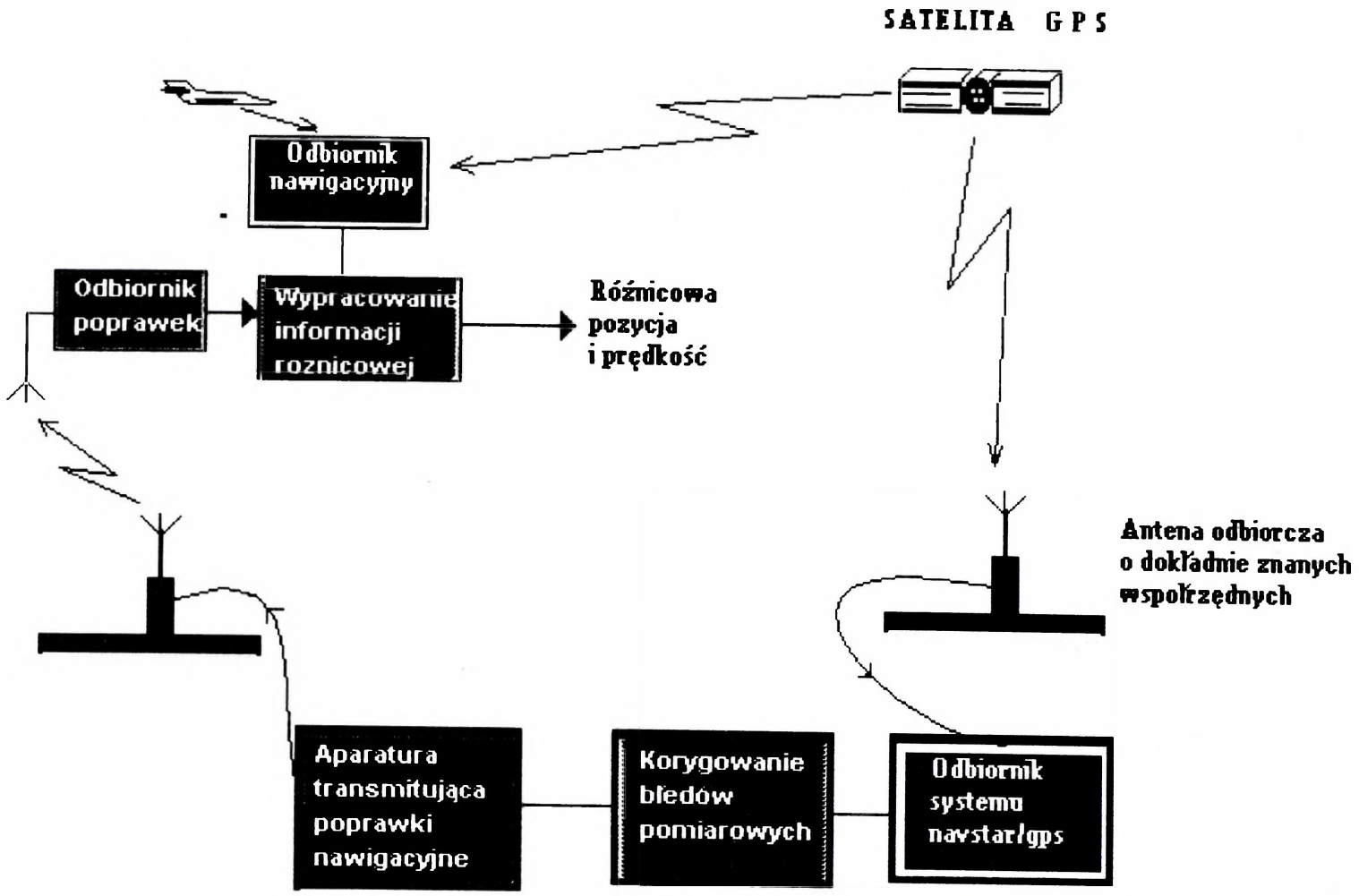
- efekt perturbacji orbit;
- niedokładności zegara;
- niedoskonałość modeli refrakcji jono- i troposferycznej;
- efekt degradacji sygnału.

Podane powyżej fakty mają duży wpływ na teorię nawigacji satelitarnej. Najprostszy przykład wykorzystania odbiornika GPS to zamontowanie anteny odbiornika na zewnątrz samolotu i śledzenie informacji pojawiających się na wyświetlaczu odbiornika (B, L, H lub informacje dotyczące odchyłek od zaplanowanej trasy lotu lub konieczności zmiany kursu). Uzyskanie wyższych dokładności wymaga zastosowania techniki DGPS (Defferential Global Positioning System). Jej istotę przedstawia rysunek 8.

Satelity nawigacyjne systemu GPS emitują w sposób ciągły sygnały radiowe na dwóch częstotliwościach z pasma mikrofalowego tj. 1575,42 MHz, oraz 1227,6 MHz. Częstotliwości oznaczone są kodami L_1 oraz L_2. Sygnały te są modulowane specjalnymi kodami o charakterze pseudolosowym:

- kodem zgrubnym - zwanym kodem C/A;
- kodem precyzyjnym - zwanym kodem P.

C/A kod - generowany z szybkością 1 023 000 znaków/sekundę jest przenoszony tylko na L_1, natomiast kod P jest generowany dziesięć razy szybciej i służy do modulo-



Rys. 8. Ilustracja zasady pracy systemu NAVSTAR/GPS w odmianie różnicowej

wania kodu L_1 i L_2. Parametrem nawigacyjnym wykorzystywanym do określania pozycji w systemie GPS jest odległość dzieląca użytkownika od satelity. Pomiar tego parametru jest realizowany pośrednio poprzez określenie opóźnienia na trasie propagacji kodu pseudoprzypadkowego, jakim zmodulowana jest fala nośna. Pozostałe dane, niezbędne do określania pozycji użytkownika, takie jak:

- pozycja satelity w stosunku do którego odbywa się pomiar;
- poprawki zapewniające synchronizację pracy całego systemu są elementami tzw. "wiadomości nawigacyjnej", czyli bloku informacji emitowanym z szybkością 50 znaków na sekundę modulującym tak, jak kody pseudolosowe, obie częstotliwości nośne L_1 i L_2.

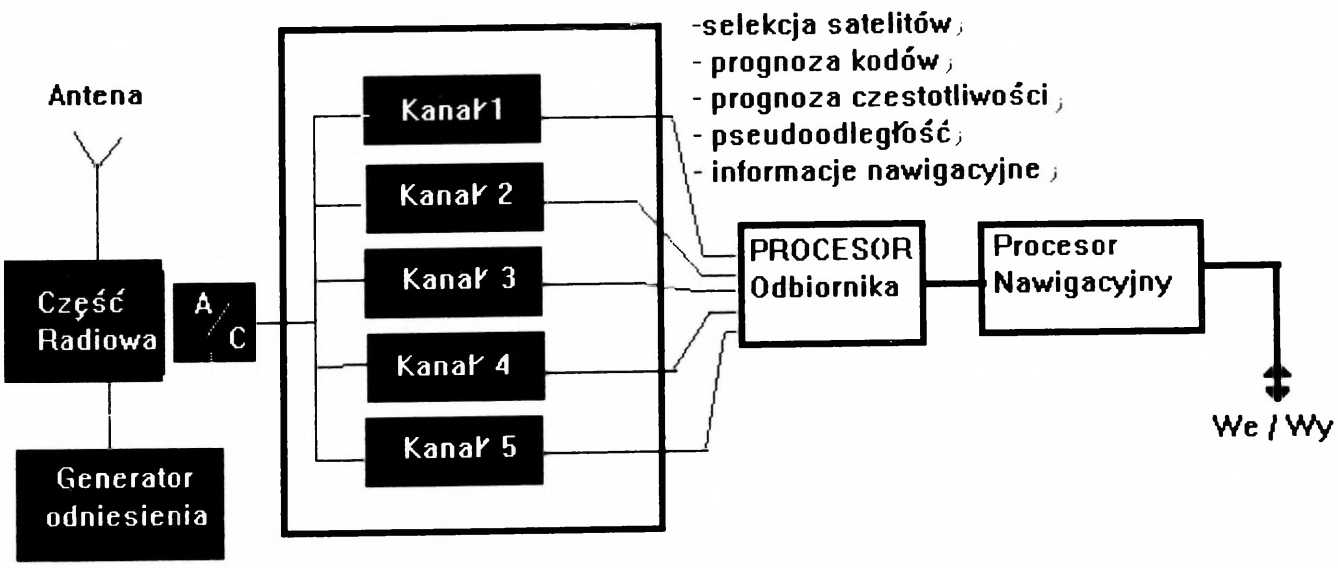
Odbiornik systemu GPS w celu wykorzystania danego sygnału satelitarnego w procesie określania pozycji musi zrealizować trzy podstawowe funkcje:

- dokonać dostrojenia układów odbiorczych do częstotliwości odbieranego sygnału;

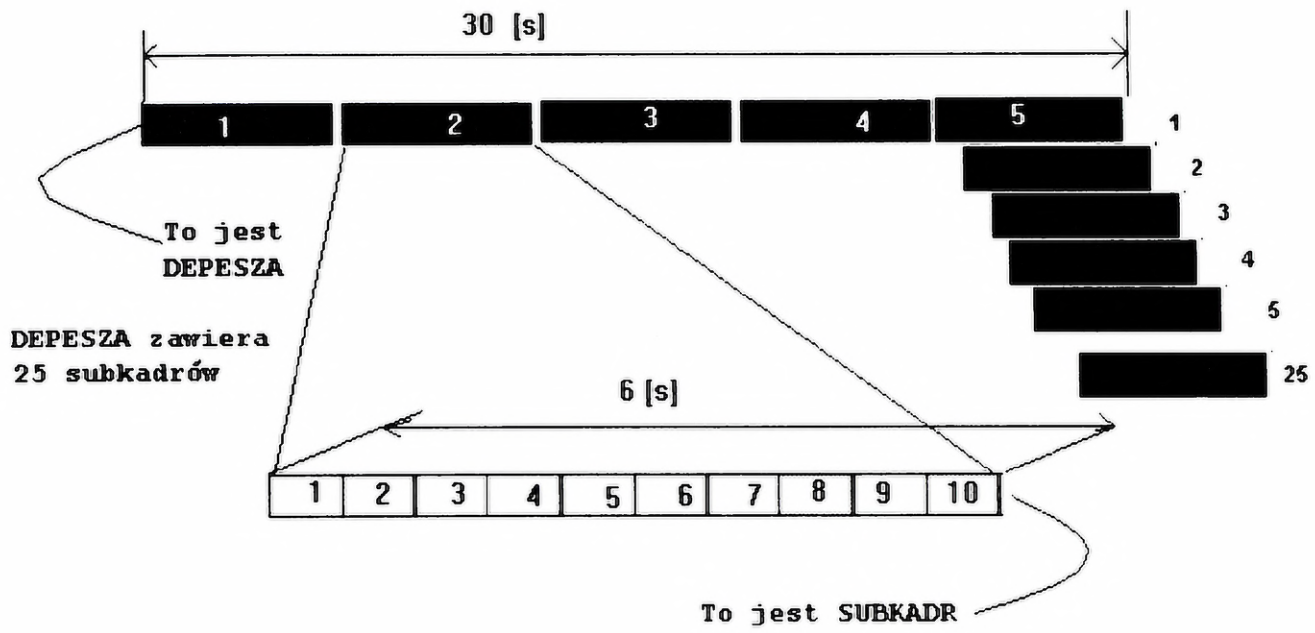
- zmierzyć opóźnienie propagacji sygnału satelitarnego, czyli wykonać tzw. pomiar pseudolosowy;

- odczytać dane przekazywane w tzw. "wiadomości nawigacyjnej".

Zasada określania pozycji w systemie GPS opiera się na wykorzystaniu jednoczesnych pomiarów odległości względem takiej liczby satelitów, która jest niezbędna do określenia współrzędnych pozycji i skorygowania wzorca częstotliwości w odbiorniku. W praktyce oznacza to konieczność jednoczesnego lub prawie jednoczesnego realizowania wyżej wymienionych funkcji w stosunku do minimum trzech (przy określeniu pozycji dwuwymiarowej zakłada się, że wysokość nad elipsoidą odniesienia jest wielkością znaną) lub czterech (przy określeniu pozycji w trzech wymiarach) satelitów systemu GPS. Dlatego też, bardziej zaawansowane w swej konstrukcji odbiorniki GPS posiadają kilka autonomicznych układów odbiorczych danej częstotliwości i kodu pseudolosowego pozwalających na jednoczesny odbiór i wykorzystanie do określenia pozycji sygnałów satelitarnych od kilku satelitów (rys. 9). Taki autonomiczny układ odbiorczy dokonujący dostrojenia do sygnału satelitarnego, pomiaru opóźnienia czasu propagacji oraz odczytujący dane zawarte w "wiadomościach nawigacyjnych" lub "depeszy nawigacyjnej" (rys. 10) nazywany jest torem odbiorczym.



Rys. 9. Ogólny schemat urządzenia odbiorczego



Rys. 10. Struktura depeszy nawigacyjnej systemu GPS

5. DGPS - RÓŻNICOWY SYSTEM SATELITARNY W NAWIGACJI LOTNICZEJ

W czasie prac nad zastosowaniem GPS do statycznego wyznaczania pozycji w geodezji zauważono, że podwyższenie dokładności pozycji można uzyskać przez różnicowe obserwacje za pomocą dwu lub więcej odbiorników GPS. Obserwacje różnicowe umożliwiały uwolnienie się od wielu systematycznych błędów wspólnych dla obserwacji na dwu stanowiskach.

Najważniejsze błędy systematyczne związane z danym satelitą GPS mają następujące źródła:

a) naturalne: niestabilność pokładowego wzorca częstotliwości, niedokładność efemerydy, opóźnienia propagacji przez jonosferę i troposferę;

b) sztuczne: intencjonalne pogarszanie dokładności przez "S/A".

W statycznych zastosowaniach geodezyjnych posługuje się dziś metodą podwójnych lub potrójnych różnic fazy pseudonośnej opracowywanych "off-line". Zazwyczaj poprawia się elementy wektorów położenia wszystkich odbiorników uczestniczących w kampanii obserwacyjnej. Na jednym stanowisku odbiorniki obserwują do kilku godzin.

Różnicowe zastosowanie GPS w nawigacji

Technika różnicowego DGPS zastosowanego w nawigacji do wyznaczania w czasie rzeczywistym pozycji i elementów wektora prędkości poruszającej się anteny zakłada istnienie nieruchomej stacji odniesienia i oparta jest na założeniu, że jej dobrze znana pozycja umożliwia wyliczenie "spodziewanych" wartości tzw. pseudoodległości lub inaczej mówiąc pseudo-długości topocentrycznych wektorów wodzących do satelitów GPS będących w zasięgu anteny odbiorczej. Porównanie "spodziewanych" i "obserwowanych" wartości pseudo-odległości umożliwia obliczenie systematycznych błędów obserwacji GPS. Błędy te są transmitowane do poruszającego się odbiornika. Jeżeli stacjonarny i poruszający się odbiornik są wystarczająco blisko siebie aby systematyczne błędy GPS były jednakowe dla obu odbiorników, to pseudo-odległości obserwowane przez nawigujący odbiornik mogą być poprawione przez ich błędy

zmierzone na stacji odniesienia i wszystkie błędy systematyczne wspólne dla obu odbiorników mogą być praktycznie wyeliminowane.

Technika DGPS wprowadza z definicji pewne ograniczenia co do długości baz, jak również wymaga pewnego minimum szybkości w radiowym przekazywaniu danych i obliczeniach.

Konieczność zachowania podobnych stanów atmosfery i warunków geometrycznych przelotów satelitów sprawia, że dwie stacje nie powinny być oddalone od siebie na odległość większą niż 200 km.

W przypadku, gdy włączony jest mechanizm sztucznego pogarszania dokładności GPS przez tzw. "Selective Availibility" należy pamiętać o tym, że sumaryczne opóźnienie w przekazywaniu danych i ich obróbce wynoszące ok. 1 s może prowadzić do błędu pozycji rzędu 0,5 m. Badania wykazały bowiem, że pomiary pseudo-odległości pod wpływem S/A mogą być obarczone błędem, który daje się zamodelować krzywą o nachyleniu 0,5 m/s lub większym.

Technika DGPS prowadzi do znacznego poprawienia dokładności wyznaczania pozycji nawigującej stacji. Błąd maleje z kilkudziesięciu lub kilkuset metrów w przypadku nieróżnicowego GPS do poziomów szumów odbiornika, a więc do kilku metrów (obserwacje kodu C/A) lub nawet kilku cm (obserwacje fazy pseudonośnej) w przypadku DGPS.

Jeżeli S/A jest aktywne, dokładność DGPS może ulec zmniejszeniu, a wpływ na nią ma jak już wspomniano w dużym stopniu szybkość transmisji danych i obliczeń.

Zastosowanie DGPS w nawigacji lotniczej

W czasie lotu w odległości do kilkudziesięciu km od lotniska wystarczy używać do nawigacji odbiornika GPS pracującego w trybie "nieróżnicowym". W miarę zbliżania się do lotniska wymagania dokładności pozycji rosną i w przypadku odbiornika GPS mogą być spełnione tylko przez DGPS.

Podczas podejścia do lądowania dokładności zdefiniowane przez "Annex 10" ICAO (International Civil Aviation Organization) dla przykładowego pasa o długości 1600 m i podejścia o nachyleniu 3° są następujące (dwa sigma, błędy oceny wysokości i poprzecznie do pasa):

a) dla kategorii I (nominalna wysokość lotu 30 m), odpowiednio 1.44 m/4.5 m;

b) dla kategorii II (nad progiem pasa) 1.2 m/2.4m;

c) dla kategorii III (900 m za progiem) - /1 m (wartości wymienione w punkcie c) umożliwiają w pełni automatyczne lądowanie - zerowa wysokość decyzyjna - przy widzialności co najmniej 150 m na poziomie pasa.

Jak potwierdziła praktyka dokładność pozycji rzędu 1 m wymagana przez kategorię III ICAO zapewniana jest obecnie w sprzyjających warunkach przez obserwację DGPS kodu C/A nawet w obecności S/A. Jak wyżej nadmieniono, obserwacje fazy pseudonośnej w technice DGPS umożliwiają uzyskanie dokładności pozycji rzędu 1 dcm, a więc co najmniej o rząd wielkości lepszej niż w przypadku obserwacji kodu C/A. Tak duża dokładność pozycji może znaleźć zastosowanie zarówno podczas automatycznego lądowania i kołowania w czasie zerowej widoczności, jak i w aeorofotogrametrii, profilowaniu terenu z powietrza itd.

Z wielkością obserwowaną fazy pseudonośnej związany jest problem nieoznaczoności. Istnieją algorytmy pozwalające wyznaczyć nieoznaczoność np. dla problemu stacjonarnego. Dotychczas mimo wielu prób problem ten nie został zadowalająco rozwiązany dla potrzeb rachunków w czasie rzeczywistym. W praktyce w technice DGPS nawigacja lotnicza musi obecnie w dalszym ciągu posługiwać się wyłącznie obserwacjami pseudo-odległości.

Obecnie uważa się, że dla zastosowania w dokładnej nawigacji wymaganej podczas podejścia do lądowania DGPS wykorzystujący transmitowane poprawki jest niewystarczający. Transmitowanie ze stacji odniesienia surowych danych umożliwia ich dokładne zsynchronizowanie z odbiornikiem samolotu (specjalnie ważne gdy S/A jest aktywne) i zapobiega przypadkowi stosowania różnych efemeryd dla obu porównywanych strumieni danych. Jako standard formatu przesyłania danych proponowany jest "RTCM".

Na dokładność pozycji ma wpływ długość bazy i obecność S/A. Dla baz dłuższych niż 100 km technika DGPS nie jest często w stanie wyeliminować wpływu atmosfery w stopniu wystarczającym dla potrzeb automatycznego lądowania i konieczne jest posługiwanie się modelami troposfery i jonosfery. Dla baz dłuższych niż 100 km, w wypadku gdy aktywne jest S/A to technika DGPS również nie może zapewnić

dokładności potrzebnej dla automatycznego lądowania i należy zastosować dodatkowo inne techniki w celu zwiększenia dokładności.

Doświadczenia wykazały, że dla dłuższych baz istnieje możliwość zwiększenia dokładności poprzez zastosowanie dwu stacji odniesienia leżących mniej więcej na jednej linii z poruszającym się odbiornikiem.

DGPS/IMU w nawigacji lotniczej

Atrakcyjnym i najpewniejszym, choć drogim rozwiązaniem prowadzącym do zwiększenia pewności pozycji jest zastosowanie w nawigacji lotniczej zintegrowanych systemów DGPS oraz inercjalnego (tzw. "Inertial Measurement Unit IMU"). Zalety takiej integracji wynikają z wzajemnego uzupełniania się systemów.

IMU charakteryzuje się długoterminowym dryftem, małymi błędami przy dużych częstotliwościach i bezawaryjnością, jest więc komplementarny do DGPS wykazującego wystarczającą dokładność długoterminową, małe błędy przy niskich częstotliwościach i niedostateczną pewność pozycji. Porównanie systemów DGPS oraz IMU przedstawia tabela 2.

Ideą zintegrowanego systemu DGPS/IMU jest to, że DGPS używa się do estymacji w czasie rzeczywistym modelu błędu czujników inercjalnych. Z kolei IMU zapewnia zliczenie pozycji w czasie między dwiema kolejnymi pozycjami DGPS (nawet w sytuacji, gdy do ok. 20 s odbiera się sygnał tylko od jednego satelity). W wypadku używania jako wielkości obserwowanej DGPS fazy pseudo-nośnej IMU można wykorzystać do łączenia momentów "skoku fazy" o wartości n2p.

Sercem systemu DGPS/IMU jest filtr Kalmana. Na wejściu filtru występują wielkości obserwowane z DGPS, żyra, akcelerometrów, barografu, altimetru radarowego. Zadaniem filtru jest modelowanie zachowania się błędów czujników i ich kalibracja w czasie rzeczywistym. Stopień integracji zależy m.in. od rodzaju użytego czujnika inercjalnego. System tzw. "strapdown IMU" wymaga zamkniętej pętli, która poprzez wprowadzanie estymacji filtru do inercjalnego rozwiązania nawigacyjnego zapobiega gwałtownym skokom błędów, na które "strapdown IMU" sztywno związany z samolotem jest podatny.

Wektor stanu filtru Kalmana może zawierać na przykład wielkości następujących błędów: pozycji, prędkości, wysokości, przyspieszeń, żyroskopu. W zamkniętej pętli DGPS traktowany jest jako odniesienie.

Różnica między kalibrowanym IMU i DGPS jest sprowadzana do wartości możliwie bliskiej zeru. W wypadku chwilowej utraty sygnału od wszystkich prócz jednego SSZ GPS, brakujące pomiary odległości są zastępowane przez obliczone różnice między hybrydową pozycją samolotu obliczoną z uprzednio kaliborowanego IMU i ekstrapolowaną pozycją SSZ i służą do podtrzymania filtru Kalmana. Taka ekstrapolacja wektora stanu prowadzi do zwiększenia błędów estymacji, których amplituda zależy od dokładności ostatnich pomiarów wejściowych do filtru, profilu lotu w czasie utraty sygnału SSZ i czasu tej utraty.

Pierwszy zintegorwany sytem DGPS/IMU został opracowany przez "Institut ftr Flugfthrung, Technische Universitat Braunschweig" i zamontowany na samolocie typu "Dornier Do 28" należącym do tego Instytutu. W czasie lotów zaobserwowano m.in., że podczas manewrów samolotu prowadzących do chwilowej utraty sygnału od wszystkich prócz jednego SSZ GPS hybrydowa pozycja z wykalibrowanego IMU umożliwiała podtrzymanie prawidłowej pracy filtru Kalmana do 20 s. Pierwsza udana próba automatycznego lądowania na ww. samolocie z użyciem sytemu DGPS/IMU odbyła się w 1989 r. Informacja o pozycji DGPS/IMU była porównywana ze współrzędnymi podawanymi przez system instrumentalny ILS ("Instrumental Landing System") i dodatkowo testowana za pomocą dalmierzy laserowych i teodolitów.

Uzyskane dokładności DGPS/IMU mieściły się w granicach wymagań kategorii III ICAO, pozwalały więc na całkowicie automatyczne lądowanie przy zerowej widoczności do momentu przyziemienia samolotu.

Tabela 2

PORÓWNANIE MIĘDZY SYSTEMAMI:
SATELITARNYM DGPS I INERCJALNYM IMU

	System DGPS	**System Inercjalny IMU**
Niezależność zewnętrzna	NIE Dokładność może być sztucznie zmniejszana przez kontrolę naziemną	TAK
Czułość na przyspieszenia	TAK Lokalne oscylatory pewnych odbiorników	Szum przy przyspieszaniach
Inicjalizacja wymagana	NIE	TAK
Pogorszenie dokładności w funkcji czasu	Bardzo dobra dokładność długoterminowa w czasie manewrów samolotu	Długoterminowy dryft pozycji
Dynamika	Opóźnienie związane z przetwarzaniem informacji	Opóźnienia do pominięcia
Zachowanie się błędu	Bardzo mały błąd przy niskich częstościach	Bardzo mały błąd przy dużych częstościach

6. MOŻLIWOŚCI TECHNICZNE ODBIORNIKA GPS A JEGO PARAMETRY EKSPLOATACYJNE

Ocena przydatności eksploatacyjnej danego typu odbiornika GPS powinna opierać się na analizie zastosowanych w nim rozwiązań technicznych. Możliwości techniczne odbiornika bezpośrednio wpływają na takie parametry eksploatacyjne jak:

- dokładność otrzymanej pozycji;
- odporność na zakłócenia interferencyjne;
- skuteczność procesu określania pozycji w ruchu (szczególnie w przypadku wystąpienia dużych przyspieszeń lub szybkich zmian kierunku przemieszczania się użytkownika systemu).

Pełna ocena możliwości technicznych odbiornika GPS powinna obejmować analizę następujących parametrów technicznych:

- liczba torów odbiorczych częstotliwości 1575,42 MHz i kodu C/A;
- możliwość odbioru kodu P oraz częstotliwości 1227,6 MHz;
- możliwość tzw. ograniczonej dostępności (selective availability);
- możliwość korygowania błędów pomiarów odległości do satelity wynikających ze zmiennych warunków propagacyjnych (głównie w jonosferze) oraz niedoskonałej synchronizacji pracy systemu, przy wykorzystaniu sygnałów emitowanych z tzw. stacji różnicowej systemu GPS, która określa odpowiednie poprawki na zasadzie porównywania pozycji otrzymanej z pomiarów satelitarnych z rzeczywistą pozycją stacji oraz na zasadzie porównywania rzeczywistej odległości do satelity z odległością zmierzoną (tj. możliwość pracy w tzw. trybie różnicowym);
- możliwość wykorzystania sygnałów pseudosatelitarnych czyli sygnałów częstotliwości L_1, modulowanych podobnie jak sygnały satelitów GPS, ale emitowanych przez stację naziemną (tzw. pseudosatelitę), która podobnie jak stacja różnicowa określa poprawki do otrzymywanych pomiarów odległości do satelity i przesyła je na częstotliwości L_1 dając możliwość wykorzystania tego sygnału w odbiorniku, podobnie jak sygnału satelitarnego, do pomiaru odległości użytkownika od danej stacji naziemnej dostarczając dodatkowy parametr nawigacyjny w procesie określania pozycji;

- odporność odbiornika na niepożądane sygnały pseudosatelitarne;
- rodzaj filtracji i szybkość uaktualniania danych;
- zdolność do selekcji sygnałów satelitarnych;
- sposób wspomagania procesu określania pozycji, pozwalający na zachowanie jego ciągłości, w przypadku braku łączności z wymaganą liczbą satelitów GPS.

Niektóre z tych parametrów technicznych można z góry pominąć omawiając odbiorniki GPS wykorzystywane przez użytkowników cywilnych na morzu, dla których dostępny jest tylko najniższy poziom dokładności GPS tzw. Zdegradowany Standartowy Poziom dokładności (Standard Positioning Service - SPS). Ten poziom dokładności jest zapewniany przez odbiorniki wykorzystujące tylko częstotliwość L_1 i kod C/A oraz nie posiadające możliwości odszyfrowania "ograniczonej dostępności". W zastosowaniach morskich nie przewiduje się również wykorzystania wszystkich sygnałów pseudosatelitarnych, jednakże od morskich odbiorników nawigacyjnych GPS wymagana jest odporność na tego rodzaju sygnały, które mogą być źródłem poważnych zakłóceń interferencyjnych i tłumienia sygnału użytecznego. W nawigacji lotniczej zwiększone wymagania dotyczące dokładności określania pozycji oraz zachowania ciągłości tego procesu w zmiennych warunkach dynamicznych wymagają często zastosowania bardziej zaawansowanych rozwiązań odbiorników GPS. Rozwiązania te będą szły w kierunku zapewnienia pracy odbiornika na wyższym poziomie dokładności tzw. PPS (Precise Positioning Service). Wiąże się to z zapewnieniem możliwości pracy odbiornika GPS z wykorzystaniem częstotliwości L_2 systemu i kodu precyzyjnego P. Należy jednakże zdawać sobie sprawę, że tego typu rozwiązania, jak i możliwość "omijania" "ograniczonej dostępności" mogą być dostępne tylko za zgodą właściciela systemu tj. Ministerstwa Obrony Narodowej USA oraz pociągają za sobą duże nakłady finansowe na aparaturę odbiorczą. Dlatego też, w wielu przypadkach również w nawigacji lotniczej użytkownicy będą mogli wykorzystywać odbiorniki GPS posiadające możliwość odbioru jedynie częstotliwość L_1 i kodu C/A.

W zastosowaniach lotniczych istotny wzrost dokładności otrzymywanej pozycji może być osiągnięty dzięki tworzeniu sieci stacji nadających sygnały pseudosatelitarne. Tego typu rozwiązania mogą być wykorzystywane w pobliżu lotnisk i wszędzie tam, gdzie ze względu na bezpieczeństwo wymagana jest ciągła dostępność i duża dokładność pozycji. Z tych samych wzlgędów, w nawigacji morskiej, w pobliżu akwenów o dużym

natężeniu ruchu, bądź w pobliżu niebezpieczeństw nawigacyjnych mogą być wykorzystywane różnicowe stacje odniesienia. Dlatego też, możliwość rozszerzenia konfiguracji odbiornika o aparaturę odbiorczą sygnałów różnicowych lub pseudosatelitarnych jest dość istotnym parametrem technicznym decydującym o możliwościach wykorzystania odbiornika w danych warunkach eksploatacyjnych. Rodzaj filtracji pomiarów jest kolejnym parametrem technicznym wpływającym zarówno na dokładność określanej w odbiorniku pozycji, jak i na skuteczność procesu określania pozycji w przypadku występownia dużych przyspieszeń lub szybkich zmian kierunku. W zastosowaniach lotniczych realizowany w odbiorniku GPS rodzaj filtracji powinien być adekwatny do warunków dynamicznych w których ma on pracować. Niektóre prędkości jednostek morskich oraz względna stałość parametrów ich ruchu (niewielkie przyspieszenia i stałość kierunku ruchu) sprawiają, że odbiorniki GPS wykorzystywane w nawigacji morskiej nie wymagają zaawansowanych metod filtracji pomiarów. Dla większości zastosowań morskich wystarczającym sposobem oceny jakości pomiarów jest zastosowanie filtru Kalmana. Filtr Kalmana jest jednym z programów komputerowych wchodzących w skład oprogramowania nawigacyjnego odbiornika. Jest on filtrem statycznym, który optymalizuje jakość dokonywanych pomiarów. Program zawiera opis modelowy źródeł błędów i zmiennych dynamicznych systemu i na tej podstawie dokonuje oceny błędu i jakości pomiarów, w czasie obliczeń dokonywany jest ciągle proces statycznego porównywania wyników nowych pomiarów z ostatnią obliczoną pozycją. Pomiary o niskiej jakości, mają dzięki filtracji niewielki wpływ na jakość określanej pozycji. Filtr Kalmana może dokonywać oceny pomiarów realizowanych względem wszystkich widocznych satelitów, co prowadzi do otrzymania pozycji o maksymalnej w danych warunkach dokładności. Oprócz ewidentnego polepszenia dokładności otrzymywanej pozycji, filtracja zapewnia większą stabilność i ciągłość określanej pozycji nawet w bardzo krótkich okresach pomiarowych, co wpływa również na minimalizację błędu określania pozycji i kursu. Jednakże mimo tego, że filtr Kalmana jest jednym z prostszych rozwiązań zapewniających ocenę jakości pomiarów, zdarzają się odbiorniki, które posiadają możliwości filtracji co wydatnie obniża ich parametry eksploatacyjne.

Dość istotnym parametrem technicznym odbiornika GPS jest jego zdolność do selekcji sygnałów satelitarnych.

W celu minimalizacji błędu określanej pozycji satelitarnej wskazany jest taki dobór satelitów wykorzystywanych w procesie nawigacyjnym, aby ich azymuty przecinały się pod kątem zbliżonym do 90°. Po odrzuceniu tych satelitów, które już są, albo wkrótce będą poniżej horyzontu, odbiornik musi dokonać wyboru trzech lub czterech z nich do określenia pozycji.

Innym kryterium, które może być brane pod uwagę w procesie selekcji, jest ocena jakości sygnału satelitarnego i aktualności danych dostarczonych w "wiadomości nawigacyjnej" (tzw. health status). Ważne jest także, aby proces selekcji sygnałów satelitarnych był realizowany jak najczęściej w celu zapewnienia optymalnej dokładności otrzymywanej pozycji satelitarnej stosownie do zmian wzajemnego układu satelitów systemu GPS i użytkownika.

W celu zapewnienia ciągłości procesu określania pozycji, nawet w przypadku braku łączności z wymaganą liczbą satelitów systemu GPS, niektóre odbiorniki tego systemu mają możliwość wspomagania procesu nawigacyjnego poprzez pomocnicze wprowadzanie wysokości anteny odbiornika (wspomaganie wysokościowe) lub poprawki na opóźnienie zegara odbiornika użytkownika (wspomaganie czasowe). Wspomaganie wysokościowe jest niezbędne przy dostępie tylko do trzech satelitów, a wspomaganie wysokościowe i czasowe przy dostępie do tylko dwóch satelitów systemu. Uwzględnienie tych rozwiązań w konstrukcji odbiornika jest szczególnie istotne w chwili obecnej, gdy liczba satelitów operacyjnych jest mniejsza od docelowej i mogą wystąpić obszary, w których dostępnych jest mniej niż 4 satelity systemu. Ponadto tego typu rozszerzenie możliwości technicznych odbiornika GPS zabezpiecza przed przerwaniem ciągłości procesu określania pozycji w sytuacji, gdy sygnały satelitarne są zasłaniane bądź rozpraszane, lub gdy z jakiejkolwiek przyczyny ich moc jest zbyt niska aby mogły być wykrozystane przez odbiornik. Poza tym zachowanie ciągłości określania pozycji w okresach braku dostępności do niezbędnej liczby satelitów ułatwia odbiornikowi późniejszy płynny powrót do właściwego trybu pracy bez konieczności każdorazowej inicjalizacji.

Jednakże parametrem technicznym najwyraźniej wpływającym na właściwości eksploatacyjne odbiornika GPS jest liczba torów odbiorczych. Parametr ten decyduje bezpośrednio o sposobie dokonywania pomiarów i ich jakości, jest też ze względu na swoje szczególne znaczenie ogólnie przyjętym kryterium podziału odbiorników GPS.

7. ZASADNICZE WYPOSAŻENIE NAWIGACYJNE SAMOLOTÓW WLOP

Przedstawione powyżej klasyfikacje uzmysławiają jak szeroka jest gama urządzeń technicznych, wykorzystywanych w nawigacji lotniczej spełniających te same funkcje użytkowe, których zasady działania oparto o różne zjawiska i prawa fizyczne.

W tabelach 3, 4 i 5 przedstawiono zasadnicze wyposażenie nawigacyjne samolotów myśliwskich typu MiG-21Bis, MiG-23MF, MiG-29 i samolotu myśliwsko-bombowego Su-22M4. Ponadto wymienione samoloty posiadają zasadnicze systemy geotechniczne (busole magnetyczne, prędkościomierze i wysokościomierze).

Tabela 3

ZASADNICZE ŚRODKI RADIONAWIGACYJNE

MiG-21 MF/BiS	MiG-23 MF	MiG-29	SU-22 M4
ARK-10 RW-4 SOD-57 MRP-56	ARK-15M RW-4 SOD-57M MRP-56P	ARK-19 RW-31/AO37 SOD-59 MRP-56	ARK-22 RW-21 SOD-59 MRP-66

Gdzie:

ARK - automatyczny radiokompas;

RW - radiowysokościomierz;

SOD - urządzenie aktywnej odpowiedzi;

MRP - odbiornik sygnałów znacznikowych.

Tabela 4

SYSTEMY NAWIGACYJNE (KOMPLEKSY CELOWNICZO-NAWIGACYJNE)

MiG-21 MF/BiS	MiG-23 MF	MiG-29	SU-22 M4
	POLIOT-1J-23	OEPRNK-29E	PRNK-54
	W KOMPLEKSACH		
	RSBN-6s	RSBN-6s	RSBN-6s
			RSDN
		NO-19EA	DISS-7
			IKW-8
			SWS-14
	SKW-2N-2		

Gdzie:

RSBN - radiotechniczny system bliskiej nawigacji;

RSDN - radiotechniczny system dalekiej nawigacji;

DISS - radiolokacyjne pokładowe urządzenie Dopplerowskie;

IKW - bezwładnościowy układ pomiaru kursu;

SWS - układ sygnałów powietrznych;

SKW - układ kursu i wysokości.

Tabela 5

SYSTEMY LĄDOWANIA

MiG-21 MF/BiS	MiG-23 MF	MiG-29	SU-22 M4
USL	PRMG z USL	PRMG z USL	PRMG z USL

Gdzie:

USL - uniwersalny system lądowania;

PRMG - system lądowania według przyrządów.

Należy podkreślić, że pokładowe urządzenia RSDN są zamontowane, lecz ich wykorzystywanie jest obecnie niemożliwe z powodu zablokowania przez siły zbrojne Rosji i Ukrainy dostępu do kodów emisji urządzeń naziemnych.

Ocena możliwości bojowego wykorzystania systemów nawigacyjnych

Przydatność urządzeń w nawigowaniu praktycznym jest zróżnicowana w zależności od wykonywanych przez lotnictwo zadań, przeciwdziałania przeciwnika, warunków atmosferycznych, pory doby i roku. Ponieważ poszczególne typy urządzeń nawigacyjnych użytkowane są na współczesnych statkach powietrznych w kompleksach celowniczo-nawigacyjnych rozpatrywanie przydatności tych kompleksów w odniesieniu do konkretnych typów samolotów i ich podstawowych zadań wydaje się zasadne.

Samoloty myśliwskie MiG-21 nie posiadają kompleksów celowniczo nawigacyjnych. W realizacji zadań przechwytywania ŚNP zdane są na system naprowadzania lotnictwa z wyjątkiem sytuacji gdy stosują wymuszony sposób działań - samodzielne poszukiwanie i zwalczanie przeciwnika powietrznego.

Dokładność wyjścia nad nakazany obiekt z zastosowaniem metod nawigacji klasycznej w lotach bez widzialności Ziemi jest silnie zależne od odległości lotu (dla odcinka 100 km wynosić może 2-3 km po kierunku i 6-10 km w odległości). Wykorzystanie do określania pozycji urządzeń radionawigacyjnych (ARK lub systemu radionamierzania) w wypadku samolotów MiG-21 nie poprawia znacząco możliwości nawigacyjnych w aspekcie dokładności. Wykorzystanie systemu naprowadzania do wyjścia nad nakazany obiekt naziemny może zwiększyć dokładność wyjścia nad cel (średni kwadratowy błąd kołowy przy wykorzystaniu RLS zakresu centymetrowego, dla odległości lotu rzędu 100 km wynosi około 2.0 km). Praktyczne wykorzystanie systemu naprowadzania do tych zadań podczas działań bojowych jest ograniczone niewielkim zasięgiem RLS nad terenem przeciwnika zwłaszcza na małych wysokościach. Wyposażenie nawigacyjne samolotów MiG-21 wyklucza zatem zwalczanie celów naziemnych bezpośrednio z trasy bez ich uprzedniego wzrokowego wykrycia z odległości rzędu 4-6 km.

Wykorzystywanie podczas lądowania systemu USL z RSL wydatnie podnosi wymagania co do tzw. minimalnych warunków atmosferycznych niezbędnych do

spełnienia przy podejściu do lądowania wg przyrządów w trudnych warunkach atmosferycznych TWA (200 m - dolna podstawa chmur, 3 km - widzialność).

Systemy nawigacyjne samolotów MiG-23MF i MiG-29 wobec wyposażenia ich w aparaturę RSBN w znacznym zakresie ułatwiają ich nawigowanie. Systemy te zapewniają wykonanie następujących zadań:

a) określenie w czasie lotu współrzędnych biegunowych miejsca samolotu względem radiolatarni RSBN-4N;

b) określenie nakazanego kursu i odległości do kolejnych punktów zmiany kierunku (PZK) w czasie lotu po zaprogramowanej trasie;

c) wyjście na dowolne zaprogramowane uprzednio lotnisko z podaniem warunków zniżania (do wysokości 600 m) z wysokości przelotowej oraz wykonanie manewru do lądowania podczas sterowania "ręcznego".

Ponadto system lądowania wg przyrządów - PRMG zapewnia wykonanie manewru do lądowania w zakresie ręcznego, dyrektywnego lub automatycznego sterowania i zajścia do lądowania do wysokości 40-50 m według sygnałów naziemnych.

Dokładność wyjścia nad obiekt w odległości wynosi 200m + 3% odległości w azymucie 0,25°.

Wykorzystanie RSBN zmniejsza prawdopodobieństwo utraty orientacji geograficznej podczas prowadzenia walk powietrznych, zwłaszcza, że w ramach systemu OP samoloty te gross zadań będą wykonywać nad własnym terytorium, gdzie pokrycie strefą działania RSBN jest największe. Wykorzystanie RSBN nad terytorium przeciwnika jest ograniczone zwłaszcza na małych wysokościach (zasięg porównywalny z widzialnością optyczną) oraz z powodu możliwości zakłócania radioelektronicznego systemu.

Samoloty myśliwsko-bombowe Su-22M4 posiadają doskonalszy system nawigacyjny działający w ramach kompleksu PrNK-54.

Kompleks celowniczo-nawigacyjny PrNK-54 zapewnia:

1) automatyczne określenie i przekazanie do systemu sterowania automatycznego oraz na zobrazowanie pilotowi informacji, która jest niezbędna w celu:

- wprowadzenia samolotu do rejonu zadanego celu (grupy celów);
- zapamiętania współrzędnych i powtórnego zajścia na wykryty cel;
- powrotu do rejonu lotniska lądowania;

- wykonania przelotów samolotu;

- wykonania manewru przed lądowaniem i zajścia do lądowania do wysokości 40-50 m według sygnałów naziemnych;

2) określania i przekazania do systemu sterowania automatycznego, do systemu sterowania bronią oraz na zobrazowanie pilotowi informacji, która jest niezbędna w celu:

- wykonania celnego bombardowania, strzelania z działek i odpalania niekierowanych pocisków rakietowych przy automatycznym opracowaniu danych do celowania oraz naprowadzania samolotu na ruchome i nieruchome cele naziemne przy ich widoczności wzrokowej;

- bombardowania (bez widoczności celu) obiektów wcześniej zaprogramowanych (bombardowanie z wykorzystaniem systemów nawigacyjnych);

- zapewnienia użycia pocisków kierowanych klasy "powietrze-ziemia" z laserowymi systemami naprowadzania;

- zapewnienia użycia pocisków kierowanych klasy "powietrze-SRL";

- rażenia samolotów nieprzyjaciela (w powietrzu na małych i średnich wysokościach przy ich widoczności wzrokowej) z działek, niekierowanych pocisków rakietowych oraz pociskami R-60 i R-60M (zadanie dodatkowe);

3) podania informacji nawigacyjnej do aparatury zasobnika rozpoznania kompleksowego;

4) podania niezbędnej informacji do rejestratora magnetycznego MŁP-14-3 w celu analizy stanu aparatury kompleksu oraz sprzężonych z nią systemów, a także do kontroli działania personelu latającego.

Zadania nawigacyjne

Podczas rozwiązywania zadań nawigacyjnych zapewnia się:

- automatyczne obliczanie bieżącego miejsca położenia samolotu według danych środków autonomicznych (bezwładnościowego układu kursu, dopplerowskiego miernika prędkości i kąta znoszenia oraz systemu sygnałów powietrznych);

- automatyczną korekcję obliczonych współrzędnych miejsca położenia samolotu według sygnałów naziemnych radiolatarni radiotechnicznych systemów bliskiej i dalekiej nawigacji;

- korekcję wzrokową obliczonych współrzędnych według dowolnego z sześciu punktów zmiany kierunku podczas przelotu nad nim lub bez przelotu z wykorzystaniem siatki ruchomej głowicy celownika S-17WG;

- wykonanie (z wykorzystaniem systemu sterowania automatycznego) lotu po trasie z zadaniem przelotu 10 punktów (w tej liczbie sześciu punktów zmiany kierunku i czterech lotnisk, z których każdy może być punktem orientacyjnym) przy sterowaniu automatycznym i dyrektywnym;

- lot operacyjny z dowolnego punktu trasy do dowolnego punktu zmiany kierunku lub lotniska według najkrótszej odległości;

- "zapamiętanie" współrzędnych geograficznych wykrytego celu podczas przelotu nad nim lub z wykorzystaniem siatki ruchomej głowicy celownika S-17WG z możliwością powtórnego wyjścia na cel przy sterowaniu dyrektywnym;

- zniżenie do wysokości zapewniającej manewr przed lądowaniem, wykonanie manewru przed lądowaniem z korekcją radiową i zejście do lądowania według sygnałów radiolatarni naziemnych;

- powtórne zajście do lądowania;

- zobrazowanie odległości i namiaru w czasie lotu na dowolny z wybranych punktów zmiany kierunku lub lotnisk;

- zobrazowanie odległości do dowolnego z czterech lotnisk podczas lotu po trasie;

- zobrazowanie (podczas lotu) numeru radiolatarni radiotechnicznego systemu bliskiej nawigacji, według której prowadzona jest korekcja obliczonych współrzędnych;

- korekcję bieżącego kursu bezwładnościowego układu i pionu według kąta kursowego punktu orientacyjnego lub według kursu drogi startowej.

Brak możliwości wykorzystywania RSDN i ograniczony zasięg RSBN podczas wykonywania typowych zadań zwalczania obiektów naziemnych (nawodnych) powoduje, że nie wszystkie z wymienionych możliwości mogą być realizowane z wystarczającą dokładnością. Podstawowym urządzeniem nawigacyjnym, według którego prowadzona jest orientacja nad terenem przeciwnika jest w chwili obecnej system bezwładnościowy IKW-8, dopplerowski DISS-7 i układ sygnałów powietrznych SWS. Te źródła infor-

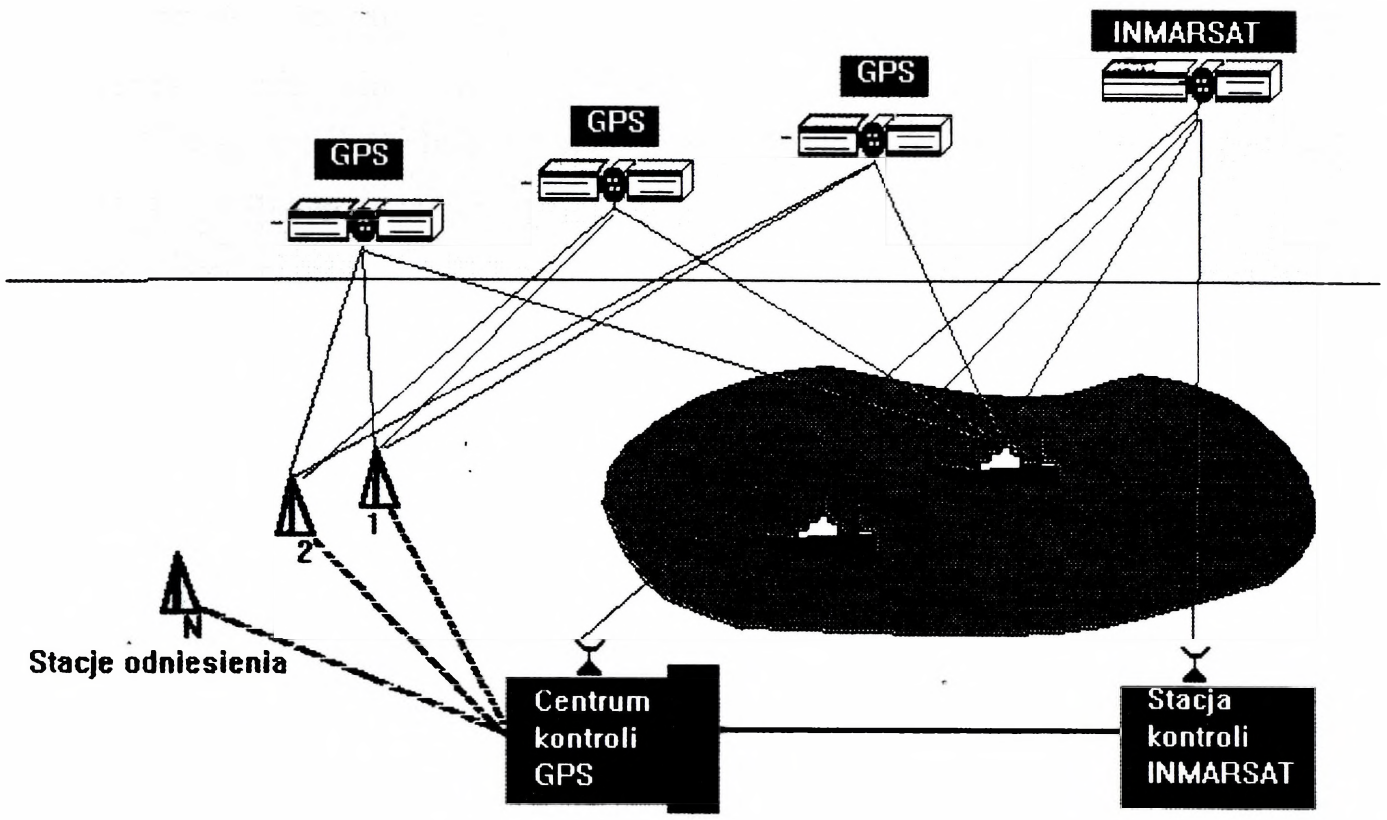
macji o parametrach nawigacyjnych uniemożliwiają wykonanie skutecznych uderzeń na obiekty naziemne (z wyjątkiem dużych obiektów powierzchniowych) bez ich widzialności wzrokowej. Wydatnie jednak poprawiają dokładność wyjścia w rejon tych obiektów.

8. PROGRAMY ROZWOJOWE NAWIGACYJNYCH SYSTEMÓW SATELITARNYCH

Opis wybranych rozwiązań światowych

Program SkyFix

Schematycznie ideę programu przedstawia poniższy rysunek:



Program wykorzystuje zasadę DGPS. Innowacją jest natomiast wykorzystanie geostacjonarnego satelity telekomunikacyjnego INMARSAT. Poprawka różnicowa jest w tym systemie przekazywana do odbiorników ruchomych także drogą satelitarną. Stacje odniesienia (reference stations), czyli punkty na których ustawiono stałe odbiorniki systemu GPS przekazują wyniki pomiarów do centrum kontrolnego systemu INMARSAT, gdzie informacja różnicowa generowana jest w odpowiednim formacie (RTCM - Radio Technical Commision for Maritime Services). System SkyFix pokrywa już znaczące obszary kuli ziemskiej. Stacje odniesienia są głównie na wybrzeżach - system ten służy przede wszystkim do nawigacji morskiej.

Program ACCUNAV

Jest to system nawigacyjny przeznaczony głównie do nawigacji lotniczej. Zasadniczo składa się z dwóch systemów:

- FSM (Flight Management System);
- software do planowania lotu i rysowania na ekranie monitora trasy przelotu.

FSM składa się z odbiornika GPS, komputera pokładowego, monitorów i kabli do czujnika informacji RTCM. Program znajduje także zastosowanie w fotometrii.

Program VERIPOS

Jest to morski program nawigacyjny obejmujący swoim zasięgiem płn.-zach. Europę. Początkowo składał się z 3 stacji emitujących poprawki różnicowe - Brest (FRANCJA), den Helder (HOLANDIA) i Wick (SZKOCJA). W roku 1992 dołączono dodatkowe stacje: Barra (SZKOCJA) oraz stację w południowej Norwegii. System umożliwia uzyskiwanie informacji różnicowych w promieniu 700 km od stacji odniesienia. Umożliwia to uzyskiwanie dokładności wyznaczenia pozycji około 5 m. Jako ciekawostkę można podać fakt, że jeden z członków konsorcjum VERIPOS - holenderska firma OSIRIS jest także mocno zaangażowana w stworzenie analogicznego systemu na terenie Azji Południowo-Wschodniej (pod nazwą AQUAPOS).

Program SIFICAP

Jest to program realizowany w Portugalii przez firmę UNISYS PORTUGAL na bazie programu typu GIS ArcGIS 3.1. (GIS - Geographical Information System - mapa numeryczna plus gigantyczna przestrzenna baza danych, czyli charakterystyka obiektów prezentowanych na mapie). SIFICAP umożliwia śledzenie statków wewnątrz 200 milowej strefy wód brzegowych. Każdy trawler ma zamontowany odbiornik GPS. Wyniki wyznaczenia są na bieżąco przekazywane poprzez łącza radiowe (przez standartowy protokół komunikacyjny X.25) do anten odbiorczych umieszczonych na nadbrzeżu, skąd też łącza kablowe są przekazywane do stacji roboczej działającej w środowisku oprogramowania ArcGIS. Dzięki temu na wszystkich monitorach możemy śledzić na bieżąco ruch wszystkich statków.

Odbiornik GPS MAGELLAN NAV 5000 PRO

Odbiornik MAGELLAN NAV 5000 PRO należy do grupy odbiorników ręcznych (nazywanych także czasem grupą odbiorników topograficzno - nawigacyjnych). Odbiornik MAGELLAN NAV 5000 PRO charakteryzuje się małymi rozmiarami (21,5 cm * 9,0 cm * 5,0 cm) i małą masą (0,85 kg z bateriami). Odbiornik może być zasilany zewnętrznie lub wewnętrznie (6 baterii AA). Dokładność pojedynczego wyznaczenia wynosi 15 m (nie uwzględniając wpływu degradacji sygnału). Od kilku miesięcy wprowadzono możliwość wprowadzenia poprawki RTCM, co czyni możliwość wykorzystania odbiornika w nawigacji interesującą. Można dzięki temu stosować technikę DGPS, która w przypadku NAV 5000 PRO umożliwia osiąganie dokładności 5 m. Odbiornik musi naturalnie znajdować się w zasięgu działania stacji emitującej poprawki RTCM (może to być np. odbiornik TIPCON GP-R1 wraz z anteną nadawczą). Do NAV 5000 PRO jest wówczas podłączony specjalny odbiornik sygnału RTCM (Magellan DBR).

Dokładność tej metody zależy głównie od odległości między stacją a samolotem. Przyjmuje się, że dla Magellana odległość ta nie powinna przekraczać 450 km (po przekroczeniu tej odległości wartości wpływów poszczególnych błędów systematycznych dla obu odbiorników zaczynają się znacznie różnić). Tak więc w praktyce NAV 500 PRO poprzez zamontowaną na zewnątrz samolotu antenę zewnętrzną odbiera sygnał GPS, a jednocześnie Magellan DBR odbiera poprawki RTCM. Na tej podstawie wypracowana jest informacja różnicowa, która następnie wprowadzona jest do odbiornika i uwzględniana przy wyświetlaniu na displayu aktualnych danych dotyczących lotu.

Należy również wspomnieć, że Magellan NAV 5000 PRO posiada rozbudowane opcje nawigacyjne. Po zdefiniowaniu trasy (opcja ROUTE) można efektywnie wykorzystać opcję NAV. Umożliwia ona:

- uzyskiwanie informacji XTE (Cross Tracking Error), czyli prostopadłej odchyłki od zaplanowanej trasy lotu;
- uzyskiwanie danych dotyczących niezbędnej zmiany kierunku lotu;
- uzyskiwanie informacji TTG (Time To Go), czyli czas, który jest niezbędny na przebycie reszty trasy przy założeniu, że aktualna prędkość będzie zachowana.

Do pamięci odbiornika można wprowadzić 10 tras (każda z nich po 20 odcinków, przy czym nie ma ograniczeń odległościowych). Oprócz tego do odbiornika wprowadzono opcję VEL pozwalającą na określenie prędkości i azymutu geograficznego. Wyświetlana prędkość może być prędkością bieżącą lub efektem uśredniania prędkości z ostatnich dwudziestu lub stu dwudziestu sekund. Wartości azymutu mogą być także automatycznie korygowane przez uwzględnienie deklinacji magnetycznej.

Wykorzystanie w nawigacji odbiorników klasy topograficzno-nawigacyjnej znacznie redukuje koszty wprowadzenia do użycia systemów nawigacji satelitarnej.

Klasyczny odbiornik GPS kosztuje kilkadziesiąt tysięcy dolarów. Cena odbiornika ręcznego wynosi natomiast kilka tysięcy dolarów - różnica jest więc bardzo duża. Odbiorniki ręczne były np. używane przez lotnictwo USA podczas "Przywróć nadzieję" w Somalii.

Odbiornik Magellana może współpracować z programem GeoLink amerykańskiej firmy GeoResearch. Program ten należy do grupy programów GIS (Systemy Informacji o Terenie) i umożliwia np. bieżącą obserwację położenia samolotu na monitorze komputera typu laptop (aktualna trasa lotu może być oprogramowna na tle mapy numerycznej). Również bez użycia oprogramowania GeoLink można po wylądowaniu prześledzić trasę lotu na tle mapy numerycznej. Umożliwia to opcja konwersji wyników do formatu DXF (autoCAD) lub ArcInfo (jeden z najpopularniejszych programów typu GIS).

INNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA TECHNIKI GPS W LOTNICTWIE

Fotometria. Odbiorniki GPS spełniają także istotną rolę w fotometrii. Zasadniczo technikę GPS wykorzystuje się w celu wyznaczenia położenia kamery lotniczej w momencie ekspozycji (co jest istotne w opracowaniu zdjęć lotniczych). Stosowane mogą być wówczas tylko odbiorniki, które mają wyjście do kamery lotniczej (np. TOPCON GP-R1). Kamera lotnicza jest traktowana wówczas jako urządzenie zewnętrzne, które w momencie ekspozycji przesyła do odbiornika odpowiedni impuls. Jest on rejestrowany w pamięci wewnętrznej wraz z dokładnym czasem ekspozycji (w przypadku GPR-1 dokładność określenia czasu wynosi 0,1μs). Dzięki temu można potem wyinterpretować położenie środka rzutów kamery z dokładnością decymetrową.

TOPCON GP-R1). Kamera lotnicza jest traktowana wówczas jako urządzenie zewnętrzne, które w momencie ekspozycji przesyła do odbiornika odpowiedni impuls. Jest on rejestrowany w pamięci wewnętrznej wraz z dokładnym czasem ekspozycji (w przypadku GPR-1 dokładność określenia czasu wynosi 0,1μs). Dzięki temu można potem wyinterpretować położenie środka rzutów kamery z dokładnością decymetrową.

Satelitarny system śledzenia samolotów. Każdy samolot jest wyposażony w odbiornik GPS, wyznaczający na bieżąco swoje położenie oraz w urządzenie służące do radiotransmisji wyznaczanych wartości (podobnie jak w programie SIFICAP). Po odebraniu sygnału przez sieć ziemskich anten odbiorczych wyznaczane współrzędne poszczególnych obiektów są przekazywane do centrum kontroli, które korzystając ze specjalnego oprogramowania może prowadzić na ekranie komputerów monitorowanie ruchu samolotów.

Podsumowanie

Z całym przekonaniem można stwierdzić, że techniki satelitarne znajdują w nawigacji coraz szersze zastosowanie, czego dowodem jest wdrażanie coraz to nowszych projektów. Możliwości te są w coraz większym stopniu wykorzystywane także w nawigacji naziemnej. Świadczy o tym sto kilkadziesiąt tysięcy samochodowych odbiorników GPS używanych w Japonii. W USA liczba ta jest jeszcze większa. W nawigacji morskiej zastosowanie systemów satelitarnych jest już w krajach Europy Zachodniej, USA, Kanady, Japonii czy Nowej Zelandii rozwiązaniem standartowym. W nawigacji lotniczej także obserwuje się znaczny wzrost zastosowań systemu. Surowe wymogi dotyczące niezawodności systemu powodują konieczność integracji systemu GPS z innymi technikami nawigacyjnymi (np. z systemem DECCA czy Loran C). W ostatnich miesiącach przybył kolejny argument na rzecz wykorzystania systemu GPS w nawigacji - dzięki umieszczeniu na orbicie kolejnego satelity wyeliminowano pojęcie okna obserwacyjnego (czyli czasu, w którym pomiar był możliwy ze względu na dostępność co najmniej czterech satelitów nad horyzontem). Obecnie wyznaczenie pozycji jest możliwe przez 24 godziny na dobę.

LITERATURA

1. Ilustrowany leksykon lotniczy. Osprzęt i radioelektronika. Praca zbiorowa, WKŁ, Warszawa 1990.

2. Materiały z Konferencji Naukowo-Technicznej pt. "Automatyzacja Procesu Pozyskiwania Danych i Tworzenie Mapy Cyfrowej" Olsztyn, 11-12.03.1994.

3. The Journal of Navigation, September 1991, London, The Royal Institute of Navigation.

4. Materiały z II Konferencji Naukowo-Technicznej, Dęblin 1993, pt. "Technika Satelitarna i Symulacyjna w lotnictwie".

5. Nawigacja Lotnicza, Wyd. MON, 1979, Podręcznik.

6. S.S. FIEDCZYN, "Nawigacja Lotnicza", WKŁ, 1974.

7. S. BRAMSKI, Biuletyn WOSL 2(62)93.

8. CYDEJKO J. "Odbiorniki systemu satelitarnego GPS-Navstar". Praca magisterska Instytutu Nawigacji Morskiej, Wydział Nawigacyjny WSM Gdynia 1991.

9. SHARPE R.T.: "GPS Receivers Configuration" - Marine Electronics, lipiec/sierpień 1990, str. 47-49.

10. STANSELL T.A.: "GPS Perspectives" - papers presented at International Navigation Congress, Sydney, Australia, 2-5 lutego 1988.

11. SZYMOŃSKI M.: "Nawigacyjne wykorzystanie sztucznych satelitów Ziemi". Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.

12. TOFT H.: "GPS Satellite Navigation - New Perspectives in Accurate Navigation", SHIPMATE, Dania 1987.

13. Prospekty firmowe:

FURUNO ELECTRIC CO.LTD., ANSCHUTZ, KODEN ELECTRONICS CO. LTD., MAGNAVOX, RACAL MARINE ELECTRONICS LTD., SHIPMATE, SPERRY MARINE INC.

14. ILOTS GUIDE, OMEGA Navigation System, Litton Areo Products, California 1980.

Druk AON nr 870/WW

INSTRUKCJA UŻYCIA ODBIORNIKA SYSTEMU GPS

***Trimble**Navigation*

Trimble Flightmate GPS

Podstawowe opcje klawiatury:

1. Przyciski ◀ oraz ▶ umożliwiają przenoszenie się z opcji do opcji.
2. Naciśnij ⊛ w celu wprowadzenia DIRECT TO pozycji docelowej.
3. Dwukrotnie naciśnij ⊛ dla zapamiętania pozycji.
4. Naciśnij ◆ w celu wyświetlenia poleceń.
5. Naciśnij ▲ lub ▼ aby zobaczyć dodatkowe polecenia.
6. Naciśnij ↵ dla wykonania polecenia.

Zwięzła metoda wprowadzenia pozycji docelowej SET TO:

1. Naciśnij ⏻ w celu uruchomienia Flightmate.
2. Naciśnij ↵ zanim skończy przewijać się ekran początkowy.
3. Naciśnij ◀ aż dojdziesz do NAV.
4. Naciśnij ▲ lub ▼ aż zobaczysz CDI.
5. Naciśnij ⊛ zobaczysz TO.
6. Naciśnij ◀.
7. Naciśnij ▲ lub ▼ w celu wybrania odpowiedniej bazy danych.
8. Naciśnij ▶.
9. Naciśnij ▲ lub ▼ aby wyliterować identyfikator.
10. Naciśnij ▶ a następnie ▲ lub ▼ aż skończysz literowanie nazwy.
11. Naciśnij ↵.

Informacje na tej stronie zwięźle informują o wszystkich funkcjach dostępnych użytkownikowi. Na odwrocie tej strony znajduje sie krotka informacja jak poruszać się po poszczególnych opcjach.

Układ tej strony odpowiada ekranowi opcji przyrządu.

NAV

Ekrany

*MultiINAV

*TO

*Cross Track Error

*Vertical Info

POLECENIA

Set TO
ustal do

Set FROM
ustal start

Set NEXT
ustal następny

WPT

Ekrany

*User Waypoint
baza użytkownika

POLECENIA

Scan Waypoint
przeszukiwania

Create User Waypoint
tworzenie bazy

Modify User Waypoint
modyfikacja

Rename User Waypoint
zmiana nazwy

Erase All User
wymazywanie

Average & Save
średnia

Offset From
początek trasy

Copy Waypoint
kopiowanie

NEAR

Ekrany

Nearest 10
najbliższe 10

POLECENIA

Find Nearest 10
znajdź

Reference
zasady

Database
baza danych

TRIP

Ekrany

Totals
razem
Altitudes
wysokość
Good

Speed
prędkość

POLECENIA

See Trip (1 or 2)Data
obejrz podróż

Pause Trip
przerwij

Resume Trip
ponów

Reset Trip
skasuj

TIME

Ekrany

Timer Data
zegar lotu

POLECENIA

Start/Stop Timer
start/stop zegara

Count Up or Down
kierunek odliczania

Preset Timer
ustawienie zegara

Reset timer
kasowanie

MORE

Ekrany

Menu

POLECENIA

CUSTOMIZING

CALCULATIONS

Reset Battery Hours
kasowanie zużycia baterii

GPS Update Rate
uaktualnienie

Auto Shutt Off
auto wyłączenie

Screen Cintrast
kontrast

Screenlight
oświetlenie

GPS

Ekrany

GPS Status
stan systemu

POLECENIA

Set Altitude
wysokość

Sun Data
Słońce
Satellite Data
Satelity
From A to B
Z A do B
TAS/DEN/WIND AL.

Customizing
ustalenia
Set Clock Style
zegar 24/12
Set Data Format
format daty
Altitude Units
jednostki wysokości
Distance Units
jednostko odl.
Speed Units
jednostki prędkości
Set CDI Scale
skala odchylenia
CoordinateStyle
rodzaje współrz.
North Reference
kierunek Północy
Mapping Datum
odwzorowania
Time Zone
strefy czasowe

SPIS TREŚCI

3. Wprowadzenie

5. Uruchomienie

7. Szybkie uruchomienie

11. Opcja NAV
nawigowanie

17. Opcja WPT
pozycje nawigacyjne

24. Opcja NEAR
najbliższe pozycje

26. Opcja TRIP
podróż

30. Opcja TIME
czas

32. Opcja MORE
dodatkowo

39. Opcja GPS

41 Instrukcja montażu

44. DODATEK A
Rodzaje współrzędnych i odwzorowań

46. DODATEK B
Problemy

47. DODATEK C

47. DODATEK D
Dane techniczne

48. DODATEK E

49. DODATEK F
Jak działa system GPS

Nawigacja jest starodawną sztuką, która w ciągu wieków przekształciła się w naukę. Aż do XX wieku odkrywcy i podróżnicy korzystali z niepełnych map, skomplikowanych instrumentów i rozległej wiedzy o gwiazdach w celu pomyślnej nawigacji. Niektóre z tych skomplikowanych instrumentów, jak np.: sekstans, czy kompas, są wciąż jeszcze użytkowane przez ekspertów. Przyrządy te wymagają jednak specjalnego szkolenia oraz zapewnienia odpowiednich warunków w celu określenia pozycji na Ziemi o dowolnej porze. Nawigacja taka nie była prosta. Z czasem nawigowanie bardzo się zmieniło. Ostatnim, najbardziej dokładnym systemem jest system GPS (Globalny System Określania Pozycji), czyli sieć satelitów krążących około 20 000 km nad powierzchnią Ziemi, w przestrzeni kosmicznej. Używając Trimble Flightmate jako osobistego interpretera, odbiornik GPS informuje o aktualnej pozycji w dowolnym punkcie Ziemi, o dowolnej porze dnia i nocy, przy dowolnej pogodzie i na dowolnej wysokości. Teraz nawigacja stała się prosta.

Poszczególne strony tej Instrukcji Użytkowania zorganizowane są w taki sam sposób, jak dane na wyświetlaczu odbiornika. W ten sposób nawigowanie przy użyciu odbiornika GPS jest tak łatwe jak korzystanie z tej instrukcji. Znajduje się w niej siedem rozdziałów odpowiadających siedmiu głównym opcjom odbiornikaGPS.

NAV WPT NEAR TRIP TIME MORE GPS

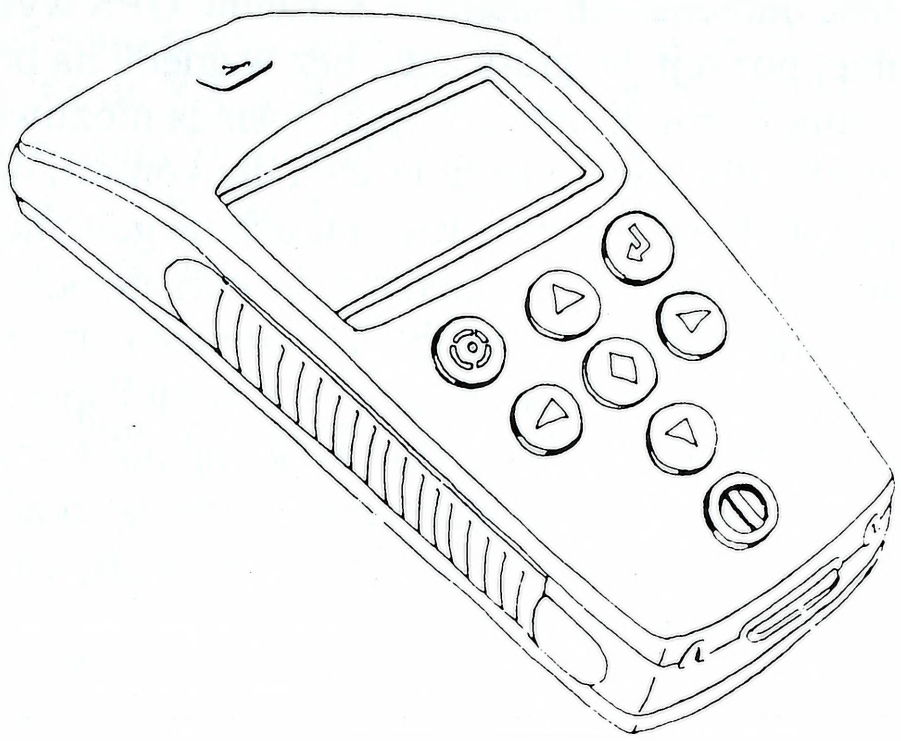
W opcji NAV różne działania pomagają kierować się w stronę punktu docelowego, lub wrócić do pozycji początkowej. WPT to biblioteczka, w której przechowuje się współrzędne różnych pozycji w celu późniejszego ich wykorzystania. NEAR automatycznie określa 10 najbliższych pozycji radionawigacyjnych w stosunku do aktualnej pozycji. TRIP jest komputerem podróżnym, który wypracowuje takie dane jak średnia prędkość, lub całkowita przebyta droga. TIME wykorzystuje najlepsze w świecie zegary w celu wyświetlenia aktualnego czasu, oraz umożliwia pomiar czasu dla trzech niezależnych sytuacji. MORE umożliwia kontrolę dzia-

łania odbiornika GPS , a także dostęp do innych informacji jak wschód słońca, lub ilość odbieranych satelitów systemu. GPS wyświetla współrzędne aktualnej pozycji geograficznej, bez względu na położenie na, czy nad powierzchnią Ziemi. Każda z 7 opcji posiada możliwość wyświetlenia dodatkowych informacji oraz polecenia dla kontroli działania. Informacje takie jak prędkość (w węzłach - milach na godzinę) lub nazwa punktu docelowego, mogą być zmienione na ekranie poleceń. Oczywiście można wykorzystać odbiornik Trimble Flightmatew dowolny, inny sposób. Na następnych stronach opisane jest, w jaki sposób odbiornik współpracuje z systemem GPS w celu uzyskania informacji o aktualnej pozycji i czasie. Jeżeli jednak pragniesz już teraz uzyskać dane o Twojej aktualnej pozycji i chcesz rozpocząć nawigowanie, przejdź do rozdziału Szybkie Uruchomienie na stronie 7.

Użytkowanie przyrządu:

1. Naciskaj ◀ lub ▶ jeżeli chcesz zmienić opcje.
2. Naciskaj ▼ lub ▲ jeżeli chcesz poruszać się po sąsiednich ekranach wewnątrz opcji.
3. Naciśnij ● aby zostały wyświetlone polecenia.

Uruchomienie



Odbiornik Trimble Flightmate GPS
Nr 17319-24

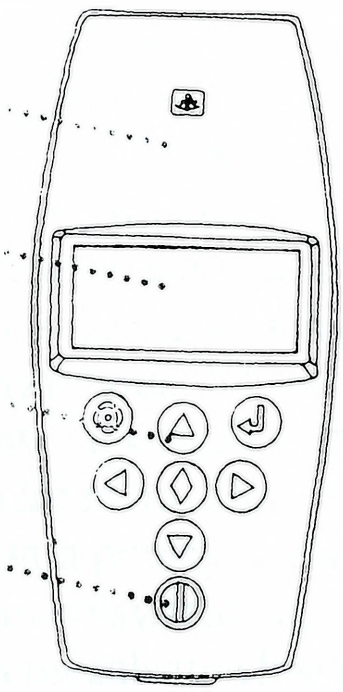
Pojemnik na baterie

Antena

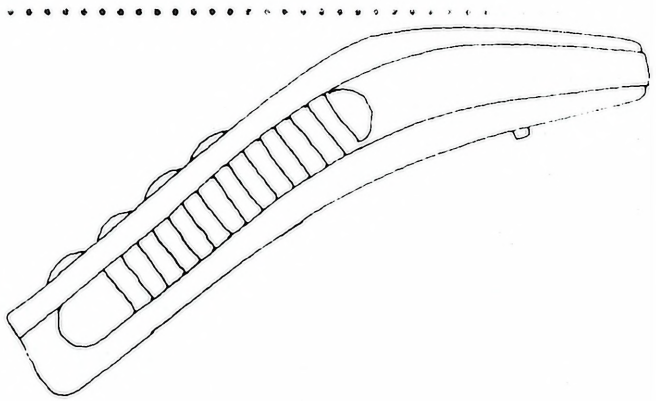
Wyświetlacz

Przyciski

Wyłącznik



Optymalny kąt ułożenia anteny (horyzontalnie).



URUCHOMIENIE

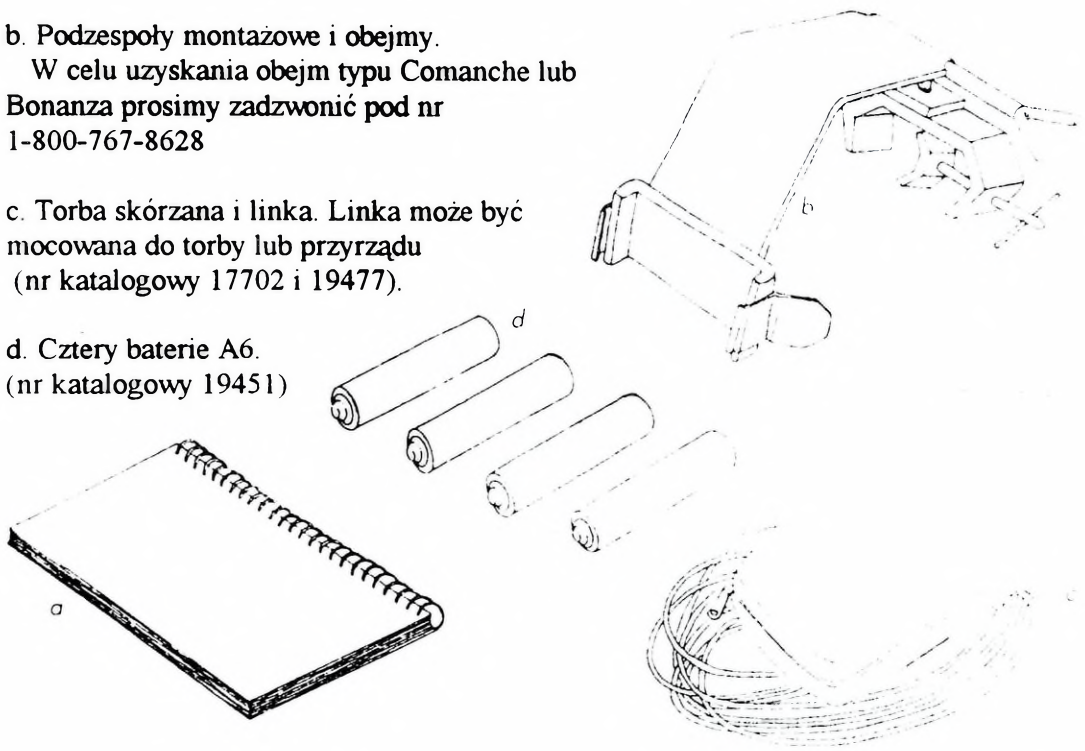
Oprócz odbiornika GPS w pakiecie znajduje się:

a. podręcznik użytkownika, zawierający kartę rejestracyjną (zgłoszeniową), oraz skróconą kartę informacyjną (nr katalogowy 20585-00).

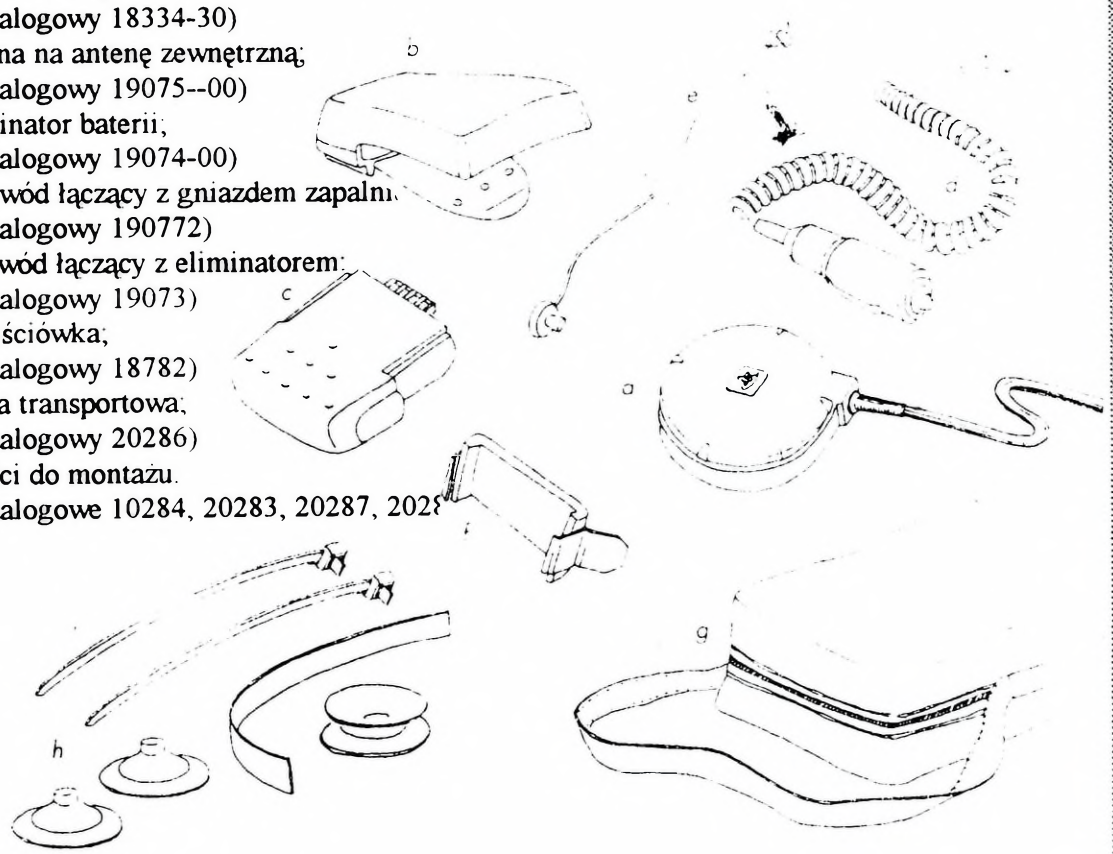
b. Podzespoły montażowe i obejmy.
W celu uzyskania obejm typu Comanche lub Bonanza prosimy zadzwonić pod nr 1-800-767-8628

c. Torba skórzana i linka. Linka może być mocowana do torby lub przyrządu (nr katalogowy 17702 i 19477).

d. Cztery baterie A6.
(nr katalogowy 19451)

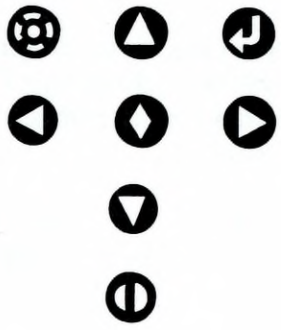


Jeżeli wybrałeś komplet lotniczy, oprócz tego w zestawie powinny znajdować się:
a. antena zewnętrzna;
(nr katalogowy 18334-30)
b. osłona na antenę zewnętrzną;
(nr katalogowy 19075--00)
c. eliminator baterii;
(nr katalogowy 19074-00)
d. przewód łączący z gniazdem zapalni
(nr katalogowy 190772)
e. przewód łączący z eliminatorem;
(nr katalogowy 19073)
f. przejściówka;
(nr katalogowy 18782)
g. torba transportowa;
(nr katalogowy 20286)
h. części do montażu.
(nr katalogowe 10284, 20283, 20287, 202



SZYBKIE URUCHOMIENIE

jest przyciskiem Direct TO "*kierunek do*". Kontroluje polecenia Direct TO i Save Waypoint (*zapamiętanie pozycji).* Naciśnięcie tego przycisku równocześnie z ◕ powoduje wyznaczenie aktualnie wyświetlanej pozycji jako pozycji docelowej TO (do). Szybkie, podwójne przyciśnięcie tego przycisku powoduje zapamiętanie aktualnej pozycji jako pozycji nawigacyjnej. (Podwójne przyciśnięcie to przyciśnięcie dwukrotne w ciągu 0,5 sek.)



◔ oraz ◔ są przyciskami "w górę" oraz "w dół". Pozwalają na przemieszczanie się po dodatkowych ekranach informacyjnych lub pozwalają na wybórpoleceń na ekranie poleceń. Przyciski te umożliwiają także zmianę znaków na ekranie poleceń.

◕ jest przyciskiem potwierdzającym . Jest używany do wykonania komendy lub uzyskania dodatkowych informacji o aktualnym ekranie.

◔ oraz ◔ oznaczają przyciski "w lewo" oraz "w prawo". Przeznaczone są do przemieszczania się z aktualnej opcji do opcji sąsiedniej, jednej z 7 głównych. Jest także używane do przemieszczania kursora po ekranie komend.

◔jest przyciskiem włącz/wyłącz. Naciskając go przez 4 sekundy lub naciśnięcie go, a następnie◔, powoduje szybkie wyłączenie przyrządu. Chwilowe naciśnięcie powoduje wyświetlenie liczby satelit będących aktualnie w zasięgu, podaje łączny czas pracy baterii, pokazuje czy zbieranie danych z satelit jest już zakończone, czy jeszcze trwa.

◔ jest przyciskiem komend. Umożliwia dostęp do głównych poleceń bieżącego ekranu,a także pozwala na odwołanie polecenia.

KRÓTKA INSTRUKCJA

1.Zainstaluj baterie.
2.Ustaw odbiornik w miejscu z możliwie dobrą widocznością horyzontu.
3.Włącz go.
4.Poczekaj 12.5 do 30minut
5.Sprawdź czy na ekranie POWER OFF została wyświetlona duża litera A.

(Szczegóły tej instrukcji są opisane w poniższym tekście).

Instalacja baterii.

W celu szybkiego uruchomienia usuń osłonę z dna odbiornika i wsuń we wnękę baterie. Wnęka na baterie znajduje się poniżej klawiatury, na dole odbiornika (patrz rysunek na stronie 8). Otwórz pojemnik odciągając do góry osłonę w miejscu zaznaczonym szarym znacznikiem i odsuń ją. Wkładając baterie, upewnij się że ustawienie + i - na bateriach jest zgodne ze znakami + i - pojemnika na baterie. W przeciwnym razie odbiornik nie będzie działał prawidłowo. Podczas zmiany baterii pamięć będzie podtrzymywana minimum przez 15 minut. Jeżeli baterie będą usunięte przez czas dłuższy, wtedy wszystkie dane wprowadzone przez użytkownika zostaną skasowane. W rzeczywistości zwykle dzieje się tak dopiero po kilkunastu godzinach.

Ładowanie pamięci.

Dla zapoczątkowania działania odbiornika należy zapełnić wewnętrzny bufor pamięci GPS w którym odbiornik przechowuje główne

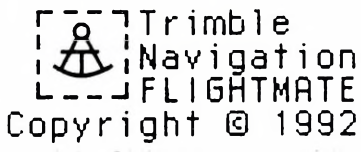
Szybkie uruchomienie

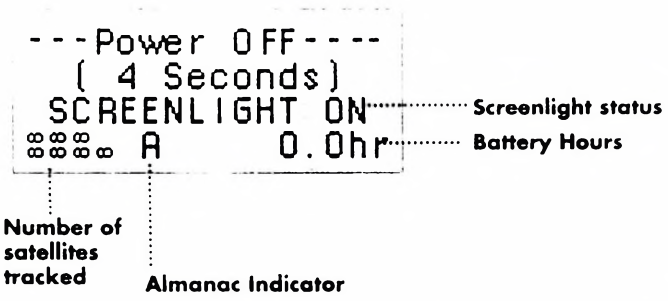
informacje o sieci satelit. Włączenie odbiornika następuje poprzez naciśnięcie przy cisku ⏻ i ustawienie odbiornika na górnej powierzchni samochodu lub samolotu, w miejscu umożliwiającym wzrokową widzianość horyzontu przez czas około30 minut. W tym czasie odbiornik GPS będzie zapełniał bufor pamięci danymi w celu wyliczenia pierwszej pozycji. Jeżeli masz stale załadowane świeże baterie, lub masz zainstalowany na stałe eliminator baterii, czynności tej nie będzie trzeba powtarzać.

Aby na ekranie zostały wyświetlone takie dane jak te wydrukowane poniżej, naciśnij ⏻ i tak trzymaj przez minimum 4 sekundy. Duża litera A w dolnej części ekranu sygnalizuje, że bufor pamięci został załadowany. Mała literka "a" oznacza że bufor jeszcze nie został zapełniony, trwa ładowanie.

Odczyt pozycji GPS

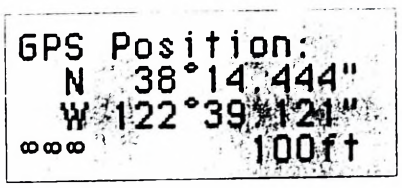
Umieść odbiornik na zewnątrz, w miejscu gdzie widok nieba jest niezakłócony. Trzymaj odbiornik w dłoni, pamiętając aby nie zasłaniać anteny odbiornika. która jest zamontowana powyżej ekranu. Sygnały z satelit systemu GPS rozprzestrzeniają się z prędkością światła i tak jak światło nie są w stanie przeniknąć przeszkód w rodzaju budynku, gęstego pokrycia drzew, lub twoich palców. Teraz włącz odbiornik. Powinna zostać wyświetlona nazwa naszej firmy i znak handlowy.





Po tych informacjach początkowych automatycznie wyświetlana jest krótka instrukcja użytkowania. Aby przejrzeć cztery jej strony, użyj przycisków 🔼 i 🔽 lub 🕘. Aby szybko opuścić tę opcję, naciśnij 🕘 lub ⏻ jeszcze zanim informacje początkowe skończą się przesuwać. Jako pierwsza wyświetlona zostanie opcja NAV lub ta, która była wyświetlana jako ostatnia przed wyłączeniem odbiornika.

Twoja pozycja zostanie uaktualniona jak tylko odbiornjk odbierze sygnały co najmniej trzech satelitów. Zwykle odebranie sygnałów z trzech satelitów zajmuje maksimum 2 minuty. Gdy sygnały zostaną odebrane, uzyskasz dane o twojej pierwszej pozycji, jak pokazano na rysunku poniżej. Za pierwszym razem po uruchomieniu odbiornika twoja pozycja będzie wyświetlona w tysięcznych minuty, zgodnie ze standardem WGS - 84. Dla najlepszych rezultatów wykorzystaj standardy z Dodatku A.



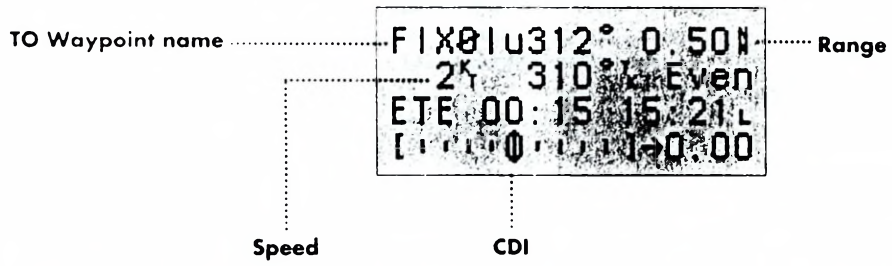
Potrenuj korzystanie z przyrządu najpierw na ziemi, a dopiero później zacznij korzystać z niego w locie. Przespaceruj się z nim dookoła budynku, a potem pozwól by poprowadził cię spowrotem do domu. Teraz będzie krótka lekcja nawigacji z wykorzystaniem Flightmate.

Krótka lekcja.
UWAGA. Zapoznaj się z kartą informacyjną na stronie 1 i 2, zanim rozpoczniesz krótką lekcję.

1. *Naciśnij ⏻ aby włączyć odbiornik.*
2. *Naciśnij 🕘 zanim skończy się wyświetlać początek.*
3. *Naciśnij ▶ aż podświetlisz opcję GPS .*
4. *Czekaj do momentu aż zostanie wyświetlona informacja że zostały odebrane sygnały z trzech satelitów. Możesz także liczyć symbole satelit wyświetlone w dole ekranu.*

Szybkie uruchomienie

5. *Wprowadź do pamięci twoją początkową pozycję poprzez szybkie, dwukrotne naciśnięcie przycisku ⊛ w przeciągu 12 sekund. Takie dwukrotne, szybkie naciśnięcie przycisku ⊛ będzie zawsze powodowało zapamiętanie twojej aktualnej pozycji, w bazie pozycji wprowadzanych przez użytkownika. Informacja "Saved in memory" zostanie wyświetlona na ekranie gdy prawidłowo, dwukrotnie użyjesz ⊛.*
6. *Teraz odejdź jakiś kilometr*
7. *Naciśnij ▶ dwa razy i zobacz pozycję którą zapamiętałeś*
8. *Naciśnij ⊛ a następnie ◕ aby wprowadzić informację, że twoja początkowa pozycja jest twoim punktem przeznaczenia (lub pozycją TO). Jest to funkcja DIRECT TO (kierunek do). Odbiornik automatycznie przejdzie do opcji MULTI NAV w opcji NAV. Przykładowy ekran MULTI NAV jest pokazany poniżej.*



Na ekranie MULTI NAV wyświetlona zostanie odległość, prędkość oraz kierunek do punktu przeznaczenia (w tym przypadku do domu). Podczas marszu obserwuj swoją prędkość i kurs wyświetlane w drugiej linii ekranu, oraz odległość wyświetlaną w górnym prawym rogu ekranu, która maleje w trakcie zbliżania się do domu. Jeżeli będziesz przemieszczał się z prędkością 2-3 węzły (3-5km/h), wtedy dane prędkości i kursu będą mogły płynnie się zmieniać, wyświetlane z błędem. Jeżeli jednak będziesz leciał samolotem, parametry te będą bardziej stałe i dokładne. Więcej o opcji MULTI NAV dowiesz się w rozdziale NAV tej instrukcji.

Teraz spróbujmy sprawdzić odbiornik w locie treningowym. Pozwól drugiej osobie pilotować, gdy ty będziesz uczył się obsługi odbbiornika.

1. *Naciśnij ▶ aż dojdziesz do opcji GPS .*

2. *Wkołuj na pas startowy.*

3. *Dwukrotnie naciśnij ⊛.*

4. *Powinna wyświetlić się informacja " Fix Saved" (pozycja zapamiętana) .*

5. *Naciśnij ▶ trzy razy. Powinieneś znaleźć się w opcji TRIP (trasa) i zobaczyć dane o trasie od nr 1 lub 2, w zależności od tego która była ostatnio wykorzystywana. Kolejność nie jest ważna.*

6. *Naciśnij ▲*

7. *Naciśnij ▲ lub ▼ aby znaleźć zapytanie "RESET TRIP?" (skasować trasę).*

8. *Naciśnij ◕, wyświetli się napis "ARE YOU SURE?" (czy jesteś pewien?).*

9. *Naciśnij ◕, zapoczątkuje to nową podróż i zainicjuje ją w pamięci. Odbiornik będzie informował cię o takich parametrach lotu, jak prędkość, średnia prędkość podróżna, całkowita przebyta droga i czas podróży, oraz max i min wysokość w trakcie aktualnego lotu. Dostęp do tych informacji uzyskuje się poprzez naciśnięcie przycisków ▲ lub ▼. Więcej informacji o wykorzystaniu odbiornika znajduje się w rozdziale TRIP tej instrukcji.*

10. *Jeżeli nie ma żadnych przeszkód rozpocznij powrót do lotniska startu.*

11. *Naciśnij ◀ dwa razy , aby przemieścić kursor spowrotem do ekranu WPT.*

12. *Naciśnij ⊛ i ◕.Jest to funkcja DIRECT TO(Kierunek do).Ta funkcja automatycznie zapamięta dowolnie wybrany punkt drogi jako twój TO (DO) punkt docelowy a obecną pozycję jako punkt FROM(z) . Spowoduje to także zmianę danych na ekranie , przejście do opcji MULTINAV, która wspierać Cię będzie informacjami niezbędnymi w celu dalszego nawigowania do punktu docelowego.Użyj CDI w dolnej części ekranu,aby utrzymać się na kursie nakazanym i obserwuj zmiany odległości i namiarów wyświetlanych w trakcie lotu.*

13. Po wylądowaniu wróć do opcji TRIP poprzez trzykrotne naciśnięcie przycisku ⭘.

14. Naciśnij ⭘.

15. Naciśnij ⭘ *lub* ⭘ *aż do wyświetlenia pytania PAUSE TRIP (Przerwa podróży).*

16. Naciśnij ⭘ *dla zatrzymania podróży.*

17. Przejrzyj dane z twojej podróży naciskając ⭘ *lub* ⭘ *aż do chwili osiągnięcia opcji TOTALS. Dowiesz się z niej o przebytej drodze. W rozdziale TRIP dowiesz się więcej o wykorzystaniu komend ekranowych opcji TRIP.*

Przy odpowiednio dokładnych danych z systemu, odbiornik GPS jest w stanie doprowadzić cię do progu drogi startowej z dokładnością do 15m. Opcja NAV posiada wiele innych dodatkowych udogodnień dla nawigowania do nowych lub wcześniej już wykorzystywanych punktów radionawigacyjnych. W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji o wykorzystaniu przyrządu w nawigowaniu, zapoznaj się z rozdziałem NAV niniejszej instrukcji.



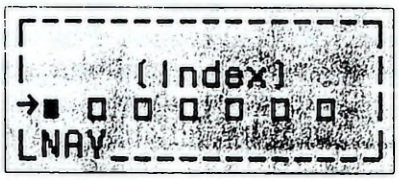
Opcja NAV

NAWIGOWA-NIE

EKRANY:
**Multi Nav.*
**To(Do) .*
**Cross Track Error .*
**Vertical Info. (Informacja pionowa)*

POLECENIA:
*Set to (*określenie punktu docelowego DO .*
*Set NEXT *(ustalenie następnego punktu po docelowym)*

*Set FROM *(Ustalenie punktu początkowego).*
*Set TO,FROM,NEXT *(Kolejność podawania pozycji)*



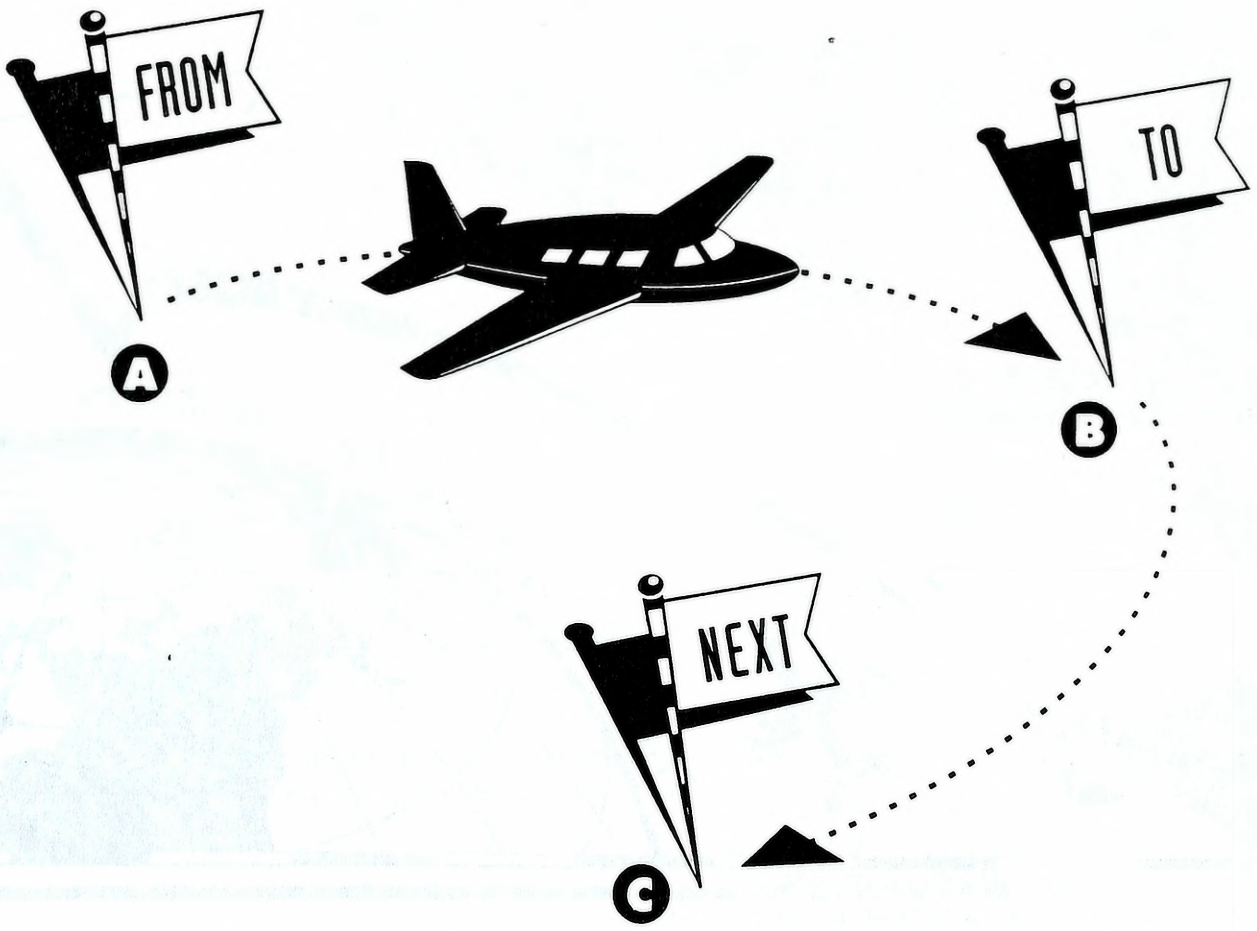
Naciśnięcie w dowolnej chwili przycisku ⓞ spowoduje przejście do poleceń nawigowania.

Są to najważniejsze funkcje odbiornika utworzone w celu prawidłowego wykonania przelotu. Główny ekran opcji NAV automatycznie przełącza się do ekranu MULTI NAV, gdzie wyświetlone zostają informacje o stanie lotu (warunki lotu). Aby rozpocząć nawigowanie, powinieneś wprowadzić punkt docelowy jako pozycję TO (do).

Poprzez zapamiętanie pozycji (punktów nawigacyjnych) możesz zachować najważniejsze dla ciebie informacje takie jak lotnisko bazowania (FROM), najbardziej odpowiedni punkt radionawigacyjny VOR (TO), oraz pozycję docelową (NEXT) jeszcze zanim rozpoczniesz podróż. Możesz także wprowadzić nowe pozycje w bazie pozycji użytkownika (USER WAYPOINT). Odbiornik zawiera ponad 12 100 pozycji lotnisk na całej Ziemii oraz ponad 3 100 pozycji VOR na stałe ulokowanych w pamięci. Oprócz tego jesteś w stanie zapamiętać do 100 własnych pozycji *UWAGA*!

Ekran MULTINAV wyświetla informacje o locie względem aktualnej pozycji. Aby obliczyć odległość pomiędzy pozycjami (np. lotniskiem a VOR) wykorzystaj polecenie ekranowe FROM A TO B (z A do B).

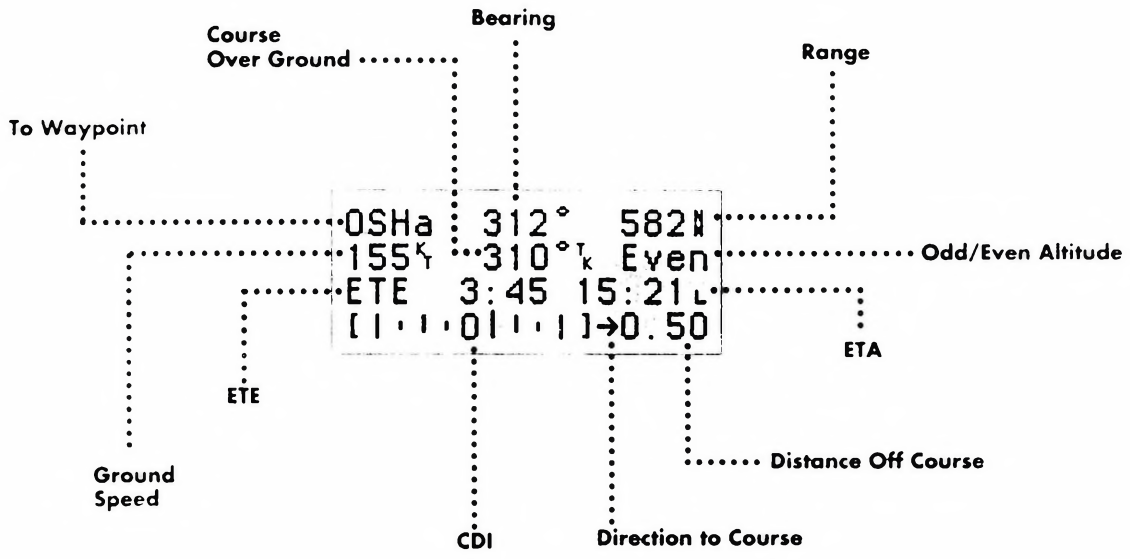
NAWIGOWANIE



Opcja NAV

MultiNav

Ekran MULTI NAV wyświetla wszystkie informacje niezbędne w trakcie dolotu do pozycji docelowej. Informacje takie jak oczkiwany czas przybycia, prędkość i wielkość zboczenia z nakazanego kursu są wyświetlane na ekranie MULTI NAV podobnie jak na przykładowym ekranie poniżej.



THE WAYPOINT NAME

Nazwa pozycji lub jej identyfikator mogą składać się max. z pięciu znaków. Dłuższe nazwy zostaną obcięte). Mała literka następująca po nazwie sygnalizuje z jakiej bazy zostały zaczerpnięte dane.
a - baza lotnisk (airport),
b - baza VOR ,
c - baza użytkownika.

BEARING

Kurs jest wyznaczany wg północy magnetycznej, lub geograficznej, w zależności od tego jak ustaliłeś w parametrach konfiguracyjnych.

GROUND SPEED

Prędkość rzeczywista wyświetlana jest w jednostkach które zostały ustalone w opcji MORE. Może więc być podawana w węzłach, kilometrach na godzinę, lub w milach na godzinę.

RANGE

Odległość pokazuje odległość do pozycji docelowej (To) zarówno w milach morskich *NM*, jak milach *M* lub kilometrach *km*. Jednostki te można zdefiniować w opcji MORE. Maksymalnie możliwa do wyświetlenia odległość to 9999 jednostek. Jeżeli nie będą odbierane sygnały co najmniej 3 satelit, górna linia na ekranie zostanie zapełniona informacją o ilości satelit których sygnały są odbierane.

COURSE OVER GROUND

Kurs rzeczywisty zależy od tego jaki rodzaj współrzędnych wybrałeś w opcji MORE: magnetyczne lub geograficzne. Indeks TK oznacza, że wyświetlana wartość jest wartością rzeczywistą.

THE ODD EVEN

Parzyste / nieparzyste oznacza na jakim poziomie powinieneś wykonywać przelot. Napis ODD *parzysty* pojawia się, jeżeli wykonujesz lot z kursem w zakresie 0-179, a EVEN *nieparzysty*, gdy kurs jest w zakresie 180-359. Wartość ODD/ EVEN jest zawsze wyznaczana dla kursu magnetycznego i nie zależy od ustawień w opcji MORE. Zwróć uwagę że dla lotu w warunkach VFR ODD/EVEN + 500 feet.

ETE

Oczekiwany czas trwania lotu do pozycji docelowej obliczany jest wg aktualnej prędkości rzeczywistej i odległości. Jeżeli wartość ETE jest większa od 99.59, wtedy wyświetlona zostanie -.-

ESTIMATED TIME OF ARRIVAL (ETA)

Oczekiwany czas przybycia jest wyświetlany w zależności od ustaleń w opcji MORE dla czasu lokalnego L, lub czasu Greenwich GMT Z.

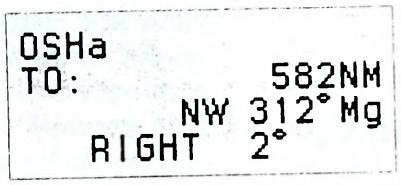
THE COURSE DEVIATION INDICATOR

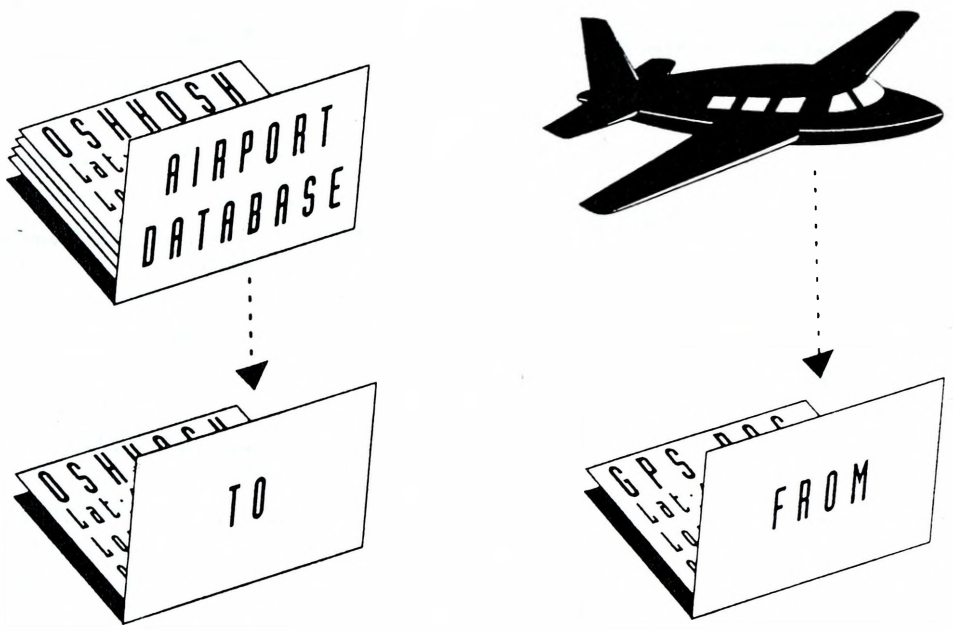
CDJ graficznie pokazuje aktualne uchylenie od drogi nakazanej. Ustalenie skali CDJ wykonuje się poleceniem CUSTOMIZING w opcji MORE. Wyświetlacz wskazuje także wielkość odchylenia w lewo, lub w prawo od kursu nakazanego, oraz w którą stronę należy się dowrócić, aby znaleźć się na nakazanej linii drogi. Jednostki w jakich podawane są te wartości ustala się poleceniem DISTANCE UNIT w opcji MORE.

Opcja NAV

TO
do

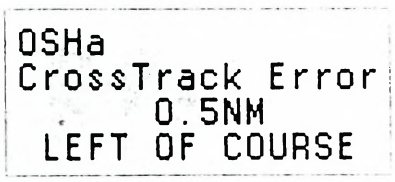
Ten ekran pokazuje odległość i kurs nakazany do pozycji docelowej TO oraz wielkość poprawki do kursu i w którą stronę. Na przykład, jeżeli lot wykonywany jest w odległości 582 NM od pozycji docelowej TO, należy wykonywać lot z kursem KM 312, oraz należy odchylić się o 2 stopnie w prawo. Ekran wyglądałby w ten sposób:

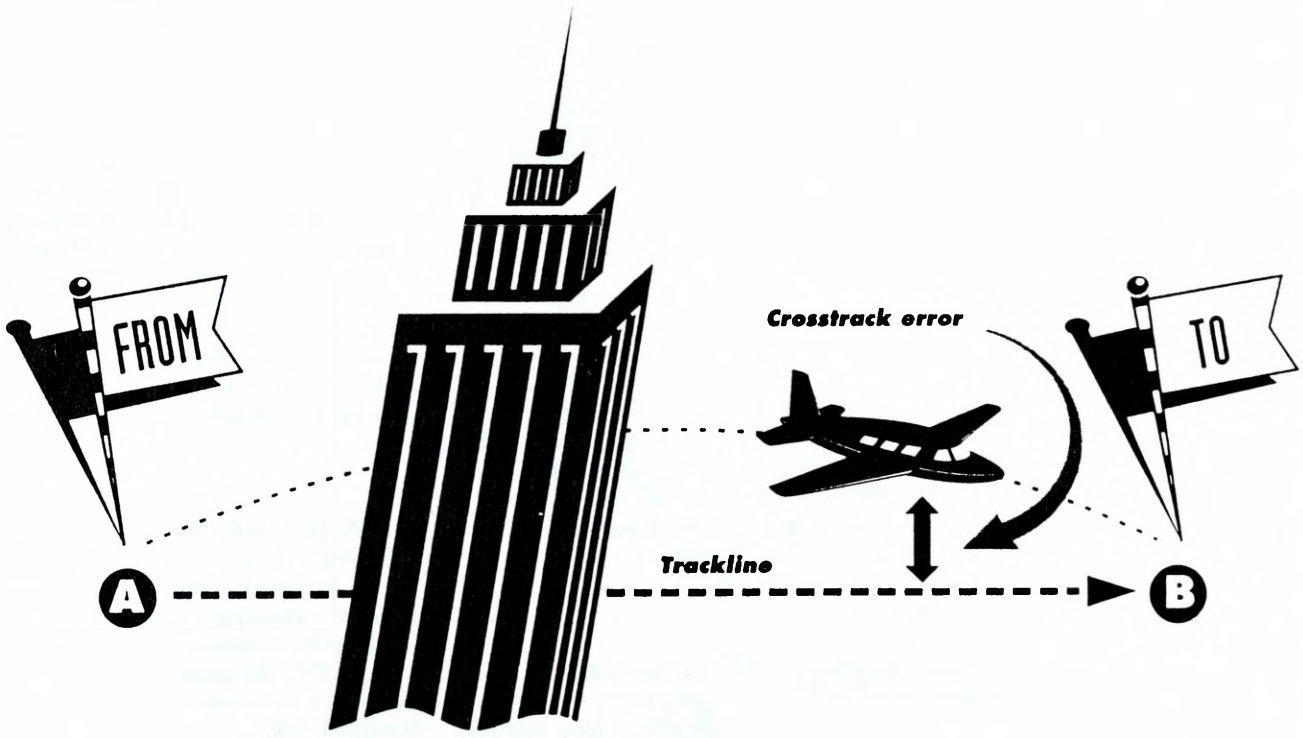




CROSS TRACK ERROR

Ten ekran informuje o wielkości odchylenia od nakazanej drogi, pokazuje z której strony drogi znajdujesz się, oraz wskazuje odległość do nakazanej linii drogii. Linia drogi jest określona pozycjami FROM i TO. Możesz zmienić pozycję początkową poleceniem SET FROM.

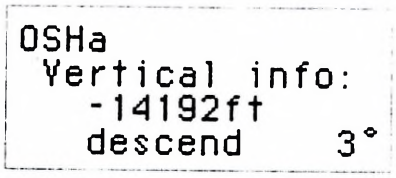


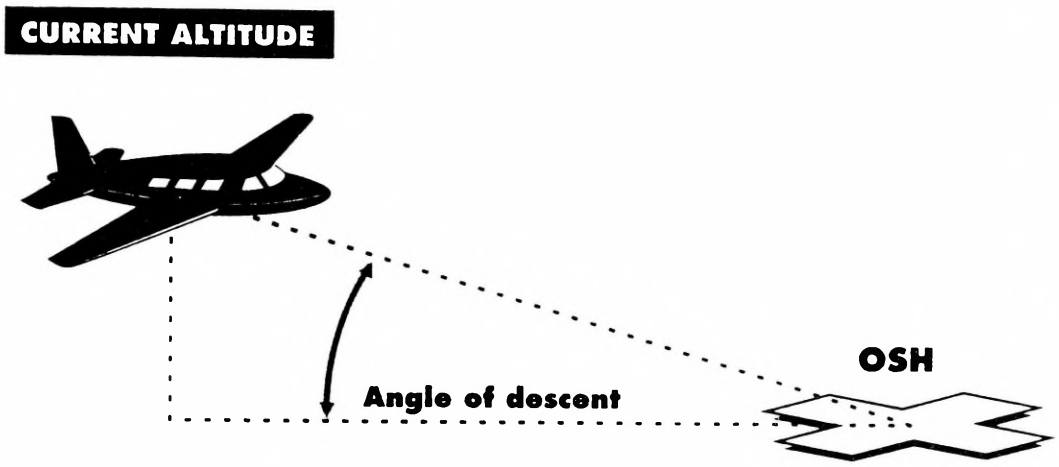


Opcja NAV

Vertical Info
informacja pionowa

Ten ekran wyświetla informację o różnicy wysokości jaką należy pokonać, aby osiągnąć pozycję docelową TO. Na przykład, jeżeli krążenie odbywa się na wysokości 15 000 ft, na ekranie pojawi się informacja, że aby dotrzeć do lotniska Oskhosh leżącego na wysokości 808ft npm, należy zmniejszyć wysokość o 14 192ft, z kątem zniżania 3 stopnie.





POLECENIA

Set TO
Ustalenie pozycji docelowej

Set NEXT
Ustalenie następnej po docelowej

Set FROM
Ustalenie pozycji początkowej

Naciśnij ● w dowolnym momencie, aby przejść do tych poleceń.

Do poleceń w opcji NAV należy SET TO, SET NEXT, oraz SET FROM. Te trzy polecenia pozwalają na ustalenie pozycji początkowej, docelowej i następnej, korzystając z bazy danych dla lotnisk,VOR, lub bazy użytkownika. Korzystając z tych trzech poleceń można wprowadzić do pamięci parametry trasy składającej się z dwóch odcinków. Pozycja początkowa to FROM, punkt zwrotny to TO, pozycja końcowa to NEXT. Dostęp do nich można uzyskać w dowolnej chwili, poprzez naciśnięcie przycisku ●.

SET TO, SET NEXT, SET FROM

SET TO umożliwia dostęp do bazy z danymi lotnisk, VOR, lub danymi użytkownika i służy do określenia pozycji docelowej.

DIRECT TO jest drugą metodą dla oznaczenia pozycji docelowej. DIRECT TO zadziała poprzez naciśnięcie ⊕, a następnie ◕, gdy na ekranie zostanie wyświetlona pozycja punktu docelowego.

Różnica pomiędzy SET TO i DIRECT TO polega na tym, że SET TO może być wykonane w dowolnej chwili, w dowolnej opcji, podczas wyświetlania pozycji.

DIRECT TO jest doskonałym narzędziem w połączeniu z opcją NEAR. Np:, jeżeli zdaży się sytuacja, że należy lądować na najbliższym lotnisku:

1. *Naciśnij ● aż osiągniesz opcję NEAR (najbliższe)*
2. *Naciśnij ● aż zobaczysz FIND NEAREST 10 ? (czy znaleźć 10 najbliższych?)*
3. *Naciśnij ◕ aż zobaczysz REFERENCE*
4. *Naciśnij ◕ aż zobaczysz DATABASE*
5. *Naciśnij ▲ lub ▼ aż dojdziesz do Airports*
6. *Naciśnij ◕ aż zobaczysz FIRST NEAREST*
7. *Naciśnij ▲ lub ▼ aż zobaczysz nazwę lotniska do którego chcesz dolecieć*
8. *Naciśnij ⊕ aż zobaczysz DIRECT TO?*
9. *Naciśnij ◕ aż zobaczysz opcję MULTI NAV*

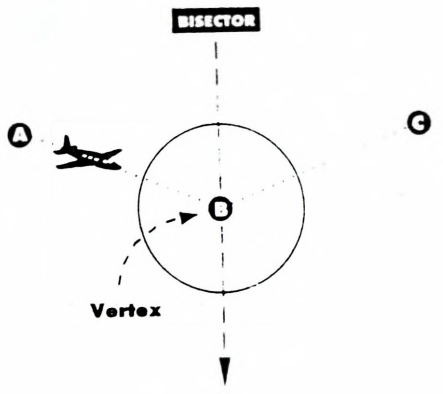
Opcja NAV

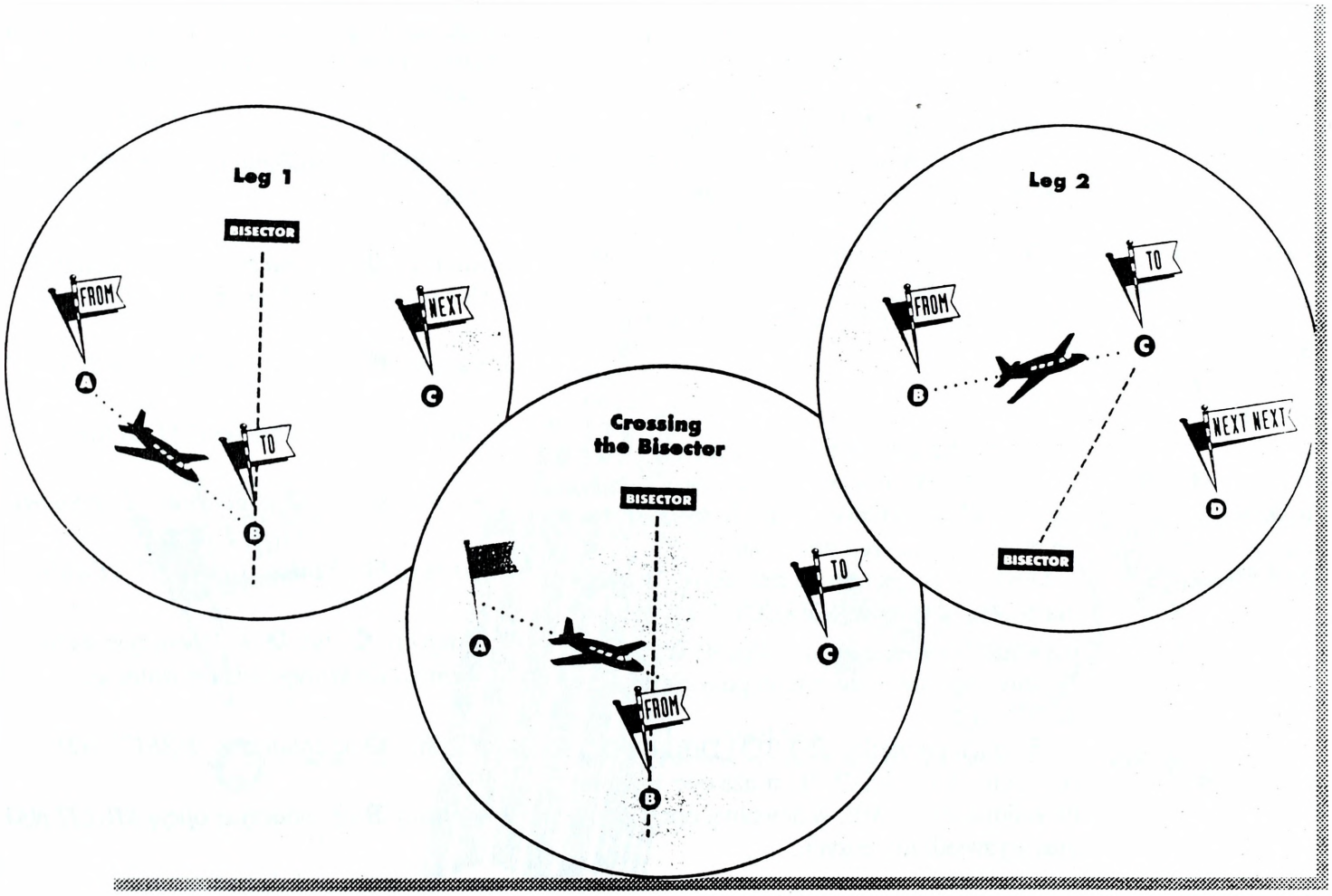
Zwróć uwagę, że gdy zostanie użyte polecenie SET TO lub DIRECT TO, to pozycja początkowa FROM stanie się pozycją, w której znajdujesz się w danej chwili, tzn, znacznik centruje się. Jeżeli jednak potrzebujesz innej pozycji FROM (jako początkowej), możesz zmienić polecenie FROM na SET FROM. Polecenie SET FROM zmienia pozycję początkową na tę w której aktualnie się znajdujesz,lub dowolnie inną, wybraną z bazy pozycji. Tak więc, gdy ustalisz nową pozycję początkową FROM twój kurs nakazany poprowadzi cię do pozycji docelowej TO. Wskazania CROSS TRACK ERROR i CDI będą odpowiednie do odchylenia twojego położenia od nakazanego.

SET NEXT

Ustal następny

To polecenie pozwala na wybór następnej pozycji z bazy jako drugiej pozycji docelowej. Kiedy osiągniesz pierwszą pozycję TO, przyrząd automatycznie zmieni pozycję NEXT na pozycję TO. Zmiana ta nastąpi po porzekroczeniu dwusiecznej kąta zawartego pomiędzy linią drogi AB i BC (patrz ilustracja), Po przekroczeniu dwusiecznej pozycji TO pozycja NEXT zmieni się na TO a pozycja NEXT w następstwie tego zostanie wymazana. Możesz teraz wprowadzić nową pozycję na miejsce dotychczasowej NEXT, jeżeli oczywiście planujesz następny punkt zwrotny. Nowe pozycje można tworzyć w opcji WPT, poleceniem CREATE USER WAYPOINT. Ciąg polecen dla wprowadzenia pozycji TO, FROM, NEXT wygląda tak samo, z wyjątkiem pozycji FROM, która zawsze określa pozycję aktualną. Możesz także przejrzeć plan lotu wywołując pozycje SET TO i SET NEXT.





Opcja NAV

Polecenia

Dostęp do bazy danych.
Dzięki dostępowi do bazy danych możliwe jest wprowadzenie pozycji TO, FROM, NEXT. Np.: możesz ustalić lotnisko Oskhosh jako pozycję docelową TO:

1. Naciśnij ◀ aż osiągniesz opcję NAV.

2. Naciśnij ▼ aż osiągniesz polecenia.

3. Naciśnij ▲ lub ▼ aby wybrać Set TO .

4. Naciśnij ◉ , wyświetlony zostanie ekran RANGE and BEARING (odległość i kurs). Ten ekran wyświetla pozycję którą wykorzystywałeś ostatnio. TO wyświetla odległość i kurs do tej pozycji z pozycji, z której ostatni raz zostały odebrane sygnały co najmniej trzech satelit.

5. Naciśnij ◀ aby wybrać bazę danych .

6. Naciśnij ▲ lub ▼ aby wybrać "a" (airport).

7. Naciśnij ▶ aby przenieść kursor o jedno miejsce w prawo

8. Naciśnij ▲ aż osiągniesz literę "O"

9. Naciśnij ▶ aby przenieść kursor o jedno miejsce .

10. Naciśnij ▲ aż osiągniesz literę "S" .

11. Naciśnij ▶ aby przenieść kursor w prawo o jeden .

12. Naciśnij ▲ aż osiągniesz literę "H" .

13. Naciśnij ◉. Ustaliłeś lotnisko Oskhosh jako pozycję docelową TO.

Aby uzyskać dostęp do bazy danych stworzonej przez użytkownika, naciśnij ◀ lub ▶, aż kursor podkreśli nazwę pozycji. Następnie naciśnij ▲ lub ▼ aby przemieścić się po bazie. Nazwy pozycji zdefiniowanych przez użytkownika są ułożone w kolejności alfabetycznej.

Mała litera poprzedzająca nazwę pozycji określa rodzaj bazy danych. "**a**" oznacza bazę danych lotnisk, "**v**" oznacza bazę danych VOR, "**u**" oznacza bazę danych wprowadzonych przez użytkownika. Po przemieszczeniu migającego kursora do tego znacznika użycie ▲ lub ▼ umożliwi wybór jednej z baz. Nazwę lotnisk lub VOR wprowadza się kursorami ◀ lub ▶. Jeżeli nie pamiętasz identyfikatora, zajrzyj do Załącznika A.

Po ustaleniu nazwy potrzebnej nam pozycji, przemieść kursor do nazwy <coords> (koordynaty) po prawej stronie ekranu i użyj przycisków ▲ i ▼ aby wyświetlony został ekran ze współrzędnymi. Kiedy masz ekran współrzędnych, możesz również zmieniać pozycję utworzoną przez użytkownika poprzez przemieszczenie kursora do nazwy pozycji i użycie przycisków ▲ oraz ▼. Tutaj możesz również sprawdzić przewyższenie lotniska. Naciskając powtórnie ▼ na RNG/BRG (Odległość/Kurs) wrócisz do ekranu RANGE/BEARING. Aby wprowadzić wyświetlaną właśnie pozycję, naciśnij ◉, a przyrząd poinformuje cię, że została wprowadzona nowa pozycja i powróci do opcji NAV. Aby wrócić do głównego ekranu opcji NAV bez wprowadzenia nowej pozycji, naciśnij ▲.

Podwójne identyfikatory

Czasami identyfikator pozycji VOR lub lotniska powtarza się. Pierwszym sygnałem tego, że jeszcze jakaś pozycja może mieć taki sam identyfikator, mogą być dane o kursie i odległości do tej pozycji. Dane te mogą się znacząco różnić od tych których oczekujemy. Aby sprawdzić czy nie nastąpiła zbieżność identyfikatorów, należy przemieścić kursor na puste miejsce za identyfikatorem pozycji. Naciskaj ▲ aż odnajdziesz prawidłową pozycję. Np.: jeżeli potrzebujesz VOR ustali łeś identyfikator MCO możesz użyć ▲ a zobaczysz dwie pozycje które mają taki sam identyfikator, jednak znajdują się w całkowicie różnych miejscach na Ziemi.

Opcja NAV

POLECENIA

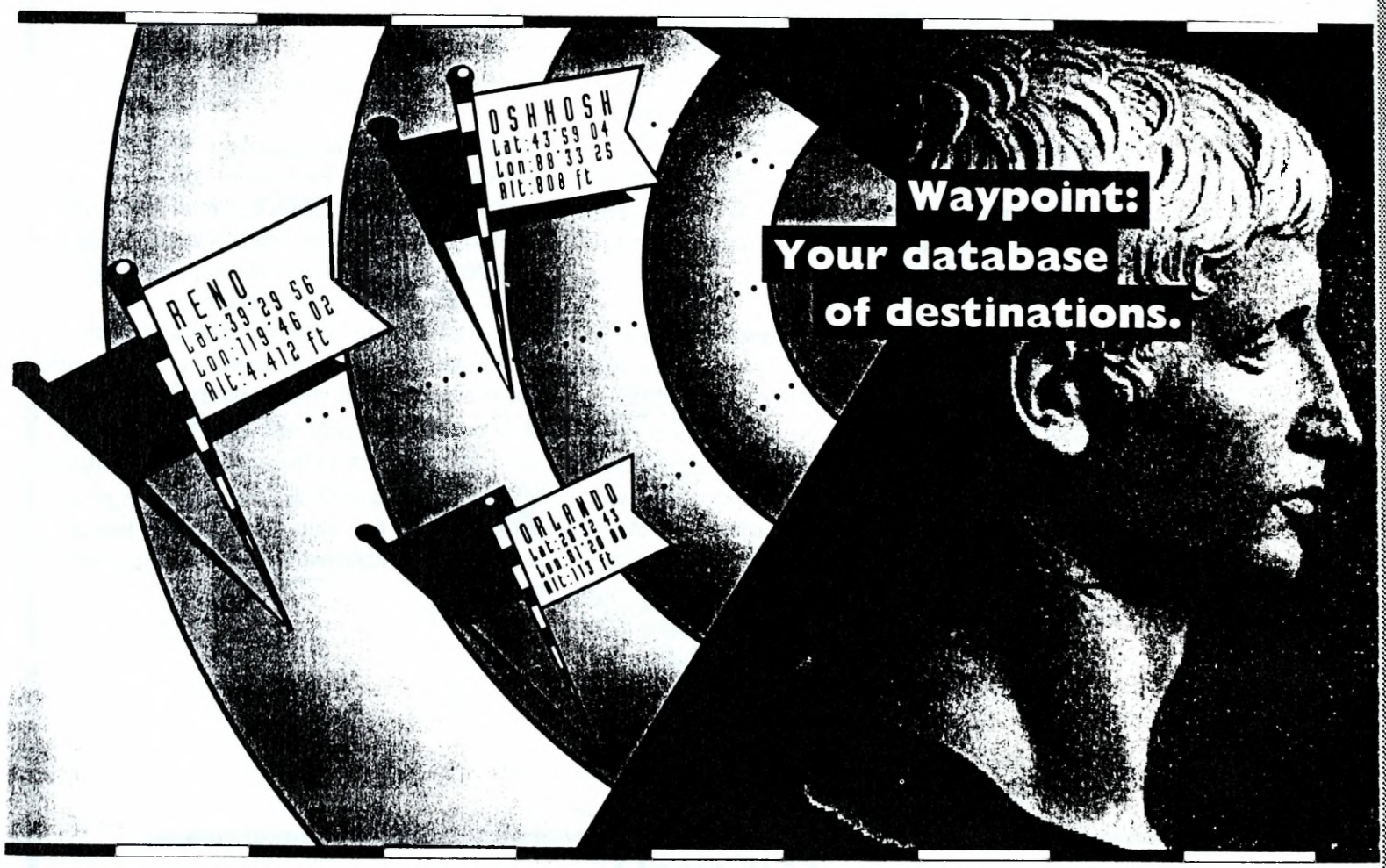
Identyfikatory lotnisk

Baza danych o lotniskach w znajdująca się w odbiorniku oparta jest na identyfikatorach używanych przez ICAO. Mogą one różnić się od tych identyfikatorów które spotyka się na mapach lub bagażach lotniczych.

Dla lotnisk na terytorium USA pierwsza litera K z identyfikatora ICAO nie jest umieszczona. Np.: identyfikator ICAO dla San Francisco to KSFO, jednak w bazie widnieje jako SFO.

Dla większości lotnisk na Alasce i Hawajach identyfikator w bazie rozpoczyna się na P, a następne dwie litery wzięte są z identyfikatora FAA. Np.: identyfikator FAA dla Fairbanks Alaska to FAA, jednak identyfikator w bazie brzmi PAFA. Czasami identyfikator lotniska w bazie jest identyczny z FAA. Np.: Lahaina Hawaii brzmi IHM zarówno w bazie jak w wykazie FAA. Obok wypisane są nazwy ośmiu lotnisk na Alasce i siedmiu na Hawajach, które nie odpowiadają żadnemu z wcześniej wymienionych schematów. Są to:

Ident. FAA	ICAO	miasto
ANC	PANC	Anchorage
BTI	PABA	Barter Island
Z84	PACL	Clear
UTO	PAIM	Utopia Creek
AKN	PAKN	King Salmon
ADQ	PADQ	Kodiak
PAQ	PAAQ	Palmer
TNC	PATC	Tin City
HDH	PHDH	Mokuleia
HHI	PHHI	Wahiawa
HNL	PHNL	Honolulu
LNY	PHNY	Lanai City
OGG	PHOG	Kahului
BSF	PHSF	Camp Pohakuloa
ITO	PHTO	Hilo



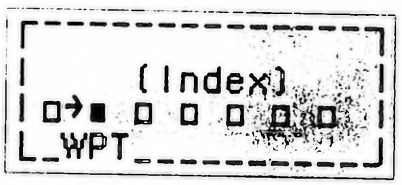
Opcja WPT

Opcja WPT

Pozycje nawigacyjne

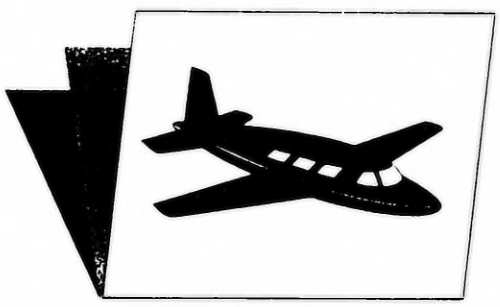
Polecenia:
Scan Waypoints
Przeglądanie pozycji
Create User Waypoint
Tworzenie własnych pozycji
Modify User Waypoint
Modyfikacja własnych pozycji
Rename User Waypoint
Zmiana nazwy własnych pozycji
Erase User Waypoint
Kasowanie własnych pozycji
Erase All User Waypoint
Kasowanie wszystkich pozycji wprowadzonych przez użytkownika
Average & Save
Średnia oraz Ochrona
Offset From
Początek z FROM
Copy Waypoint
Kopiowanie pozycji

Jeżeli chcesz przejść do powyższych poleceń z dowolnej opcji, naciśnij przycisk ⭘.

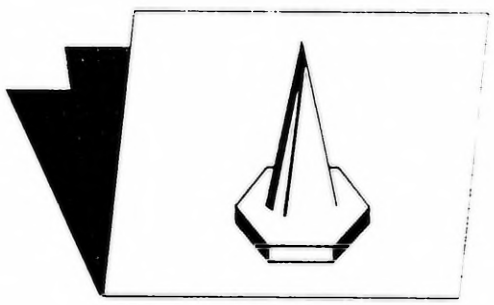


WPT zawiera dane o lotniskach, punktach radionawigacyjnych VOR i dane wprowadzone przez użytkownika. Tutaj można tworzyć nowe pozycje i modyfikować te wcześniej stworzone. W dowolnym czasie można zachować w pamięci przyrządu aktualną pozycję jako punkt nawigacyjny, poprzez dwukrotne naciśnięcie przycisku ⭗ w dowolnej opcji. Można także przeglądać bazę pozycji, zmieniać nazwy wprowadzonych wcześniej pozycji, zmieniać aktualne współrzędne geograficzne, a także kasować poszczególne wprowadzone dane, lub też całą bazę danych użytkownika.

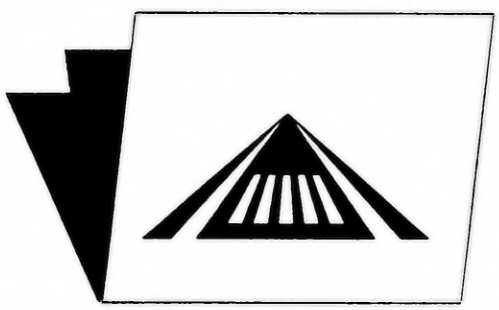
Nazwy pozycji nawigacyjnych znajdujących się w pamięci przyrządu uporządkowane są w kolejności alfabetycznej. Jeżeli nie została nadana nazwa nowowprowadzanej pozycji, zostaje jej przydzielony numer np.: FIX01 SAVED. W pamięci przyrządu można zachować max 100 pozycji, które mogą być w prosty sposób przeglądane w opcji WPT, poprzez użycie przycisków ⭙ i ⭘. Oprócz tego do dyspozycji znajduje się 9 poleceń , dostępnych po naciśnięciu przycisku ⭙, a następnie ⭙ lub ⭘. Dostępne polecenia wypisane są po lewej stronie.



User Database



VOR Database



Airport Database

Opcja WPT

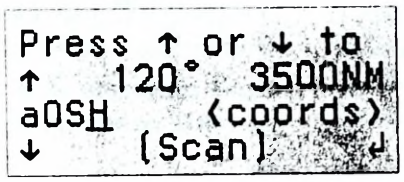
Scan Waypoint
Przeglądanie punktów nawigacyjnych.

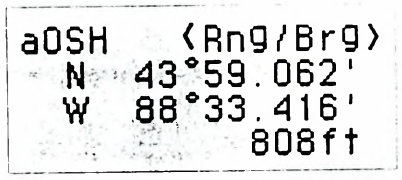
POLECENIA

Po naciśnięciu ● znajdziesz się w opcji WPT. Naciśnij ▼ aby przenieść się do polecenia SCAN WAYPOINT (*przeglądanie pozycji nawigacyjnych*), a następnie naciśnij ◕. Można przejrzeć dane dla max 100 pozycji własnych, około 3100 danych VOR i 12100 danych o lotniskach na całym świecie. W bazie lotnisk podane jest ich przewyższenie nad poziom morza.

Polecenie SCAN WAYPOINT posiada taką samą strukturę jak polecenia SET TO, SET FROM i SET NEXT. Wszystkie identyfikatory pozycji nawigacyjnych wyświetlane są w kolejności alfabetycznej, a nie w kolejności wprowadzenia do pamięci. Na ekranieRANGE/ BEARING odbiornik wyświetla dane ostatnio wykorzystywanej pozycji.

Do przemieszczania kursora po ekranie używa się przycisków ◀ i ▶. W bazie stworzonej przez użytkownika przemieść kursor do nazwy pozycji i użyj przycisków ▲ i ▼ do przejrzenia pozycji wyświetlanych w kolejności alfabetycznej. Mała litera która poprzedza nazwę pozycji (identyfikator), wskazuje rodzaj przeglądanej bazy. "**a**" oznacza bazę danych lotnisk, "**v**" oznacza bazę VOR, a "**u**" oznacza bazę stworzoną przez użytkownika przyrządu. Po przemieszczeniu kursora w miejsce tej litery, używając przycisków ▲ i ▼ można przemieszczać się pomiędzy trzema bazami. Przemieść kursor do "**<coords>**" i naciśnij ▲ lub ▼ lub ◕ aby zobaczyć ekran ze współrzędnymi.



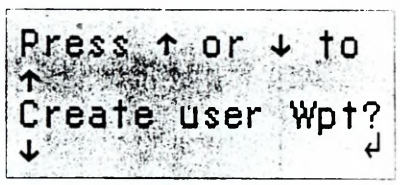


Create User Waypoint
Tworzenie bazy użytkownika.

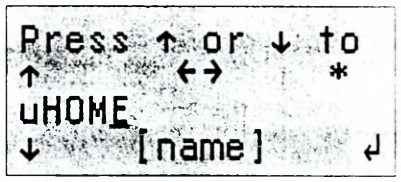
Polecenie to umożliwia tworzenie nowych pozycji nawigacyjnych w bazie użytkownika. Naciśnij ◕, aby wyświetlony został ekran z poleceniami. Pojawi się napis umożliwiający wprowadzenie nowej nazwy. Używając ◀ i ▶ przemieszczaj kursor, a przyciskami ▲ i ▼ zmieniaj litery.

Po nazwaniu nowego punktu, naciśnij ◕. Następne ekrany z pozycją i wysokością modyfikuje się dokładnie tak samo jak ekran z nazwą pozycji. Przyciski ◀ i ▶ przemieszczają kursor na sąsiednie pola, a ▲ i ▼ zmieniają znaki.

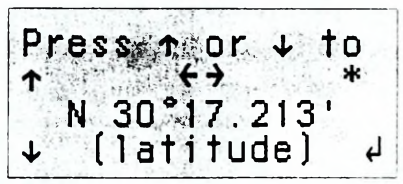
Po wprowadzeniu wszystkich danych dla nowej pozycji, naciśnij ◕, a nowa pozycja zostanie zachowana w pamięci odbiornika. Jeżeli chcesz powrócić do głównego ekranu opcji WPT bez utworzenia nowej pozycji, po prostu naciśnij ●.



Press ◕



Press ◕



Press ◕

Opcja WPT

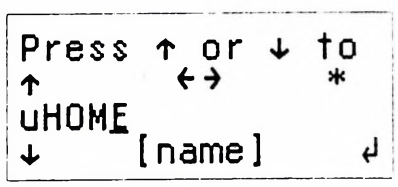
POLECENIA



MODIFY USER WAYPOINT
Modyfikacja pozycji wprowadzonych przez użytkownika.

Polecenie to umożliwia modyfikację pozycji użytkownika która aktualnie jest wyświetlana w opcji WPT. Po naciśnięciu ◕ można zmieniać nazwę lub inną daną danej pozycji. Przycisków ◀ lub ▶ wykorzystuje się do zmiany położenia kursora, a przycisków ▲ i ▼ do zmiany znaków. Aby skasować wszystkie znaki, należy przemieścić kursor do gwiazdki (patrz ekran poniżej) i nacisnąć ▲ lub ▼, a następnie należy wprowadzić nową nazwę. Naciśnięcie po tym ◕ umożliwi wprowadzenie szerokości, długości geograficznej, a następnie wysokości, w taki sam sposób. Po wprowadzeniu lub potwierdzeniu wysokości naciśnij ◕, a zmodyfikowana pozycja zostanie zapamiętana. Nastąpi powrót do głównego ekranu opcji WPT. Jeżeli chcesz wrócić do głównego ekranu opcji NAV, zamiast modyfikować pozycję, naciśnij ▲. Dane VOR i lotnisk są zabezpieczone i nie da się ich przypadkowo zmodyfikować. Polecenie to jest podobne do polecenia CREATE WAYPOINT (*tworzenie nowej pozycji*), z tym wyjątkiem, że tutaj modyfikujesz istniejące już informacje, zamiast wprowadzać nowe.

RENAME USER WAYPOINT
Zmiana nazwy pozycji wprowadzonej przez użytkownika.
Ten ekran umożliwia zmianę nazwy pozycji aktualnie wyświetlanej w opcji WPT. Polecenie to przydaje się w momencie gdy wprowadza się pozycję do pamięci poprzez szybkie, dwukrotne naciśnięcie ⊛ , a chce się ją zachować pod inną nazwą. Po naciśnięciu ◕, dla wprowadzenia tego polecenia należy wykorzystać ◀ i ▶, aby przemieścić kursor do gwiazdki, a następnie użyć ▲ lub ▼ w celu wprowadzenia nowej nazwy. Naciśnięcie ◕ powoduje potwierdzenie zmiany i powrót do głównego ekranu opcji WPT. Dane VOR i lotnisk są zabezpieczone przed przypadkowym skasowaniem.



Opcja WPT

Erase User Waypoint
Wymazywanie pozycji wprowadzonej przez użytkownika.

Erase All User
Wymazywanie wszystkich pozycji wprowadzonych przez użytkownika.

POLECENIA

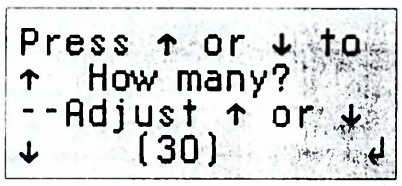
Polecenie to pozwala na skasowanie pozycji aktualnie wyświetlanej na ekranie. Jest to użyteczne zwłaszcza wtedy, gdy należy wymazać pozycję, którą chwilowo wprowadziłeś do pamięci. Dokonnuje się tego poprzez podwójne naciśnięcie ⊛. Dla wymazania wyświetlanej pozycji należy nacisnąć ◕. Pojawi się pytanie ARE YOU SURE? (*czy jesteś pewien?*). Jeżeli chcesz wymazać pozycję, naciśnij ◕. Pozycja zostanie wymazana z pamięci, a na ekranie pojawi się główny ekran opcji WPT. W przypadku rezygnacji z wymazywania pozycji, wystarczy nacisnąć ◖ .

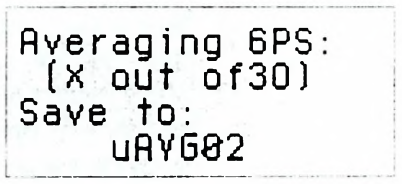
Polecenie to pozwala na skasowanie wszystkich pozycji w bazie pozycji użytkownika. Jeżeli trzeba wymazać tylko jedną pozycję z bazy, należy naciskać ◖ aż pojawi się polecenie Erase User Waypoint. Dla wymazania wszystkich pozycji należy nacisnąć ◕. Pojawi się pytanie "Are you sure ?" (*czy jesteś pewien?*). Jeżeli jesteś pewien tego co robisz, naciśnij ◕. Skasowane zostaną wszystkie pozycje wprowadzone przez użytkownika, a na ekranie pojawi się główny ekran opcji WPT. W przypadku rezygnacji z wymazywania pozycji, wystarczy nacisnąć ◖ Jeżeli baza ta jest wykorzystywana do pamiętania punktów nawigacyjnych do planu lotu, polecenie ERASE ALL umożliwi skasowanie całej bazy dla przygotowania miejsca do planowania następnego lotu.

AVERAGE AND SAVE
Średnia i zapamiętanie.

Polecenie to pozwala na wyliczenie bardziej dokładnej pozycji, przez uśrednienie pozycji wyliczanej. Można to wykorzystać na Ziemi gdy potrzebne jest bardzo dokładne określenie aktualnej pozycji. W celu uzyskania optymalnych obliczeń, wymagany jest odbiór czterech satelitów, a także nieprzemieszczanie odbiornika w trakcie obliczeń. Aby wyliczyć dokładną pozycję należy nacisnąć ◕. Jeżeli odbiornik nie odbiera sygnałów nawet 3 satelitów, pojawi się napis NO GPS YET. Jeżeli odbierane są co najmniej trzy satelity, pojawi się pytanie dla ilu pozycji wyliczyć uśrednioną pozycję. W celu podania tej liczby należy wykorzystać przyciski ◘ i ◘ .

Im większa będzie liczba, tym dokładniejsza będzie pozycja wyliczona. Zaleca się co najmniej 30 wyliczeń. Naciśnięcie ◕ po wprowadzeniu liczby wyliczeń rozpocznie przeliczanie pozycji. Przyciskami ◘ i ◘ oraz ◘ i ◘ należy wprowadzić nazwy pozycji do wyliczenia. Po wprowadzeniu każdej nazwy naciśnij ◕. Informacja o przeliczeniu każdej pozycji będzie wyświetlona. Wysokości dla każdej pozycji będą przeliczane tylko w przypadku, gdy odbierane są sygnały co najmniej trzech satelitów





Opcja WPT

POLECENIA

OFFSET FROM
Start z

Polecenie to pozwala na tworzenie nowej pozycji na podstawie pozycji aktualnej lub z bazy danych. Jest użyteczne w czasie lotu do punktu, do którego znamy jedynie odległość i kurs. Np.: jeżeli chcemy lecieć do pozycji odległej o 123 mile na południe od Orlando, wykonajmy następujące czynności:

1. Naciśnij ▶, aż osiągniemy opcję WPT.

2. Naciśnij ▼, aż wyświetlą się polecenia.

3. Naciśnij ▲ lub ▼, aż osiągniemy polecenie "OFFSET FROM ?".

4. Naciśnij ◉, wyświetli się "REFERENCE".

5. Wyliteruj "aORL".

6. Naciśnij ◉, zobaczysz "DISTANCE".

7. Wprowadź wartość 0123.0 NM .

8. Naciśnij ◉, zobaczysz "DIRECTION".

9. Wprowadź wartość 180 Mg.

10. Naciśnij ◉, zobaczysz "RESULT NAME".

11. Naciśnij ◉, zobaczysz wynik.

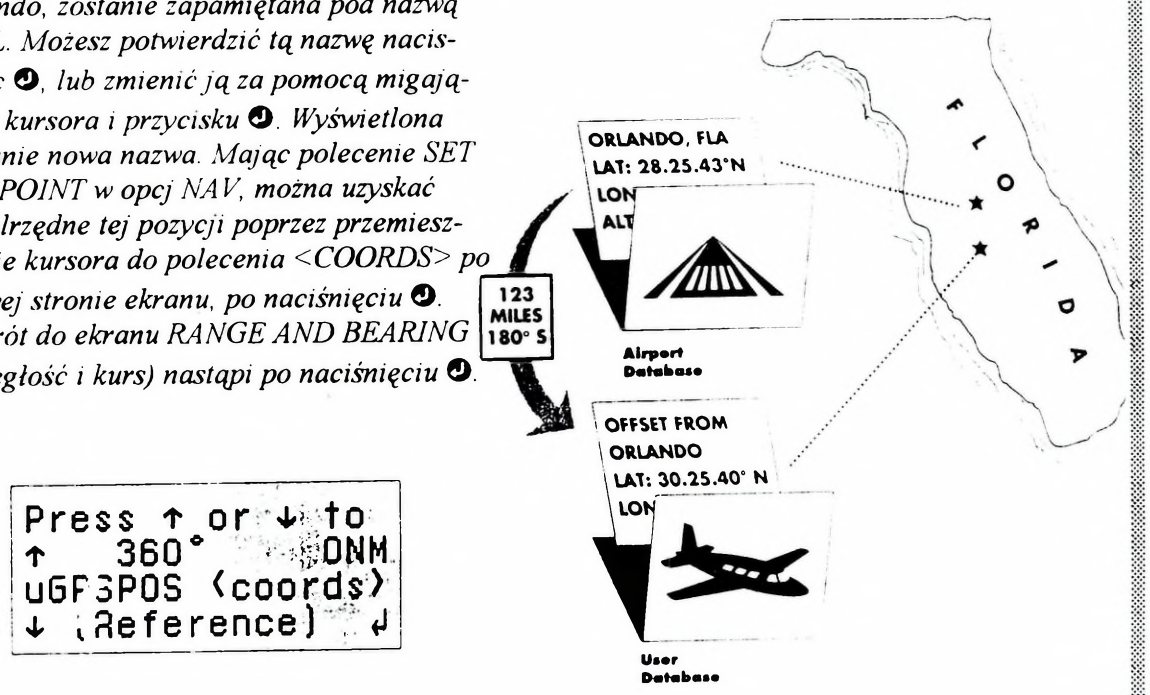
12. Naciśnij ▼, zobaczysz "OFFSET FROM".

13. Naciśnij ▼, zobaczysz "u-ORL".

14. Naciśnij ◉, zobaczysz "DIRECT TO" .

15. Naciśnij ◉, zobaczysz "DIRECT TO SET".

Uwaga.*Jeżeli nie wprowadziłeś nazwy pozycji docelowej, przyrząd automatycznie przydzieli tej pozycji nazwę składającą się z pięciu znaków, strzałki i nazwie odpowiadającej pozycji odniesienia. Np.: pozycja docelowa, dla której odniesieniem było Orlando, zostanie zapamiętana pod nazwą -ORL. Możesz potwierdzić tą nazwę naciskając ◉, lub zmienić ją za pomocą migającego kursora i przycisku ◉. Wyświetlona zostanie nowa nazwa. Mając polecenie SET WAYPOINT w opcj NAV, można uzyskać wspólrzędne tej pozycji poprzez przemieszczenie kursora do polecenia <COORDS> po prawej stronie ekranu, po naciśnięciu ◉. Powrót do ekranu RANGE AND BEARING (odległość i kurs) nastąpi po naciśnięciu ◉.*



Opcja WPT

COPY WAYPOINTS

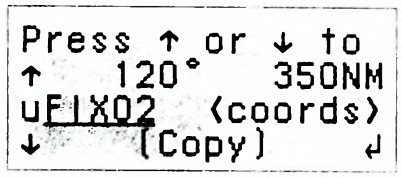
Powielanie pozycji.

POLECENIA

Polecenie pozwala na skopiowanie pozycji z bazy lotnisk, VOR, lub użytkownika i zachowania jej w bazie użytkownika. Jest to dosyć pomocne, ponieważ skopiowane pozycje mogą być łatwo odnalezione i przekazane do poleceń SET TO i SET NEXT. Skopiowanie pozycji jest użyteczne zwłaszcza podczas planowania trasy lotu, gdy chce się mieć wszystkie punkty trasy w jednym miejscu, tak aby były łatwo dostępne.

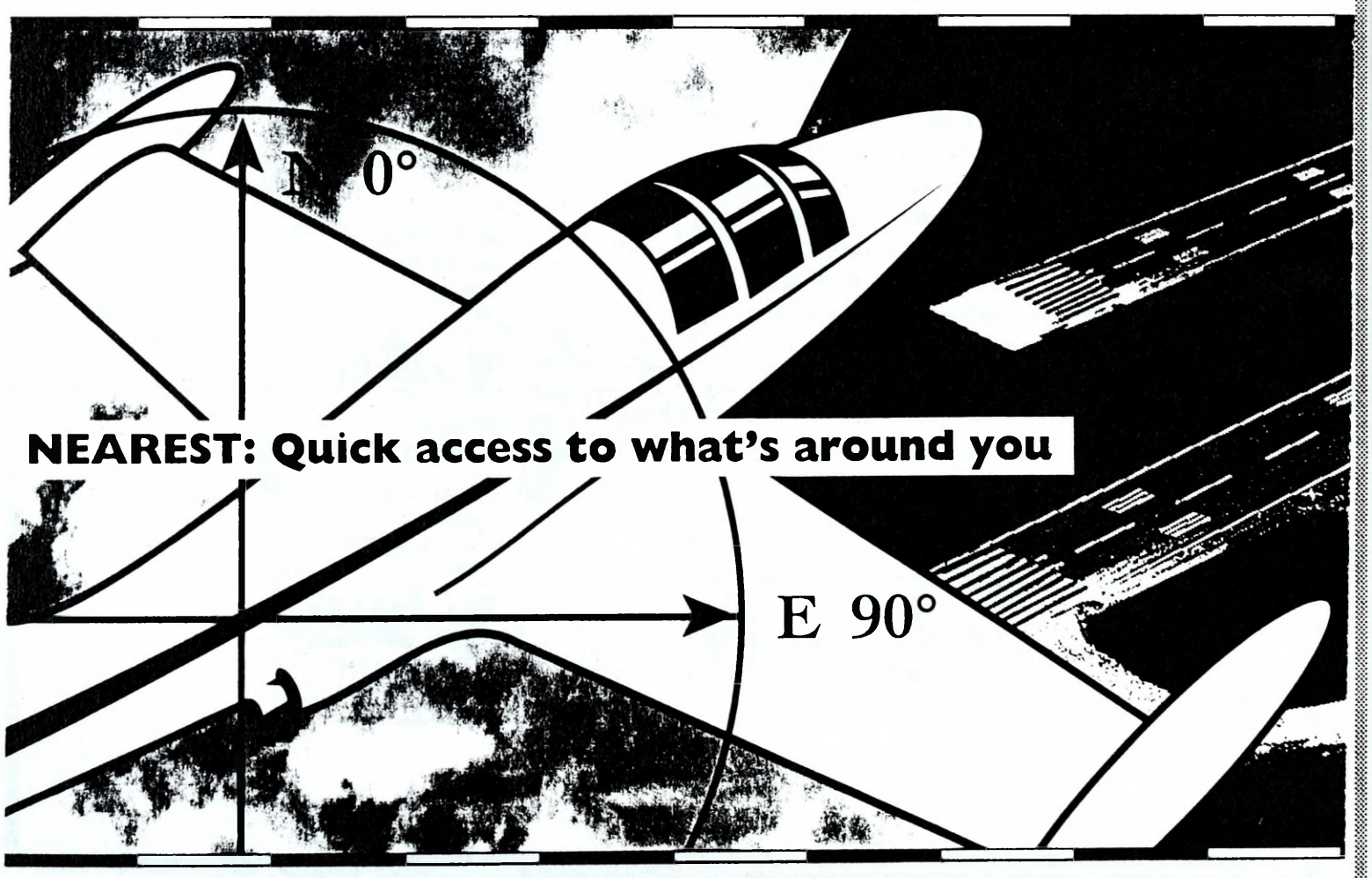
Po uruchomieniu polecenia COPY WAYPOINT pojawia się ekran RANGE AND BEARING, na którym podawana jest ostatnio wykorzystywana pozycja.

Do poruszania kursora po ekranie użyj przycisków ◀ i ▶. Przyciskami ▲ i ▼ przegląda się bazy, w których nazwy wyświetlane są w kolejności alfabetycznej. Po przemieszczeniu kursora do miejsca gdzie wyświetlana jest mała litera oznaczająca rodzaj bazy, przyciskiem ▲ lub ▼ wybiera się jedną z trzech dostępnych baz. Skopiowanie wyświetlanej pozycji nastąpi po naciśnięciu ↵. Skopiowana pozycja będzie miała w bazie użytkownika identyczną nazwę i zawartość jak oryginał. Aby zrezygnować z kopiowania wystarczy nacisnąć ▲.



Uwaga: Dane pozycji lotniska lub VOR skopiowane do bazy użytkownika nie są zabezpieczone przed możliwością zmiany.

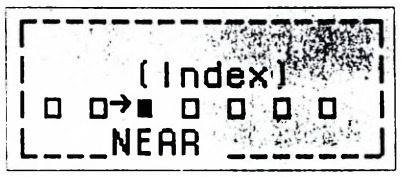
NAJBLIŻSZE POZYCJE



Opcja NEAR

Opcja NEAR

NEAREST

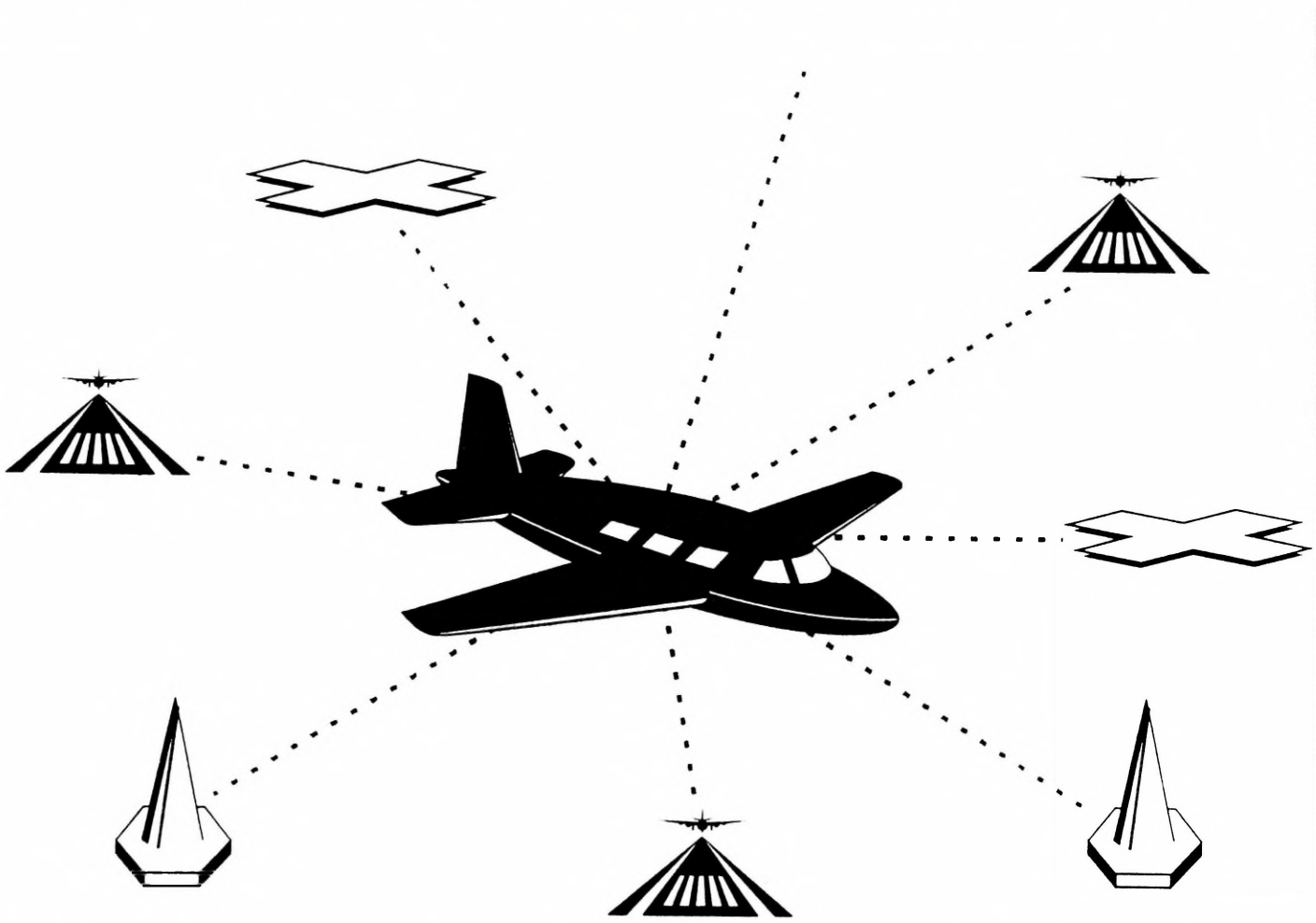


NEAR (*najbliższe*) wylicza 10 najbliższych pozycji w stosunku do aktualnej pozycji, lub dowolnej pozycji wziętej z którejś z baz. Dziesięć najbliższych pozycji jest podane poprzez wyliczenie odległości do wszystkich pozycji wziętych z trzech baz i wybranie dziesięciu najbliższych. Jeżeli nie są odbierane sygnały od co najmniej trzech satelitów, wtedy 10 najbliższych pozycji zostanie wyliczonych dla ostatniej pozycji, w której wymagana ilość satelit systemu GPS była odbierana (OLD POS), Jeżeli jednak odbierane są sygnały co najmniej trzech satelitów, wyliczenia będą odnosiły się od aktualnej pozycji (GPS POS), tak jak to widać na przykładzie na str 48. Na ekranach na str. 48 najbliższa pozycja, FIRST NEAREST została wyświetlona wraz z informacją, że znajdujemy się 2.75 NM od najbliższego lotniska, 218 SE (KM), a identyfikator lotniska to AUS (AUSTIN).

Naciśnij ⓪, aby powrócić do ekranu z poleceniem NEAREST. Najbliższy punkt zawsze jest wyświetlany w pierwszej kolejności. Używając przycisków ⑤ i ⓪ można przeglądać następne, najbliższe pozycje. Użycie ④ powoduje wyświetlenie współrzędnych tych pozycji.

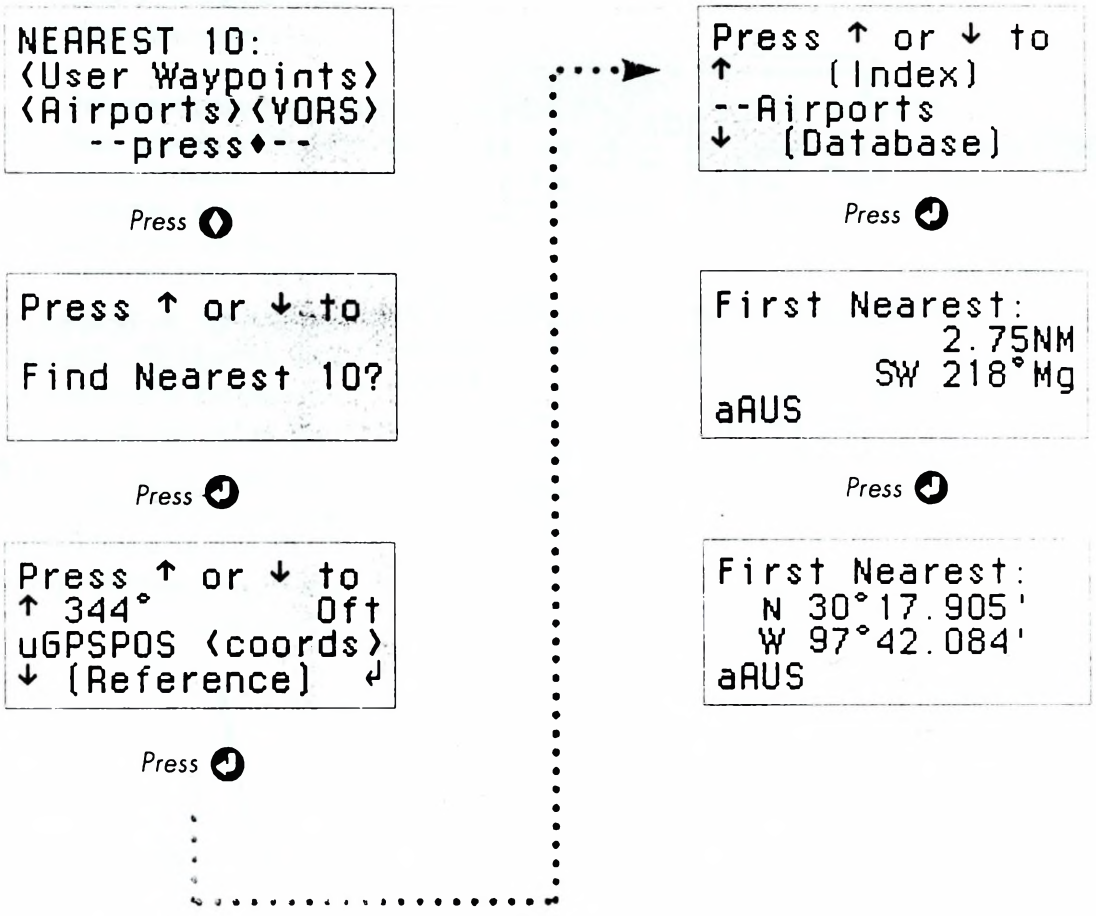
Po wybraniu najbliższego lotniska należy nacisnąć ⑧ oraz ④, a przyrząd poprowadzi nas do niego.



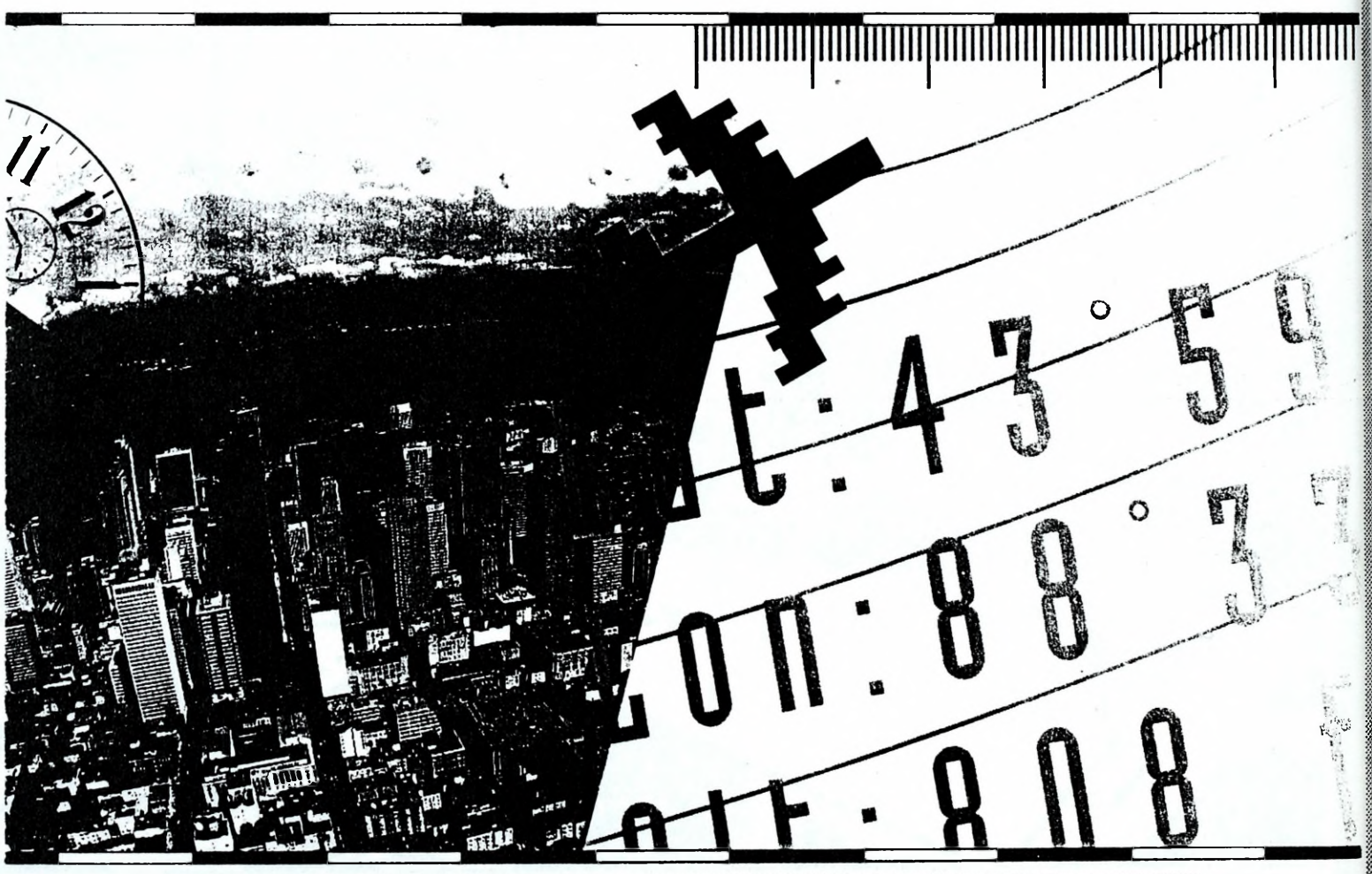


Opcja NEAR

Opcja NEAR



PODRÓŻ



Opcja TRIP

Opcja TRIP

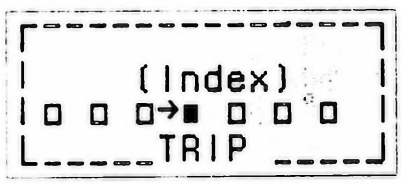
TRIP
Podróż

Ekrany:
*TOTALS *ogólnie*
*ALTITUDES
wysokości
*GOOD
rzeczywiste
*SPEED *prędkość*

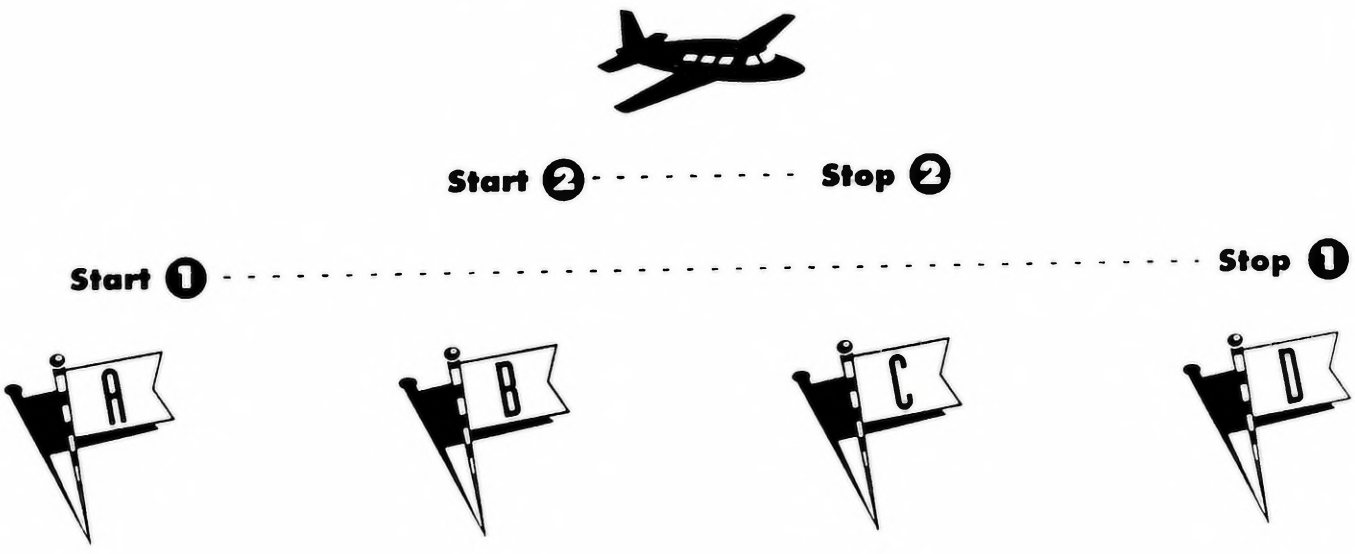
Polecenia
*SEE TRIP (1 OR 2) *przeglądaj trasę*
DATA *dane*
*PAUSE TRIP
przerwa w podr.
*RESUME TRIP
podsumowanie
*RESET TRIP
kasowanie
podróży

Naciśnięcie przycisku **O** w dowolnym czasie umożliwi dostęp do poleceń. Te ekrany zawierają dane o dwóch zaprogramowanych trasach i dane na temat ich przebiegu. Tutaj przechowywane są odległości i czas trrwania tych tras. Tutaj można zapamiętywać oraz oglądać postęp w locie do dwóch różnych pozycji, a także przełączać się pomiędzy nimi w dowolnej chwili na ekranie poleceń. Np.: można odbywać podróż z Nowego Yorku do Miami, ale składającą się z krótszych przelotów.

Opcji TRIP 1 można użyć do zapamiętania głównej podróży, a TRIP 2 do zapamiętania krótszych odcinków, takich jak z Nowego Yorku do Richmond, z Richmond do Orlando, a z Orlando do Miami, dzięki czemu będziemy posiadać informacje na temat przebiegu całej podróży i również informacje o krótszych przelotach w trakcie jej trwania.



Ekran wprowadzający zostanie wyświetlony w przypadku, gdy jeden z wariantów TRIP 1 lub TRIP 2 znajduje się w stanie oczekiwania, tzn. że czas podróży jest ciągle odliczany, lecz bez drogi przebytej, ponieważodbiornik nie odbiera co najmniej sygnałów z 3 satelit i oczekuje na odbiór większej ich ilości aby móc kontynuować zliczanie. RUNNING, który oznacza że informacje o postępie podróży są zapamiętywane i wyświetlane, oraz że odbierane są co najmniej 3 satelity. PAUSED oznacza, że użytkownik zatrzymał aktualną podróż. Można zatrzymać lub uruchomić pojedynczo lub równocześnie obie trasy w dowolnej chwili, jednak RUNNING (zapamiętywanie) automatycznie przejdze do trybu oczekiwania w momencie gdy przyrząd nie będzie odbierał sygnałów co najmniej trzech satelitów i nie rozpocznie zliczania drogi przebytej do momentu uzyskania odbioru wystarczającej ilości satelitów systemu GPS. Główny ekran opcji TRIP pokazuje zawsze dane na temat ostatnio wykorzystywanej trasy. Są to dane aktualnej podróży i wszystkie informacje dotyczą aktualnej podróży. Teraz zapoznajmy się z różnymi informacjami wyświetlanymi na ekranie, które towarzyszą każdej podróży.



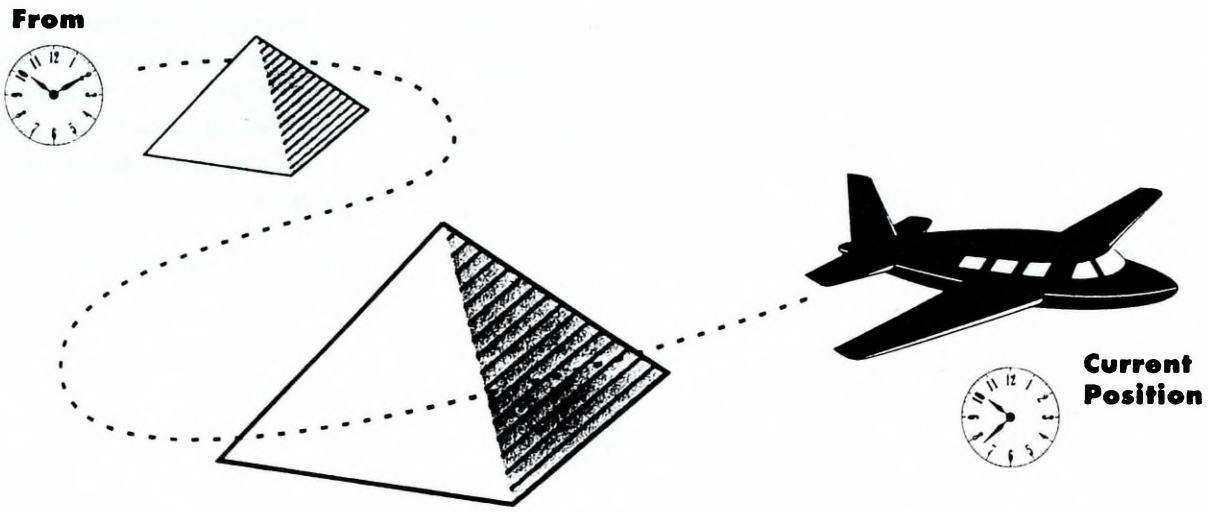
Opcja TRIP

TOTALS
Ogólnie.

TOTALS
Ogólnie

Ten ekran wyświetla dane na temat odległości do tej pory przebytej, oraz czasu trwania podróży. Np.: ekran po prawej informuje, że przebyto 810.54 NM w ciągu 4 dni i 13 godz.

```
TRIP-1 -Paused--
Totals:
      810.54 NM
          4d. 13h
```

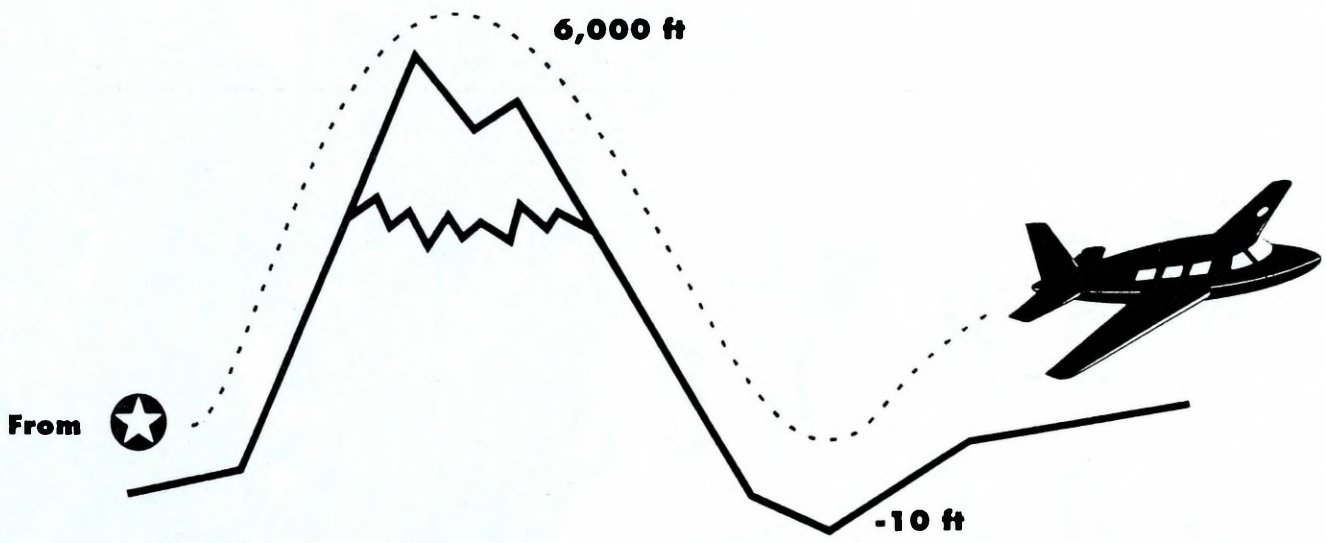


ALTITUDES
Wysokości.

ALTITUDES
Wysokości

Na tym ekranie wyświetlane są wartości maksymalnej i minimalnej wysokości, osiągniętych podczas aktualnej podróży. Np.: ekran po prawej informuje, że najwyższa osiągnięta wysokość to 6 000 ft (2000m), a najniższa wysokość lotu to -10 ft (-3m).

```
TRIP-1 -Paused--
Altitudes:
max:      6000 ft
min:       -10 ft
```

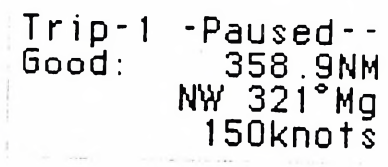


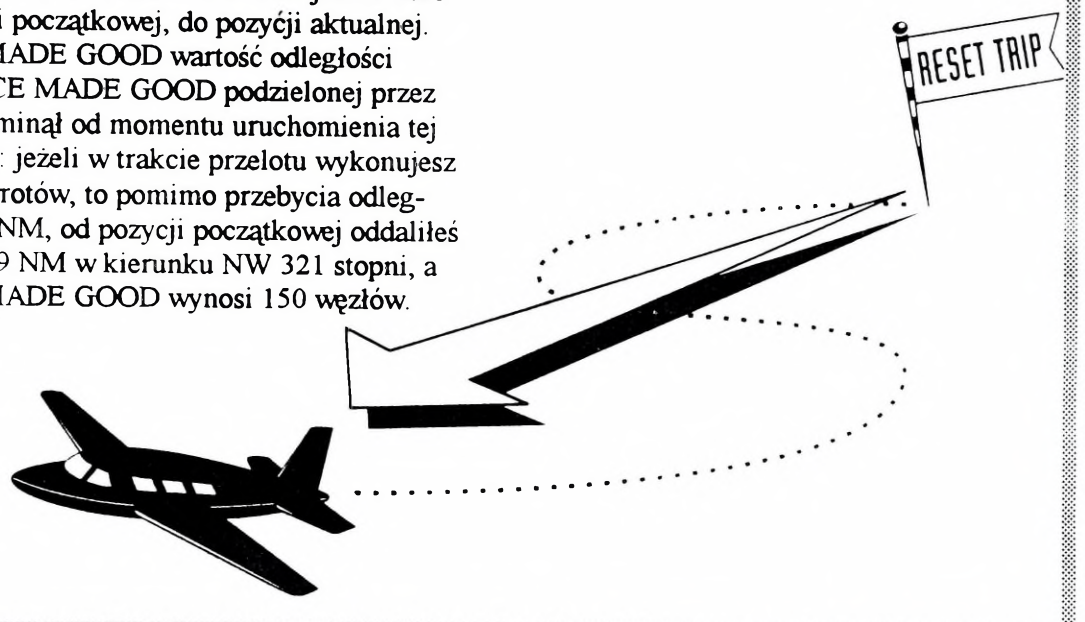
Opcja TRIP

Good
autentyczne

GOOD
autentyczne

Ekran MADE GOOD wylicza informacje na temat aktualnej podróży od miejsca, w którym skasowano dane na temat dotychczasowej podróży, do aktualnej pozycji. Składa się z informacji DISTANCE MADE GOOD, BEARING MADE GOOD i SPEED MADE GOOD. Odległość MADE GOOD jest to odległość w prostej linii od pozycji początkowej, do aktualnej pozycji. BEARING MADE GOOD jest to kurs od pozycji początkowej, do pozyćji aktualnej. SPEED MADE GOOD wartość odległości DISTANCE MADE GOOD podzielonej przez czas jaki minął od momentu uruchomienia tej opcji. Np.: jeżeli w trakcie przelotu wykonujesz wiele dowrotów, to pomimo przebycia odległości 500 NM, od pozycji początkowej oddaliłeś się o 358.9 NM w kierunku NW 321 stopni, a SPEED MADE GOOD wynosi 150 węzłów.

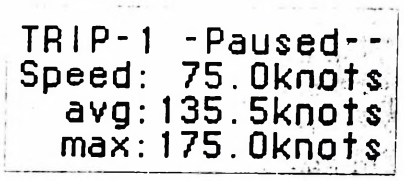


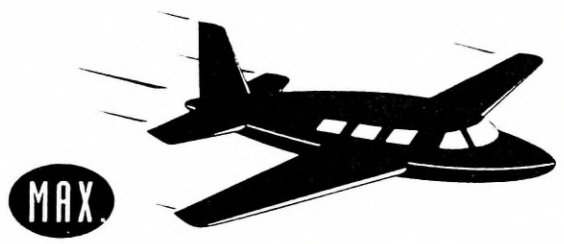


SPEED
prędkość

SPEED
prędkość

Na tym ekranie wyświetlana jest aktualna prędkość (speed), średnia prędkość (avg), oraz maksymalna (max) prędkość w trakcie całej podróży. Aby została wyświetlona aktualna prędkość, odbiornik musi odbierać sygnały co najmniej trzech satelitów. Jeżeli wymagana liczba satelit nie jest odbierana, zostanie wyświetlona ostatnio zmierzona prędkość.









Opcja TRIP

POLECENIA

Polecenia

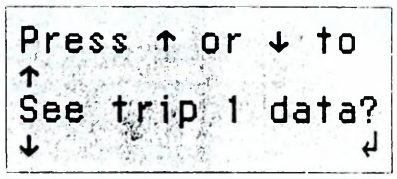
*See Trip (1 OR 2) Data
podgląd danych o podróży 1 lub 2

*Pause Trip/Resume Trip
przerwa/wznowienie podróży

*Reset Trip
kasowanie podróży

See Trip (1 or 2) Data
Podgląd danych o podróży 1 lub 2.

Pozwala na przełączanie się z jednej podróży na drugą. Jeżeli aktualnie przeglądasz dane o podróży nr 1 (Trip 1), masz możliwość podglądu danych o podróży nr 2. Jeżeli aktualnie przeglądasz dane o podróży nr 2 (Trip 2), masz możliwość podglądu danych o podróży nr 1, tak jak to widać na rysunku poniżej. Aby zobaczyć dane dotyczące tej drugiej podróży, wystarczy nacisnąć przycisk ⏷ .Nastąpi powrót do głównego ekranu opcji Trip. Można też nacisnąć ↵, aby powrócić do głównego ekranu opcji Trip bez przełączania się pomiędzy danymi jednej i drugiej podróży.



Pause Trip/Resume Trip
przerwa / wznowwienie podróży

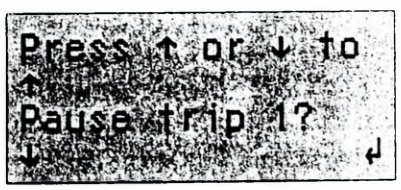
Pozwala na zatrzymanie lub wznowienie zbierania danych o aktualnym odcinku podróży. Zatrzymanie jest szczególnie przydatne zwłaszcza w sytuacji, kiedy chcemy zrobić krótką przerwę w podróży w celu odpoczynku, lub zatankowania się, a nie chcemy by było to zarejestrowane w dzienniku podróży. PAUSE przerywa pracę zegara, RESUME wznawia ją. Nawet jeżeli czas podróży nie jest zliczany w trakcie przerwy, odległość jest zawsze dodawana w prostej linii od pozycji, gdzie została przerwana.

Wybór PAUSE przerywa wszystkie działania. Wyświetlanie informacji o podróży będzie odzwierciedlone jedynie do czasu podania polecenia PAUSE. Po przerwie, podanie polecenia RESUME spowoduje wznowienie zbierania informacji o podróży. Dla potwierdzenia polecenia PAUSE lub RESUME, należy nacisnąć przycisk ↵. W następstwie tego nastąpi powrót do głównego ekranu opcji TRIP. Powrót do głównego ekranu opcji TRIP bez wykonania polecenia PAUSE lub RESUME następuje dzięki naciśnięciu przycisku ⏷.

Jeżeli wyłączyłeś odbiornik w trakcie zbierania danych o pokonywaniu jakiegoś odcinka drogi, dane o upływającym czasie nadal są zbierane. Wartość czasu w którym odbiornik był wyłączony zostaje dodana do całkowitego czasu podróży po włączeniu przyrządu. Odległość jest dodawana w prostej linii od ostatnio zapisanej pozycji.

RESET TRIP
kasowanie podróży

Pozwala na skasowanie informacji na temat aktualnej pozycji. Polecenie to powoduje skasowanie dotychczasowych danych o podróży i rozpoczęcie zbierania nowych danych. Nowe dane są zbierane z chwilą skasowania starych. Aby skasować dane należy dwukrotnie nacisnąć przycisk ↵. Nastąpi powrót do głównego ekranu opcji TRIP. Aby powrócić do głównego ekranu bez kasowania danych wystarczy nacisnąć ⏷.



Opcja TIME



TIME

POLECENIA

*Start Stop Timer
włącz wyłącz zegar

*Preset Timer
ustaw zegar

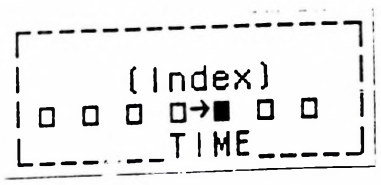
*Reset Timer
skasuj zegar

W tej opcji mamy dostęp do bardzo dokładnego czasu, który podawany jest z atomowych zegarów umieszczonych na satelitach. Odbiornik posiada możliwość odmierzania czasu dla trzech niezależnych podróży. Po wejściu do opcji TIME wyświetlany jest ekran z danymi o trzech zegarach. Kazdy z nich może być zatrzymany (kropka), odmierzać czas wstecz (strzałka w dół), odmierzać czas upływający (strzałka do góry). Oprócz tego może pojawić się pod numerem zegara klepsydra informująca o zegarze, którego odmierzany czas osiągnął zero. Po tym zapoznawczym ekranie wyświetlany jest ekran z zegarem ostatnio używanym. Np.: jeżeli TIMER 1 został tak ustawiony aby odmierzył wstecz 1 minutę i 30.7s, i czas ten upłynął, ekran będzie wyglądał jak ten poniżej. Na ekranie tym wyświetlany jest aktualny czas, data i czas jaki upłynął od ukończenia odliczania.

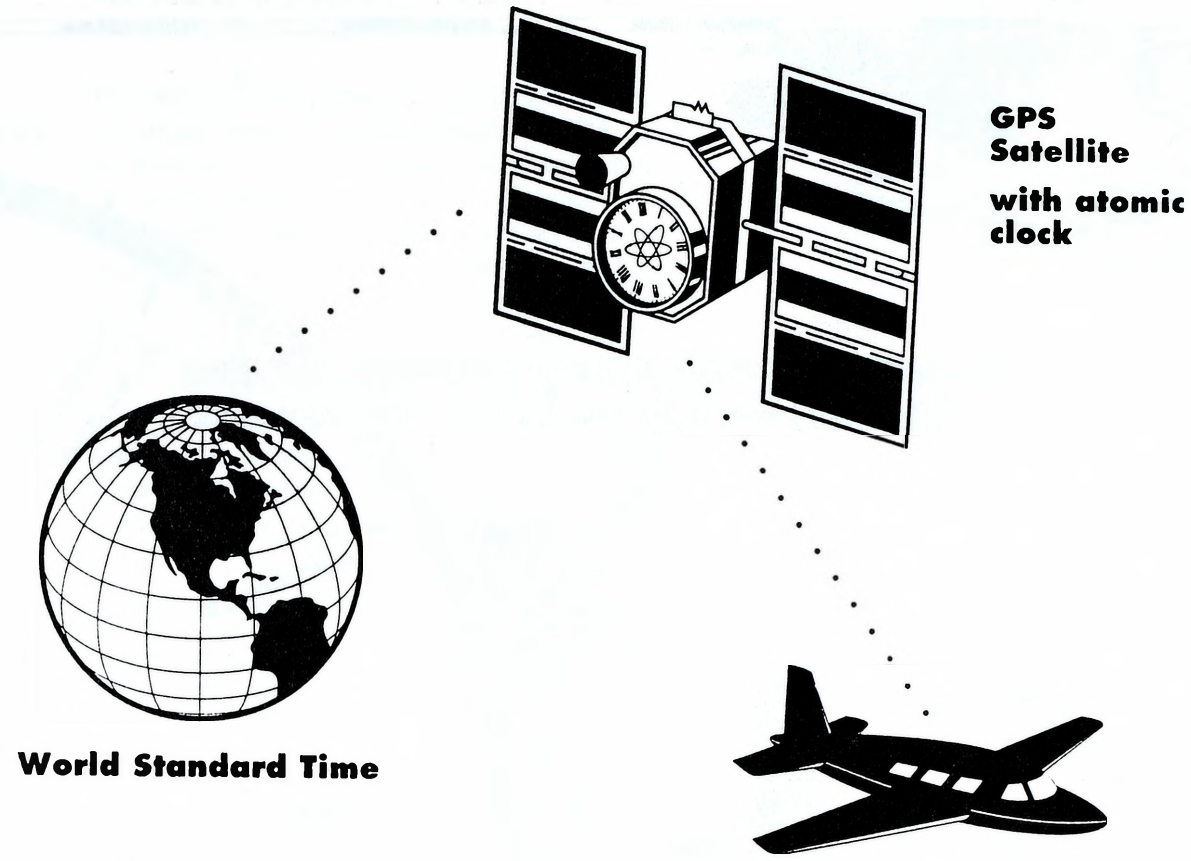
Aby wybrać jeden z trzech zegarów, użyj ▲ lub ▼. Każde naciśnięcie przycisku ▼ spowoduje wyświetlenie się poleceń dotyczących zegara aktualnie widzianego. Zegar odmierzający czas można w kazdej chwili zatrzymać i spowrotem uruchomić przyciskiem ◕. Podwójne naciśnięcie spowoduje wyzerowanie zegara.

```
Time:   9:05:20pm
   MON 10 May 92
   00:30.7 Past
Timer-1 Expired!
```

Naciśnij ▼ w dowolnej chwili w opcji Time aby moc podawac polecenia



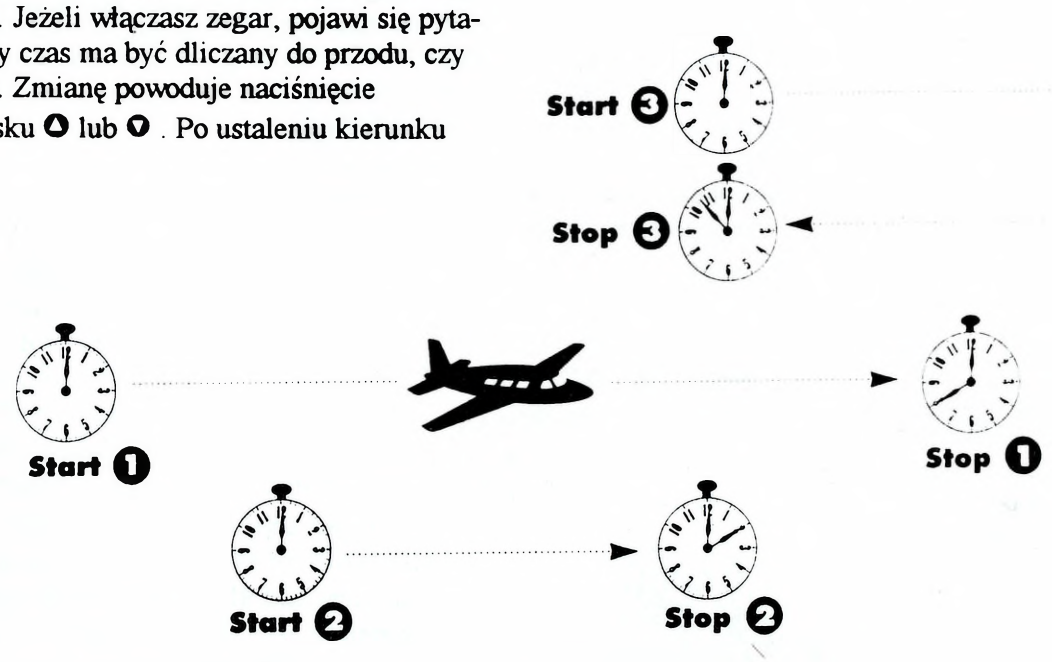
Opcja TIME



START TIMER/STOP TIMER
włącz/wyłącz zegar

POLECENIA

Polecenie to umożliwia włączenie/wyłączenie wybranego zegara poprzez naciśnięcie ◕ w opcji TIME. Polecenia te działają identycznie jak naciśnięcie ◕ podczas wyświetlania zegara. Ta opcja umożliwia także odliczanie do przodu i wstecz. Jeżeli włączasz zegar, pojawi się pytanie, czy czas ma być dliczany do przodu, czy wstecz. Zmianę powoduje naciśnięcie przycisku ▲ lub ▼ . Po ustaleniu kierunku odliczania, należy nacisnąć ◕ . Nastąpi powrót do opcji TIME, a następnie do ekranu z zegarem. Aby wrócić do ekranu głównego opcji TIME wystarczy dwukrotnie nacisnąć ◔ .



Opcja TIME

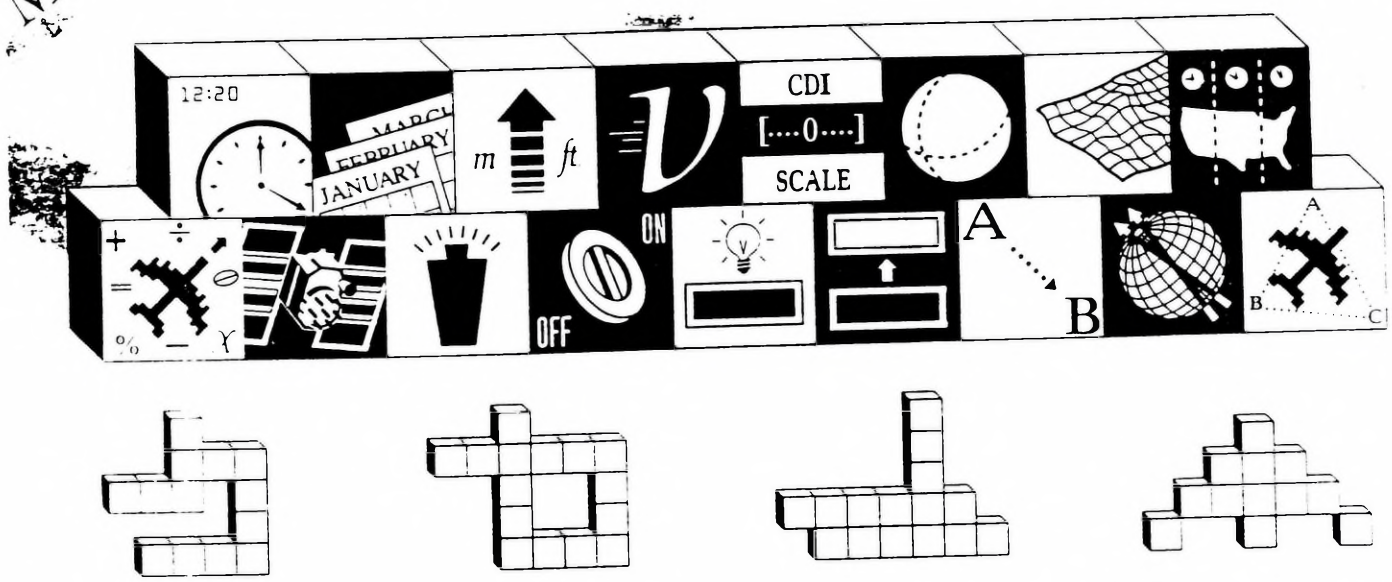
PRESET TIMER
ustawienie zegara

To polecenie służy do ustawiania zegara w trybie odliczania czasu wstecz. Po wyświetleniu tego polecenia na ekranie, należy nacisnąć ◕. Pojawi się ekran, na którym należy wprowadzić za pomocą kursorów ▲ i ▼ wielkość czasu, który ma być odliczony wstecz. Po wprowadzeniu tej wielkości, należy nacisnąć ◕ w celu jej zaakceptowania. Zegar trwał będzie w stanie oczekiwania do momentu, kiedy po przejściu do głównego ekranu opcji TIMER zostanie naciśnięty ◕ , lub potwierdzone zostanie polecenie START TIMER. Po zakończeniu wstecznego odliczania, na ekranie TIME pojawi się informacja, że odliczanie zostało zakończone, a trwa odmierzanie czasu jaki upłynął od zakończenia odliczania. Klepsydry wyświetlane pod numerami zegarów na głównym ekranie informują, które z nich zakończyły wsteczne odliczanie.

RESET TIMER
kasowanie zegara

Polecenie to umożliwia wyzerowanie aktualnego zegara. W celu wyzerowania, należy nacisnąć ◕. Nastąpi powrót do głównego ekranu opcji TIME. Wycofanie z tego polecenia nastąpi po naciśnięciu przycisku ▼.

MORE : Building blocks to shape your Trimble Flightmate



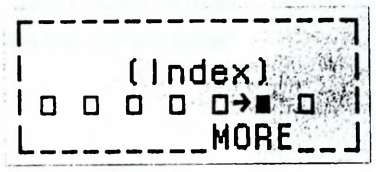
Opcja MORE

Opcja MORE

MORE
dodatkowo

POLECENIA

*Customizing
ustalenia
*Calculating
wyliczenia
*Reset Battery Hours
kasowanie zegara
*GPS Update Rate
*Auto Shutoff
automat. wyłączenie
*Screen Contrast
kontrast
*Screenlight
podświetlenie



Dzięki tym poleceniom można ustalać parametry pracy odbiornika, informacje na temat sieci satelit GPS, oraz inne użyteczne informacje, takie jak wschód, zachód słońca. Ta opcja podzielona jest na trzy części. CUSTOMIZING umożliwia ustalenie parametrów pracy, CALCULATIONS umożliwia wyliczenie prędkości rzeczywistej oraz wykonanie innnych wyliczeń matematycznych. Oprócz tego różne polecenia umożliwiają kontrolę działania odbiornika. Dostęp do tych poleceń następuje po naciśnięciu przycisku ◆ .

Naciśnięcie ◆ w dowolnej chwili w opcji MORE umożliwia dostęp do powyższych poleceń.

CUSTOMIZING COMMANDS
polecenia konfigurac.

*Set Clock Style
ustal zegar 24/12h
*Set Date Format
ustal format daty
*Altitude Units
jednostki wysokości
*Distance Units
jednostki odległości
*Speed Units
jednostki prędkości
*Set CDI Scale
skala odchylenia
*Coordinate Style
rodzaje współrz.
*North Reference
kierunek Północy
*Mapping Datum
rodzaje odwzorowań
*Time Zone
strefa czasowa

Te udogodnienia pozwalają na dobranie danych zgodnie z potrzebami użytkownika. Można tutaj ustalić jednostki miary, format daty i godzin, rodzaj współrzędnych. Tutaj kontroluje się działanie odbiornika i maksymalizuje jego możliwości. Aby znaleźć się w tej części, należy nacisnąć ◆.

Set Clock Style
Zmiana formatu zegara

Naciśnięcie ◕ przy tym poleceniu umożliwi zmianę formatu wyświetlanego czasu. Wybór pomiędzy zegarem AM/PM a 24-godzinnym wykonuje się z wykorzystaniem przycisków ▲ i ▼. Typowym jest zegar 24-godzinny. Należy nacisnąć ◕ dla zaakceptowania wyboru. Nastąpi powrót do głównego ekranu opcji MORE.

Set Date Format
Zmiana formatu daty

Daty mogą być wyświetlane w siedmiu różnych formatach. Typowym układem jest miesiąc / dzień / rok. Należy nacisnąć ◕ w celu wprowadzenia zmiany, a następnie za pomocą przycisków ▲ i ▼ wybrać odpowiedni format daty. Naciśnięcie ◕ zaakceptuje wprowadzoną zmianę. Nastąpi powrót do głównego ekranu opcji MORE.

Altitude Units
jednostki wysokości

Należy nacisnąć ◕ w celu wprowadzenia zmiany jednostek do pomiaru wysokości, a następnie za pomocą przycisków ▲ i ▼ wybrać odpowiednią jednostkę. Naciśnięcie ◕ zaakceptuje wprowadzoną zmianę. Nastąpi powrót do głównego ekranu opcji MORE.

Opcja MORE

CUSTOMIZING COMMANDS
polecenia konfiguracyjne.

DISTANCE UNITS
jednostki odległości

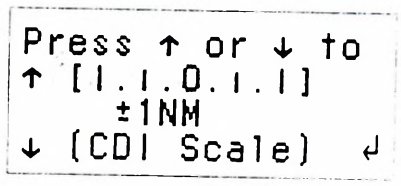
Odbiornik ma możliwość wyświetlania odległości w trzech rodzajach jednostek: w milch morskich, w metrach i kilometrach, oraz w milach i stopach. Typowym ustawieniem są mile morskie. Należy nacisnąć ◕, a następnie za pomocą przycisków ▲ i ▼ wybrać odpowiednią jednostkę i nacisnąć ◕. Nastąpi powrót do ekranu głównego opcji MORE.

SPEED UNITS
jednostki prędkości

Odbiornik ma możliwość wyświetlania prędkości w trzech rodzajach jednostek: w węzłach, kilometrach na godzinę, lub milach na godzinę. Typowym ustawieniem są węzły. Należy nacisnąć ◕, a następnie za pomocą przycisków ▲ i ▼ wybrać odpowiednią jednostkę i nacisnąć ◕. Nastąpi powrót do ekranu głównego opcji MORE.

SET CDI SCALE
skala odchylenia

Odbiornik ma możliwość wyświetlania skali w siedmiu wariantach: +/-0.2; +/-0.4; +/-0.5; +/-1.0; +/-2.0; +/-4.0; +/-12.0. W milach, kilometrach, lub milach morskich. Rodzaj jednostki ustala się poleceniem DISTANCE UNIT. Właściwa wartość oznaczona jest pionową kreską. Na ekranie poniżej dokładnośc wskazań ustalona jest na +/-0.1 NM, co oznacza, że odległość od centralnego znacznika skali CDI do pierwszej kreski wynosi 1 milę. Naciśnij ▶ do momentu, aż osiągniesz "MORE". Naciśnij ▲, zobaczysz polecenia. Naciśnij ▲ aż wyświetlone zostanie polecenie "CUSTOMIZING ?". Naciśnij ◕, zobaczysz polecenie. Naciśnij ▲ aż dojdziesz do polecenia "SET CDI SCALE?". Naciśnij ◕. Użyj ▲ i ▼ aby wybrać odpowiednią skalę. Po wybraniu odpowiedniej skali, naciśnij ◕, nastąpi powrót do opcji MORE.



COORDINATE STYLE
rodzaje współrzędnych

Tutaj ustala się jednostki, w których będą wyświetlane współrzędne pozycji. Po uruchomieniu tego polecenia mamy do wyboru cztery opcje: LATITUDE\LONGTITUDE IN SECONDS *długość/szerokość w sekundach* ; ...IN MINUTES (*w minutach*); UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM) (układ współrzędn Mercatora), lub ORDINANCE SURVEY OF GREAT BRITAIN (OSGB). Typowym ustaleniem jest długość/szerokość w minutach. Informacja o rodzajach współrzędnych znajduje się w dodatku A.

W celu wybrania odpowiednich wartości należy nacisnąć ◕, a następnie za pomocą przycisków ▲ i ▼ wybrać odpowiednią jednostkę i nacisnąć ◕. Nastąpi powrót do ekranu głównego opcji MORE.

NORTH REFERENCE
kierunek Północy

Polecenie to umożliwia wybór pomiędzy kierunkiem północy geograficznej i magnetycznej. Typowym ustaleniem jest kierunek północy magnetycznej. Północ geograficzna oznacza aktualny fizyczny kierunek północy, a północ magnetyczna oznacza północny kierunek wyznaczany liniami sił magnetycznych Ziemi. Dla zmiany ustawienia użyć należy przycisków ▲ i ▼ , a następnie ◕ dla potwierdzenia. Nastąpi powrót do ekranu głównego opcji MORE.

Uwaga. Ustawienie to nie ma wpływu na wyznaczanie poziomu lotu w opcji MULTINAV SCREEN. Poziom lotu ustalany jest zawsze wg kierunku magnetycznego. Kierunek wiatru jest wyznaczany zawsze względem kierunku geograficznego.

CUSTOMIZING COMMANDS
polecenia konfiguracyjne

MAPPING DATUM
rodzaje odwzorowań

Polecenie to pozwala na ustawienie odpowiedniego dla danego kraju układu współrzędnych. Odbiornik współpracuje ze 124 rodzajami współrzędnych. Typowym jest ustawienie współrzędnych wg WGS-84. Jeżeli ustalony układ nie jest zgodny z tym, wg którego są naniesione współrzędne na mapie użytkownika, wtedy błąd podawania pozycji może wynieść nawet połowę mili. W DODATKU A wypisane są rodzaje współrzędnych używanych na świecie. Dla zmiany ustawienia należy nacisnąć ◕, a następnie użyć przycisków ▲ i ▼. Naciśnięcie ◕ dla potwierdzenia, spowoduje powrót do ekranu głównego opcji MORE.

Użytkownik może zdefiniować własne odwzorowanie, poprzez wybór polecenia DATUM XXX, CUSTOM, lub DATUM YYY, CUSTOM, ze zbioru istniejących odwzorowań.

TIME ZONE
strefy czasowe

Tym poleceniem ustala się wartość różnicy czasowej pomiędzy czasem lokalnym ,a czasem GMT Greenwich Mean Time. Jeżeli znajdujesz się na wschód od Londynu, wartość należy dodać, a gdy na zachód, należy odjąć. Naciśnij ◕, następnie przyciskami ▲ i ▼ oraz ◀ i ▶ ustal wartość. Po potwierdzeniu zmiany przyciskiem ◕, nastąpi powrót do głównego ekranu opcji MORE.

Uruchomienie polecenia CALCULATIONS nastąpi po naciśnięciu ◕ podczas wyświetlania tego polecenia w opcji MORE.

CALCULATIONS COMMANDS
wyliczenia

*Sun Data
wschód/zachód słońca

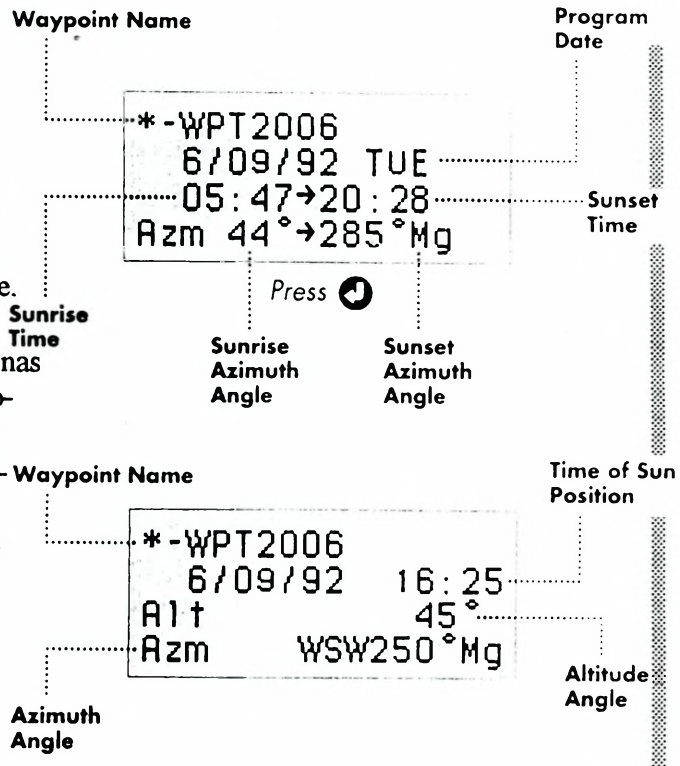
*Satellite Data
działanie systemu

*From A to B
z A do B

*TAS/Wind Calculations
przeliczenia

SUN DATA
wschód/zachód słońca

Na tym ekranie wyświetlana jest informacja o wschodzie i zachodzie Słońca, na pozycji przez ciebie wybranej. Aby uzyskać te informacje na dowolnej pozycji, o dowolnej czasie. należy nacisnąć ◕. Następnie należy z bazy danych wybrać pozycję dla której interesuje nas wschód, zachód Słońca. Następnie należy podać datę. Do jej podania należy wykorzystać przyciski ▲ ▼ ◀ ▶. Po naciśnięciu ◕ wyliczone dane zostaną wyświetlone na ekranie. Następnie po naciśnięciu ◕ możesz uzyskać współrzędne położenia Słońca w tym dniu o dowolnej godzinie, co 15 minut, za pomocą przycisków ◀ i ▶.



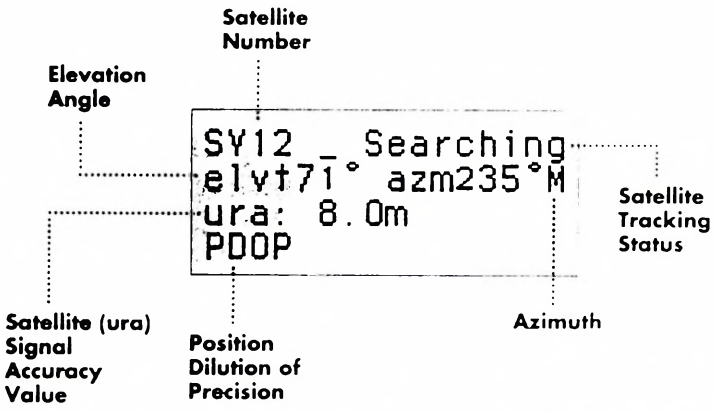
Opcja MORE

SATELLITE DATA
dane o systemie

CALCULATIONS COMMANDS
wyliczenia

Tym poleceniem uzyskujemy możliwość uzyskania informacji na temat działania satelit, dokładności pozycjonowania, oraz ilości satelitów, z których aktualnie odbierany jest sygnał. Po zakończeniu tworzenia systemu GPS, na orbicie będzie krążyło 21 satelitów i trzy zapasowe. Dzięki temu z dowolnego punktu na Ziemi będzie zawsze można odbierać co najmniej sygnały czterech satelitów. Ponieważ jednak tworzenie systemu nie zostało jeszcze zakończone, może się zdarzać że czasami będą odbierane mniej niż cztery satelity. Zwykle sytuacja ta zmienia się po krótkiej chwili i odbiornik odbiera nawet osiem sygnałów.

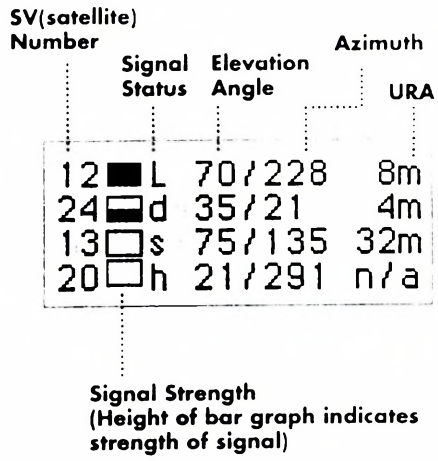
Jeżeli odbiornik nie był używany przez jakiś czas, informacje które przechowuje mogą być nieaktualne. W tej sytuacji odbiornik będzie potrzebował około piętnastu minut na uaktualnienie danych. Po przejściu do ekranu SATELITE DATA, naciśnij ◕. Pojawi się ekran z informacjami na temat odbieranych satelitów. Aby móc przemieszczać się pomiędzy ekranami zawierającymi różnorodne dane na temat ich pracy należy wykorzystać przyciski ▲ i ▼ . Poniżej znajduje się ekran z typowymi danymi.



Po otrzymaniu współrzędnych satelity, wyświetlony zostaje napis PDOP. Jego wartość mówi nam o dokładności wyliczanych spółrzędnych. URA podaje jakość sygnału odbieranego z satelity. Mówiąc inaczej, PDOP jest najlepszym wskaźnikiem dokładności pomiaru, a URA informuje o jakości odbioru sygnału. Wartość PDOP poniżej 5 oznacza "dobrze", gdy powyżej 8 oznacza "słabo". Wartość URA powyżej 30 spowoduje pogorszenie dokładności do około 100m.

Zbiorczą informację na temat wszystkich odbieranych satelitów uzyska się po naciśnięciu ◕. Na ekranie zostanie wyświetlona informacja "**SV elv/azm M ura**" i po sekundzie zniknie. SV oznacza numer satelity, **ELV/AZM** oznacza kąt elewacji i azymutu, **M** oznacza podawanie wartości wg południka magnetycznego, tak jak to ustawiono w konfiguracji. (Zamiast tego może być ustawiony kierunek geograficzny). Następnie litera **L** oznacza, że zostały odebrane sygnały z satelity, **d** - sygnały są właśnie odbierane, **r** - wyliczana jest odległość lub zasięg satelity, **s** - trwa poszukiwanie satelity który powinien być w zasięgu, **h** - satelita jest wyłączony lub niesprawny. Po kilku sekundach pojawi się ekran zbiorczy. Aby powrócić do ekranu informacyjnego należy nacisnąć ◕. Aby powrócić do opcji MORE należy nacisnąć ▼ .

L - satelita namierzony
d - zbieranie informacji
s - poszukiwanie satelity
h - satelita niesprawny
SV - numer satelity
Elevation Angle - kąt elewacji
Azimuth - azymut
Signal Strength - poziom sygnału



Opcja MORE

Opcja MORE

FROM A TO B
z A do B

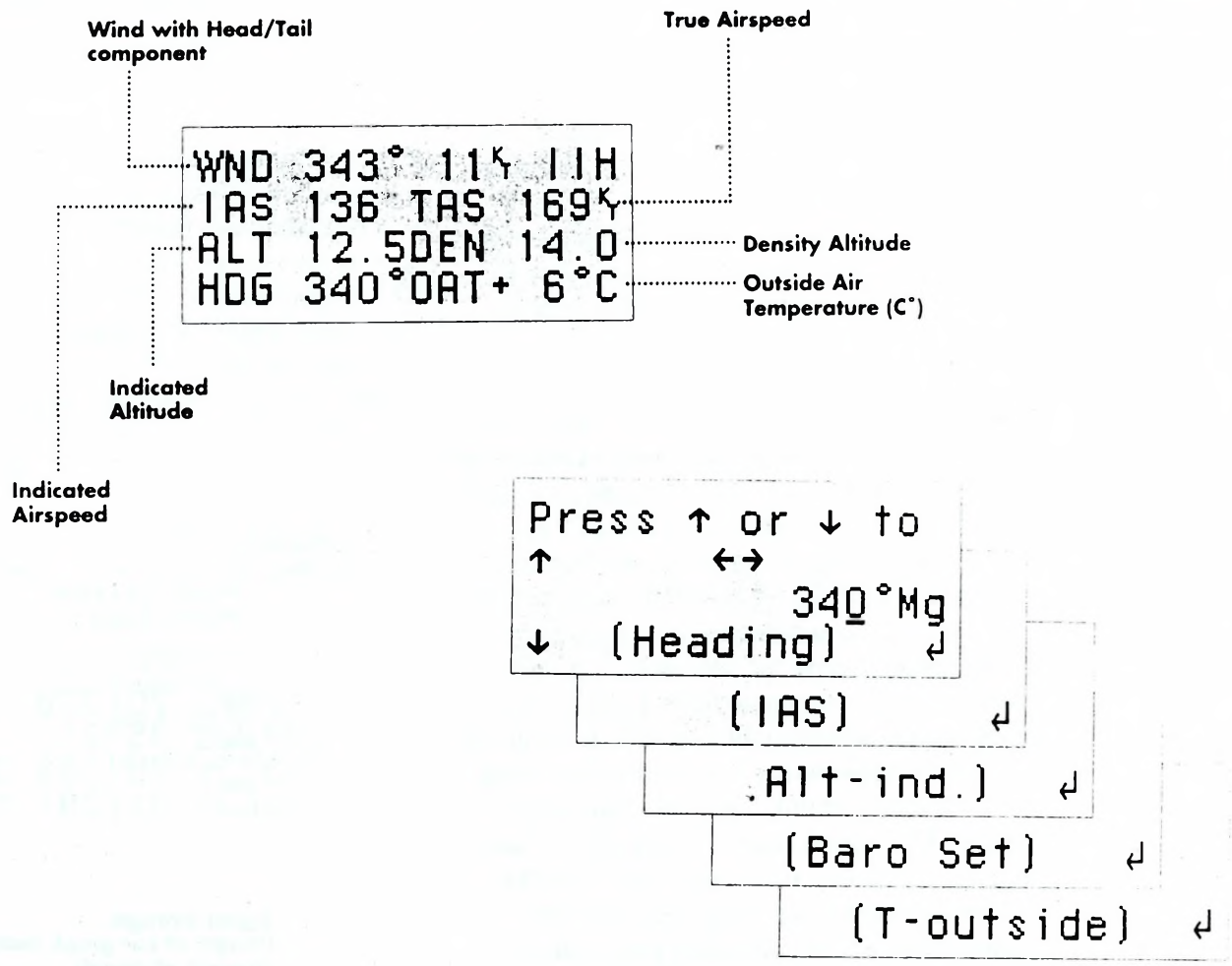
CALCULATION COMMANDS
wyliczenia

Na tym ekranie podawana jest odległość między dwoma pozycjami. Polecenie to jest użyteczne, gdy chce się określić odległość pomiędzy aktualną pozycją a lotniskiem, lub po prostu pomiędzy dwoma punktami. Po wybraniu ekranu A TO B należy najpierw wprowadzić aktualną pozycję. Można wybrać pozycję aktualną, lub dowolną z baz danych. Po naciśnięciu ◕ należy wprowadzić pozycję docelową. Po jej wprowadzeniu należy znowu nacisnąć ◕. Na ekranie zostanie wyświetlona dległość pomiędzy wybranymi punktami A i B. Naciśnięcie ◐ spowoduje wyjście z tego ekranu.

Uwaga. Jeżeli jako pozycja początkowa zostanie wybrana aktualna pozycja, to w trakcie ruchu odległość i kierunek będą uaktualniane.

TAS/WIND/DEN/ALT

Na tym ekranie odbiornik umożliwia wyliczenie wszystkich parametrów potrzebnych w locie. Prędkość rzeczywistą, składową wiatru, kąt znoszenia. Obliczenia te wymagają, by odbiornik śledził ciągle satelity. Należy wprowadzić kurs, z jakim wykonywany jest lot HDG, prędkość przyrządową IAS, wysokość ALT, ciśnienie barometryczne BSET oraz temperaturę powietrza na zewnątrz OAT. Aby został wyświetlony ten ekran, należy nacisnąć ◕. Następnie należy podać aktualny kurs. ◑ i ◒ przemieszczją kursor, ◐ i ◑ zmieniają wartość. Po wprowadzeniu nacisnąć ◕. Teraz należy wprowadzić IAS (prędkość przyrządową). Przyciski ◐ i ◑ oraz ◑ i ◒ wykorzystujemy tak samo jak wcześniej. Wprowadzoną wartość potwierdzamy ◕. Następnie wprowadza się ALT, potem BSET, następnie OAT. Po wprowadzeniu wszystkich danych odbiornik wykona obliczenia. Zostanie wyświetlony ekran TAS/WIND:



Opcja MORE

Opcja MORE

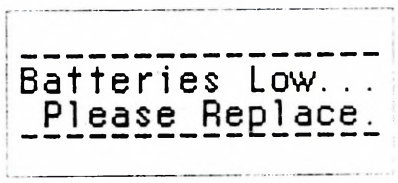
COMMANDS
polecenia

RESET HOURS
kasowanie zegara

W tym miejscu można wyzerować licznik czasu pracy baterii. Dobrze jest wykonywać tę czynność za każdym razem po wymianie baterii na nowe. Dzięki temu, łatwo możemy się zorientować, kiedy baterie zaczynają nam się wyczerpywać. Aby skasować licznik, należy nacisnąć ◕. Pojawi się pytanie (ARE YOU SURE?"). Jeżeli chcemy skasować licznik, naciskamy ◕, a na ekranie pojawia się opcja MORE. Jeżeli nie chcemy skasować zegara, naciskamy ◖. Ważne jest, by za każdym razem po wymianie baterii wyzerować zegar. Z reguły, w zależności od jakości, baterie powinny działac około 4 - 5 godzin (w trybie częstego, co 1.5s uaktualniania się), lub 5 - 8 godzin w trybie pracy oszczędnym. Niskie temperatury bardzo skracają czas wykorzystania baterii. Najlepiej używać baterii alkalicznych. Można również używać akumulatorków NiCd. Podczas korzystania z zasilacza, polecenie RESET BATTERY HOURS nie jest aktywne.

Uwaga .Jeżeli założone baterie będą tak słabe, że odbiornik nie będzie działał, nie należy ich wyjmować do czasu, aż nie będzie dostępny komplet nowych baterii. Nawet jeżeli baterie są bardzo słabe, zapewne posiadają wystarczającą ilość energii dla podtrzymania pamięci. Jeżeli baterie zostaną usunięte na czas dłuższy od godziny, wszystkie zgromadzone w niej dane zostaną skasowane.

Aby stwierdzić całkowity czas działania baterii, wystarczy w dowolnej chwili nacisnąć ◖ na kilka sekund, nie dłużej jednak, niż przez 4 sekundy, ponieważ po tym czasie odbiornik automatycznie wyłączy się. Jeżeli baterie będą już słabe, na ekranie pojawi się kmunikat informujący o tym.



GPS UPDATE RATE
częstotliwość uaktualniania pomiarów

Ten ekran umożliwia wybór częstotliwości uaktualniania pozycji. Istnieje oszczędny rodzaj pracy, korzystny przy pracy na bateriach oraz rodzaj maksymalnie aktywny. W trybie oszczędnym odbiornik aktualizuje swoją pozycję co 5 sekund, a w trybie aktywnym co 1.5 sekundy. Jeżeli zainstalowany jest eliminator baterii, odbiornik cały czas będzie aktualizował swoją pozycję co 1.5s. Aby ustalić częstotliwość pracy, należy nacisnąć ◕, a następnie wykorzystać przyciski ◘ i ◙ do ustalenia odpowiedniego rodzaju pracy. Następnie naciśnięcie przycisku ◕ spowoduje powrót do ekranu MORE.

Uwaga. Jeżeli odbiornik został ustawiony w oszczędny tryb pracy, a zasilanie zostało zmienione z baterii na zasilacz, wtedy automatycznie wejdzie w tryb pracy maksymalnie aktywny. Po załadowaniu baterii powróci do trybu oszczędnego.

AUTO SHUTOFF
automatyczne wyłączenie

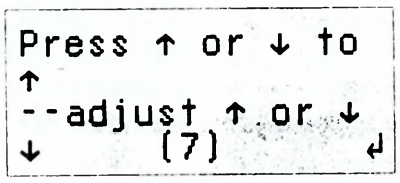
Polecenie to umożliwia wprowadzenie czasu (liczonego od ostatniego naciśnięcie któregokolwiek przycisku), po jakim odbiornik automatycznie wyłacza się. Jeżeli odbiornik będzie używany ciągle, zapewne lepiej wyłączyć tę opcję. Dzięki temu bez względu na to jak długo przyciski nie są używane, odbiornik nie wyłączy się. Po znalezieniu się na tym ekranie, pojawiają się następujące opcje: 5, 15, 30, 60, 90, lub NEVER *nigdy*. Wyboru odpowiedniej wartości dokonuje się przyciskami ◘ i ◙. Potwierdzenie przyciskiem ◕. Pojawi się ekran MORE.

Opcja MORE

COMMANDS
polecenia

SCREEN CONTRAST
kontrast

Tutaj ustala się kontrast ekranu. Po naciśnięciu ◕, przyciskiem ▲ zwiększa się, a przyciskiem ▼ zmniejsza się kontrast ekranu ciekłokrystalicznego. Po ustaleniu kontrastu należy nacisnąć ▲. Nastąpi powrót do głównego ekranu MORE.



Kontrast można także ustawić zaraz po włączeniu odbiornika (naciskając ▲ dla jego zwiększenia, a ▼ dla zmniejszenia), zanim skończy wyświetlać się ekran początkowy.

SCREENLIGHT.
podświetlenie

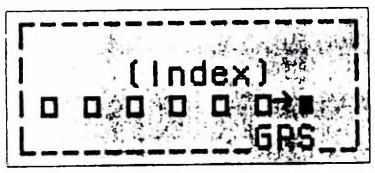
Polecenie to umożliwia włączenie podświetlania ekranu. Aby włączyć podświetlanie ekranu, wystarczy nacisnąć ◕. Nastąpi powrót do głównego ekranu MORE. Podświetlenie można także włączyć zaraz po włączeniu odbiornika poprzez naciśnięcie przycisku ▲, jeszcze zanim skończy wyświetlać się ekran początkowy. Używanie podświetlenia skraca czas pracy baterii o 50%. Jeżeli istnieje potrzeba włączenia podświetlenia w dowolnej chwili, wystarczy równocześnie nacisnąć przyciski ◐ oraz ▲.



Opcja GPS

Opcja GPS

GPS

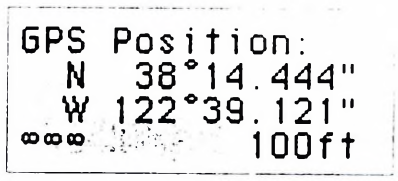


COMMANDS
Polecenia

*Set Altitude
ustal jednostki wysokości

Naciśnij ❍ w dowolnym momencie w opcji GPS, aby uzyskać dostęp do poleceń.

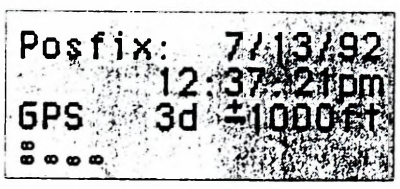
Ekran GPS wyświetla aktualną pozycję we współrzędnych zdefiniowanych przez użytkownika. Rodzaj współrzędnych definiuje się poleceniem CUSTOMIZING w opcji MORE. Typowym ustawieniem jest LAT/LON (szerokość/długość) w minutach. Informacje o odpowiednich typach współrzędnych znajdują się w DODATKU A.Ten ekran informuje o ilości satelitów z którymi współpracuje odbiornik, oraz ilu jeszcze satelitów potrzebuje do określenia swojej pozycji. Ikony sateliówt w dolnym lewym rogu sygnalizują, ile satelitów zostało namierzonych. Odbiornik jest w stanie odbierać sygnały maksymalnie z ośmiu satelitów. Trzy satelity wystarczają do określenia pozycji, jednak odbiór sygnałów czterech satelitów umożliwia określenie bardziej dokładnych współrzędnych. Przy odbiorze sygnałów trzech satelitów należy podać poleceniem SET ALTITUDE swoją wysokość. Naciśnięcie przycisku ❶ w dowolnej chwili umożliwia zorientowanie się, ile satelitów jest odbieranych. Wystarczy go na chwilę nacisnąć i policzyć ikony w dolnym lewym rogu ekranu.



Dodatkowe informacje o aktualnej pozycji zostają wyświetlone po naciśnięciu przycisku ❹. Zostaje wyświetlona informacja, (godzina i data), kiedy pozycja była ostatnio uaktualniona. Oprócz tego podawana jest informacja czy określenie pozycji jest dwu- czy trójwymiarowe.

Jeżeli nie odbierasz sygnałów co najmniej trzech satelitów, zostaje wyświetlona informacja o pozycji, na której ostatni raz odbierana była wystarczająca liczba satelitów.

Czasami można odbierać sygnały trzech lub czterech satelitów, a mimo to pojawi się komunikat "POOR SATELLITE GEOMETRY". *nieodpowiednie rozłożenie satelitów*. Oznacza to, że odbierana jest wystarczająca ilość satelitów, jednak ich ustawienie nie jest odpowiednie do wyliczenia dokładnej pozycji. Warunki te ulegają poprawie, jak tylko satelity znajdą się w takim wzajemnym położeniu które umożliwi dokładne wyliczenie pozycji.

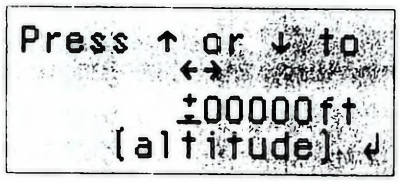


SET ALTITUDE COMMAND
wprowadzanie wysokości

COMMANDS
polecenia

Jeżeli odbierane są sygnały trzech satelitów, należy ręcznie wprowadzić aktualną wysokość w celu wyliczenia dokładnej pozycji. Po odebraniu sygnałów czwartego satelity, ręcznie wprowadzona wysokość zostaje zastąpiona wysokością wyliczoną przez odbiornik. Wysokość wyliczana jest z dokładnością do 30,5m.

Poleceniem ENTER ALTITUDE wprowadza się nową wysokość. W tym celu należy nacisnąć ◕. Pojawi się ekran, na którym kursor miga pod znakiem +/-



Błąd wyliczenia wysokości może sięgnąć nawet 350m przy trójwymiarowych współrzędnych. Zależy to od PDOP, SA oraz ilości odbieranych satelitów. Zmianę wysokości wykonuje się przyciskami ◀ i ▶ oraz ▲ i ▼. Jeżeli znajdujemy się poniżej poziomu morza, należy również zmienić znak na (-). Po wrowadzeniu aktualnej wysokości, należy nacisnąć ◕. Nowa wysokość zostanie wprowadzona, a na ekranie wyświetli się główny ekran opcji GPS. Współrzędne pozycji będą wyliczane z wykorzystaniem wprowadzonej wysokości do momentu, w którym odbiornik odbierze sygnały czterech satelitów.

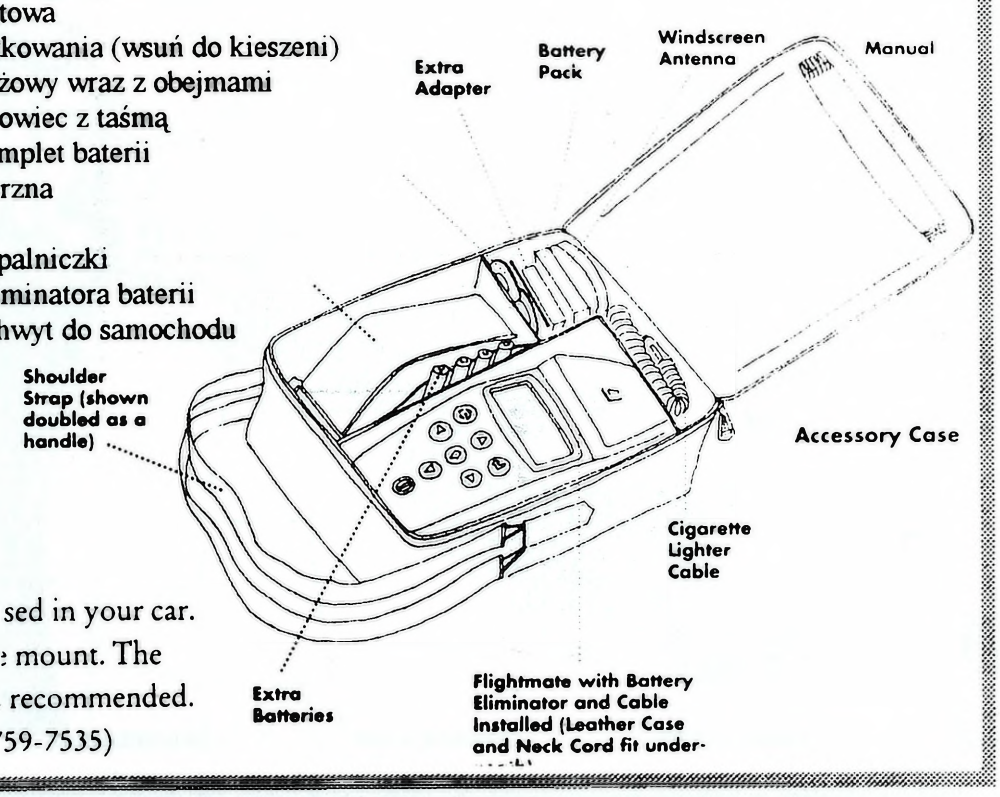
THE ACCESSORY KIT
ukompletowanie

ACCESSORY INSTALLATION INSTRUCTIONS
Instrukcja montażu podzespołów

1. Otwórz torbę transportową.
2. Zapakuj do niej odbiornik wraz z dodatkami tak jak widać to na rysunku.

*Torba transportowa
*Instrukcja użytkowania (wsuń do kieszeni)
*Uchwyt montażowy wraz z obejmami
*Skórzany pokrowiec z taśmą
*Dodatkowy komplet baterii
*Antena zewnętrzna
*Zasilacz
*Przewód do zapalniczki
*Przewód do eliminatora baterii
*Dodatkowy uchwyt do samochodu

3. Torba transportowa jest przystosowana do noszenia na ramieniu. Jeżeli ma być noszona w ręce, wystarczy podwójnie złożyć pasek.

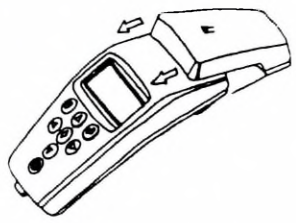


sed in your car.
: mount. The
. recommended.
'59-7535)

ACCESSORY INSTALLATION INSTRUCTIONS
instrukcja montażu podzespołów

1. Usuń z odbiornika pojemnik z bateriami, a na jego miejsce wsuń eliminator baterii.

Uwaga. Nie podłączaj zasilania do zasilacza zanim nie znajdzie się na właściwym miejscu.



2. Nasuń złącze anteny zewnętrznej na górną powierzchnię odbiornika tak, aby trzy wybrzuszenia pod spodem odbiornika zaskoczyły w otwory złącza.

3. Podłącz przewód eliminatora baterii z jednym z dwóch gniazd złącza anteny. Po podłączeniu zasilania zapali się zielona dioda na eliminatorze baterii.

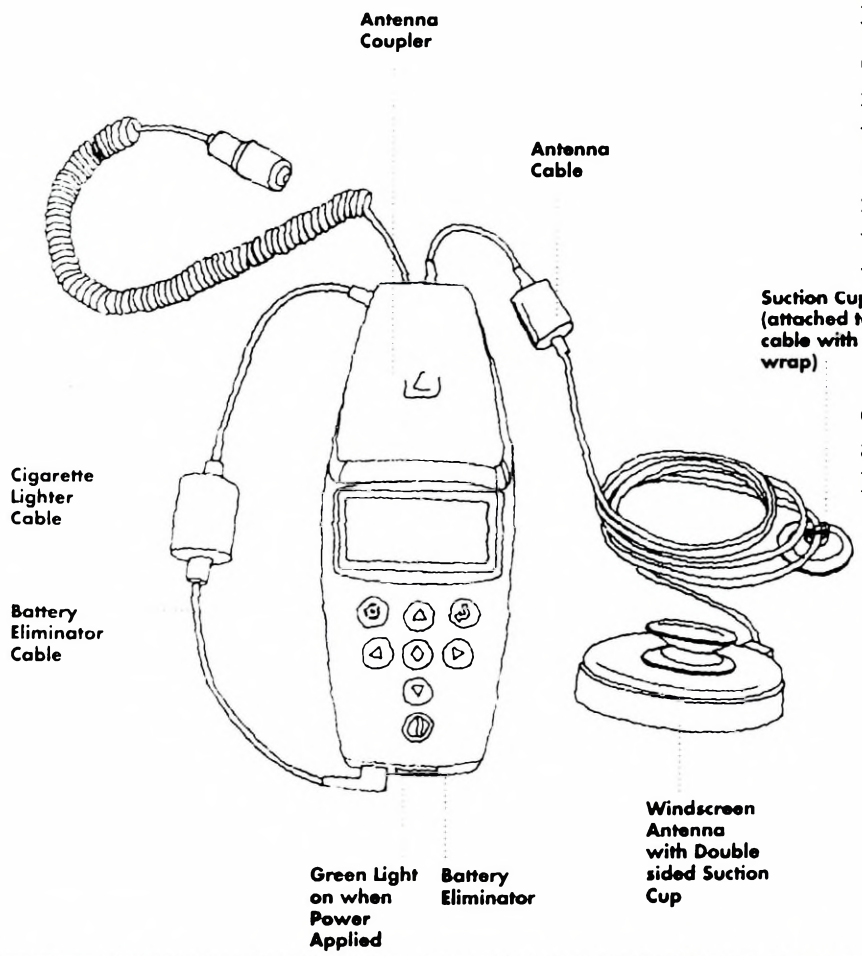
Uwaga. Eliminator baterii posiada wbudowany akumulatorek który podtrzymuje zasilanie odbiornika w czasie, gdy jest odłączony od zasilania zewnętrznego.

4. Połącz kabel zasilający z wolnym gniazdem w złączu anteny i z gniazdem zapalniczki, lub innym źródłem energii elektrycznej. Zasilacz pracuje przy zasilaniu 9 do 32 Volt prądu stałego. Wtyczka łącząca z gniazdem zapalniczki zawiera wymienny bezpiecznik. Zestaw pobiera prąd o natężeniu 200 mA przy zasilaniu 12V.

5. Połącz kablem antenę ze złączem. Ostrożnie wsuń wtyczkę.
Uwaga. Aby zestaw działał prawidłowo, zasilanie należy podłączyć do złącza anteny.

6. Użyj zacisków do zabezpieczenia przewodów na sterownicy. Nie owijaj przewodu antenowego dookoła sterownicy!
Uwaga. Nie zawsze istnieje potrzeba użycia przyssawek. Antena może pracować bardzo dobrze, położona na płaskiej powierzchni na tablicy przyrządów, w miejscu z którego doskonale widać horyzont.

7. Tak zamocuj przewód antenowy, aby nie ograniczał ruchów sterownicy. Zamocuj jedną przyssawkę do wiatrochronu na wprost sterownicy, tak aby przewód nie mógł być nią zahaczony w trakcie sterowania. Drugą przyssawkę zamocuj na wiatrochronie w podobny sposób, tak, by przewód antenowy nie przeszkadzał. Spójrz na rysunek na stronie 45. Zawsze przed zamocowaniem przyssawki dokładnie wyczyść wiatrochron, a także użyj małej ilości wazeliny w celu uzyskania maksymalnego efektu.

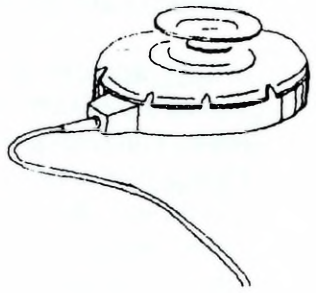


8. Przeciągnij przez otworki w przyssawkach obejmy, do których zamocujesz przewód antenowy. Po zamocowaniu przewodu, odetnij luźne końcówki obejm.

ACCESSORY INSTALLATION INSTRUCTIONS

instrukcja montażu podzespołów

9. Jeżeli chcesz zamocować zewnętrzną antenę do wiatrochronu, powinieneś przymocować dwustronną przyssawkę do anteny zewnętrznej, a natępnie do szyby wiatrochronu. Należy tak przymocować antenę, by miała jak najlepszą widzialność horyzontu. Przy bardzo niskiej temperaturze na zewnątrz, przyssawka może nie funkcjonować. W tej sytuacji najlepiej położyć antenę na płaskiej powierzchni w pobliżu wiatrochronu. Dla uzyskania najlepszych parametrów pracy, nie należy umieszczać anteny bliżej niż 0,45m od odbiornika, a najlepiej z przodu i powyżej niego.



PROBLEMY I RADY

1. Jeżeli odbiornik nie odbiera sygnałów wystarczającej ilości satelitów, należy przemieścić antenę w inne miejsce na wiatrochronie. Czasami antena umieszczona po stronie pasażera ma możliwość odbierania większej ilości satelitów. Sprawdź poleceniem STELLITE DATA jakość odbieranych przez odbiornik sygnałów, przemieść antenę w miejsce najlepszego odbioru sygnałów.

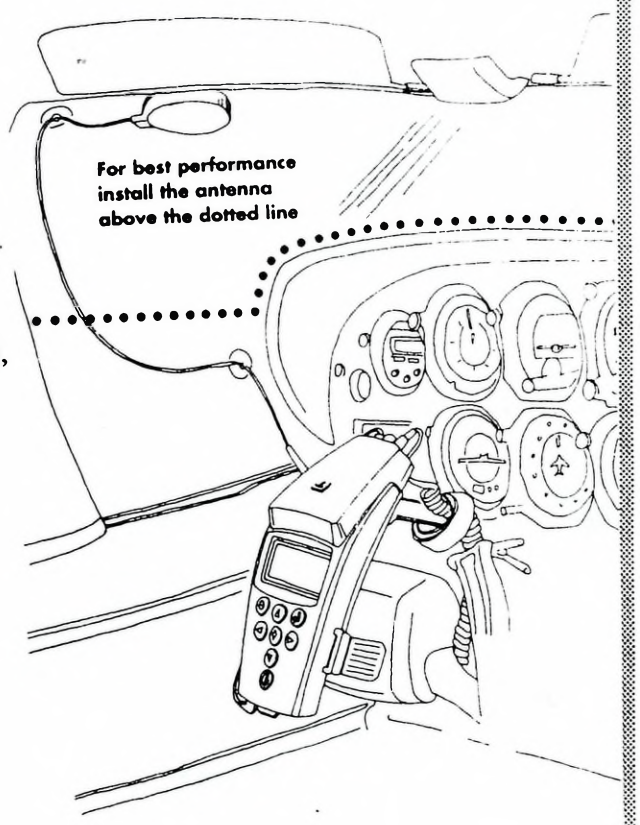
2. Zainstaluj antenę tak, jak to widać na rysunku obok, najlepiej powyżej odbiornika.

3. Przy składaniu kompletu do torby podróżnej, postaraj się nie demontować przewodu antenowego od złącza zestawu.

4. Przewód antenowy nie powinien być zaginany.

5. Sprawdzaj pewność połączenia ze sobą podzespołów zestawu.

6. Jeżeli dostosowałeś się do tych zaleceń, a zestaw nie działa prawidłowo, zwróć się do naszego działu sprzedaży.



WYKORZYSTANIE ZASILANIA AKUMULATOROWEGO

1. Jeżeli samolot nie posiada gniazda zapalniczki, lub gniazdo to jest niesprawne, to za cenę 49 $ (plus 6.50 $ za przesyłkę) można dokupić akumulator, który zapewnia zasilanie przez czas około 15h. Do akumulatora dołączony jest zasilacz sieciowy.

2. Przy pakowaniu torby transportowej zasilacz akumulatorowy można zamocować pod jej dnem. Przez odpowiedni otwór w torbie można wypuścić przewód łączący z odbiornikiem.

3. W samolocie najlepiej pozostawić zasilacz akumulatorowy w schowku pod siedzeniem, a przewód zasilający podłączyć do wtyczki odbiornika.

Uwaga. Należy zwrócić uwagę, aby końcówkę przewodu akumulatora podłączać do eliminatora baterii oraz do gniazda zasilającego typu zapalniczka.

DODATEK A

RODZAJE WSPÓŁRZĘDNYCH

Współrzędne określają położenie geograficzne na powierzchni Ziemi, dzięki czemu może ono być przeniesione na mapę. Rozróżnia się współrzędne sferyczne, gdzie południki i równoleżniki opasują Ziemię, oraz współrzędne prostokątne, (UTM) w układzie Mercatora. Współrzędne w stylu Mercatora są szeroko rozpowszechnione w świecie pomiędzy 80 stopniem równoleżnika północnego i południowego. Oprócz tych dwóch rodzajów współrzędnych w Wielkiej Brytanii wykorzystuje się układ OSGB. Gdy ustawiony jest układ OSGB, system odwzorowania zmienia się na Great Britain '36.

SYSTEMY ODWZOROWANIA

Systemem odwzorowania nazywa się matematyczny opis trójwymiarowej powierzchni Ziemi na płaszczyźnie. Wiele państw stosuje własne systemy odwzorowania powierzchni. Jeżeli nie korzystasz z lokalnego systemu odwzorowania, błąd określenia aktualnej pozycji może dojść do wielkości 1 km. Odbiornik posiada w pamięci 124 rodzaje systemów odwzorowania, które można wybrać w opcji MORE, poleceniem CUSTOMIZING OPTIONS. Typowym ustawieniem jest WGS-84, który jest aktualny dla większości krajów świata. Jeżeli nie odpowiada ci ten system, odszukaj odpowiedni w rozdziale o nawigacji.



Datums

Odwzorowania

dindan N. Africa
AFG (Somalia)
Ain El Abd 1970
Alaska <NAS-D>
Alaska/Can. NAD27
Anna 1 Astro 65
ARC-1959 mean v
ARC-1960 mean v
Ascension Isl. 58
Astro B4 Sor. Atol
Astro BeaconE
Astro Pos 71/4
Astro Station 52
Australian Geo66
Australian Geo 84
Bahamas (NAD-27)
Bellevue (IGN)
Bermuda 1957
Bogota Observatory
Bukit Rimpah
Camp Area Astro
Campo Inschauspe
Canada mv (NAS-E)
Canal Zone (NAD27)
Canton Island 66
Cape (S. Africa)
Cape Canaveral mv
Caribbean (NAD27)
Carthage, Tunisia
Central Am. NAD27
Chatham 1971
Chua Astro (Para.)
Corrego Alegre COA
Cuba (NAD27)
Cyprus
Djakarta, Batavia
DOS 1968, Gizo I
Easter Island
Egypt <EUR-F>
European 1950
European 1950 mv
European 1979 mv
Finnish Nautical
G. Segara Borneo
G. Serindung 1962
Gandajika Base
Geodetic Base
Geodetic Basum 49
Ghana , Africa
Great Britain 36
Greenland (NAD27)
Guam Island 1963
GUX1 Astro Guad.
Herat N., Afghan.
Hjorsey 5555 Iceland
Hong Kong 1963
Hu Tzu Shan, Taiwan
Indian <IND-M>
Iran <EUR-Ib
Ireland 19655
ISTS 073 Astro 69
lohnston Island 61
Kandawala S. Lan
Kerguelen Island
Kertau 48 Malayan
L.C. 55 Cayman Brac
La Reunion, Masc.
Liberia 1964
Luzon Philipines
Mahe 71 Seychelles
Marco Astro
Masirah Island
Massawa, Eritrea
Merchich, Morocco
Mexico (NAD27)
Merchich, Morocco
Mexico (NAD27T)
Merchich, Morocco
Mexico (NAD27T)
Midway Astro 61
Mindanao (Luzon)
Minna, Nigeria
Montjong, Celebes
N-Am . 1983
(NAD83)
N-Am. 1927
CONUSmv
Nahrwan Saudi A.
Namibia, Africa
Naparima B WI (T+T)
Observatorio 1966
Old Egyptian
Old Hawaiian Kauai
Old Hawaiian, Maui
Old Hawaiian, mean
Old Hawaiian, Oahu
Oman @FAH@
Pico De Las Nieves
Pitcaim Astro 6@
Puerto Rico
@omoq Kal. Nunaat
@uatar National
Rome -40 Sardinia
S Chilean 1963
S-American 56mv
S-American 69mv
S. Asia Singapore
S. Asia (Indian)
SAD6 9, Brazil IBGE
Santa Braz Azores
Santo DOS, Vanuatu
Sapper Hill 1948
Scharzeck Namibia
Sicily <EUR-J>
Sierra Leone 60
Southwest Base
Tananarive Ob. 25
Thai/Viet <IND-A>
Timbalai 1948
Tokyo, mean value
Tristan Astro 68
U. Arab Emirates
VitiLevu 16, Fiji
Voirol (Alg+Tun)
Wake-Eniwetok 60
WGS-72 (World)
WGS-84 (World)
Yacare, Uruguay
Zandrij, Suriname

DODATEK B

POMOC I UWAGI

Dlaczego odbiornik wyłącza się właśnie w momencie, gdy chcę zapamiętać swoją pozycję? *Przejdź do polecenia AUTO SHUT- OFF w opcji MORE, a następnie wyłącz polecenie automatycznego wyłączania ekranu.*

Czy mogę wykorzystać obejmy, jeżeli nie mam w samolocie wolantu? *Obejmy są uniwersalne, dzięki czemu mogą się przydać do zamocowania odbiornika w innym miejscu.*

W jaki sposób mogę w ciemnościach włączyć podświetlenie ekranu? *Szybkim i prostym sposobem na podświetlenie ekranu jest naciśnięcie przycisku ◐ zaraz po włączeniu odbiornika, lub w trakcie pracy - równocześnie naciskając przyciski: ⏻ oraz ◐.*

W jaki sposób mogę wprowadzić pozycję docelową, jeżeli nie znam identyfikatora lotnika ani VOR? *Wybierz opcję NEAREST. Po wyliczeniu 10 najbliższych punktów wybierz ten właściwy, a następnie naciśnij przycisk ⊛. Wybraną pozycję oznacz jako pozycję docelową, (DIRECT TO). Poza tym warto mieć zawsze przy sobie podręczny plan lotu!*

W jaki sposób mogę sprawdzić, ile satelitów odbiera odbiornik? *Najprostszym sposobem, w dowolnym momencie, jest naciśnięcie przycisku ⏻. Należy jednak nie naciskać go dłużej niż 4 sekundy, ponieważ po tym czasie odbiornik wyłączy się. Na ekranie wyświetlą się ikony satelitów. Ilość ikon określa liczbę odbieranych satelitów. Dokładniejsze informacje na temat śledzenia satelitów znajdują się w opcji MORE, pod poleceniem SATELLITE DATA.*

Dlaczego przyciski ◀ oraz ▶ nie powodują powrotu do ekranu opcji? *Z pewnością znajdujesz się na ekranie poleceń. Naciśnij ◐ aby opuścić ten ekran i wykorzystać ◀ oraz ▶ do poruszania się po opcjach.*

Dlaczego odbiornik tak długo określa pozycję? *Zmierz czas określenia swojej pozycji od momentu włączenia odbiornika.*
Przy pierwszym uruchomieniu odbiornika, lub po pozostawieniu go z wyładowanymi bateriami, albo bez zasilania, system wymaga załadowania do pamięci odbiornika szeregu danych. Zajmuje to średnio 15 do 25 minut. Jeżeli odbiornik jest cały czas zasilany, ta sytuacja ta nie powtórzy się. Jeżeli odbiornik włączysz w pomieszczeniu, a następnie wyjdziesz z nim na zewnątrz, czas ustalenia pozycji zwiększy się. Jeżeli zajmie to więcej niż 5 minut, spróbuj na chwilę odbiornik wyłączyć.

Czy można utracić własne ustalenia konfiguracji odbiornika po wyłączeniu go?
Nie, ponieważ odbiornik zachowuje w pamięci wszystkie ustalenia. Ponadto można na czas do 15 minut całkowicie odłączyć zasilanie, a wszelkie dane nie zostaną usunięte.

Odbiornik nie odbiera wystarczającej liczby satelitów, czasami odbiera różną ich liczbę w tym samym miejscu. *System GPS docelowo ma się składać z 24 satelit, w tym 3 zapasowych. Jednak w ciągu najbliższych kilku lat system nie zostanie ukończony, w związku z tym mogą zdarzać się sytuacje, kiedy będą odbierane mniej niż 4 satelity. Taka sytuacja jednak trwa niedługo, ponieważ satelity GPS krążą nieustannie nad powierzchnią Ziemi, w przeciwieństwie do satelit geostacjonarnych.*

Zgubiłem się w tych wszystkich ekranach.
Jeżeli już nie wiesz jak powrócić do głównego ekranu opcji, wyłacz odbiornik i włącz na nowo.

Co robić jeżeli antena zewnętrzna nie odbiera żadnych sygnałów z satelitów?
1. *Upewnij się, że zasilanie podłączone jest do anteny zewnętrznej.*
2. *Sprawdź bezpiecznik w przewodzie łączącym z gniazdem zapalniczki.*
3. *Sprawdź przewód antenowy. Upewnij się, że nie jest przytrzaśnięty lub złamany.*

Co robić, jeżeli bezpiecznik jest spalony?
1. *Wymień bezpiecznik.*
2. *Zawsze najpierw podłączaj eliminator baterii odbiornika, a dopiero później do zasilania.*

DODATEK C

OBSŁUGA

Staraj się nie upuszczać odbiornika. Jest wytrzymały, ale nie niezniszczalny. Unikaj uderzeń w wyświetlacz. Jest zrobiony ze szkła, powleczonego folią węglową.

Ostrożnie czyść wyświetlacz. Używaj suchej, czystej szmatki w celu uniknięcia zarysowań.

Przenoś odbiornik w torbie transportowej.

Zawsze miej załadowane sprawne baterie. Jeżeli pozostawisz w odbbiorniku baterie rozładowane, pamięć odbiornika będzie wymagała powtórnego załadowania, co zajmie 15 - 35 minut.

Trzymaj odbiornik z dala od wysokich temperatur. Unikaj bezpośredniego światła słonecznego. Nie pozostawiaj odbiornika w zaparkowanym samolocie. Wysokie temperatury powodują odbarwienie wyświetlacza, nie wpływają jednak na jakość jego pracy.

Jeżeli masz jakieś inne pytania lub uwagi dotyczące sprzętu,skontaktuj się z naszym działem serwisowym: w Europie tel. nr 44-25-6-760-150

Jeżeli z jakiegoś powodu musisz wysłać przyrząd do naszego zakładu, najpierw dowiedz się u swojego dealera o numer RMA, a następnie napisz go na opakowaniu przesyłki.

Przesyłkę zaadresuj w ten sposób:
Service and Support Departament
RMA #
Trimble Navigation
570 Maude Court
Sunnyvale, CA 94086

DODATEK D

DANE TECHNICZNE

Możliwości :
Ogólnoświatowa baza danych lotniczych;
Polecenie NEAREST odszukuje 10 najbliższych lotnisk,VOR, lub pozycji użytkownika;
Polecenie DIRECT TO (lot do);
Wyświetlanie współrzędnych i wysokości;
Możliwość wprowadzenia 100 własnych pozycji, dwóch odcinków lotu;
Podawanie prędkości, ETE, ETA, zboczenia z trasy;
Wyliczanie składowej wiatru;
Data i godzina (format 24h/12h);
Podawanie dwu- i trójwymiarowych współrzędnych;
124 systemy odwzorowania, 2 systemy ustalane przez użytkownika;
Wybór pomiędzy kierunkiem magnetycznym i geograficznym;
Wbudowany pomocnik;

Dane techniczne:
Wymiary: 8.4 x 17.3 x 3.3cm
Waga: 397gram wraz z bateriami
Zasilanie: 4 baterie R6. Czas pracy do 6h, do 8h w trybie oszczędnym
Wyświetlacz: 4 linie po 16 znaków, ciekłokrystaliczny
Antena: Wbudowana, opcjonalnie antena zewnętrzna.
Temperatura pracy: 0 - 60 C
Temperatura przechowywania: -20- +70 C
Max wysokość pracy: 13 000m
Bazy danych: około 12 000 lotnisk
3 100 VOR
100 pozycji użytkownika

Charakterystyka odbiornika GPS:
Mikroprocesor 16 bitowy;
Trójkanałowy odbiornik cyfrowy systemu GPS;
Możliwość śledzenia do 8 satelitów;
Czas wejścia do pracy: ok. 2min.;
Czas powtarzania obliczeń:
1.5s - przy zasilaniu zewnętrznym;
1.5 lub 5s - przy zasilaniu z baterii
Dokładność: pozycja 15m RMS
prędkość 0.1m/s RMS
Śledzenie dynamiczne: prędkość 0-999 węzłów
przyspieszenie: 2g ;

DODATEK E

SŁOWNICZEK

Airport Database. ***Odbiornik posiada w pamięci pozycje prawie 12 100 lotnisk. Baza danych o lotniskach oparta jest na katalogu Jeppesen 424. Pozycja geograficzna lotniska to współrzędne jego środka. Baza zawiera także dane na temat przewyższenia każdego lotniska nad poziom morza.***

Almanac. ***Almanach GPS zawiera wszelkie informacje na temat układu satelitów systemu GPS. Zostaje załadowany do pamięci odbiornika w trakcie śledzenia jednego satelity przez czas dłuższy niż 12,5 minuty.***

Bearing. ***Kurs. Jest to kierunek w jakim trzeba lecieć, aby dolecieć z jednego miejsca do drugiego, zwykle mierzony zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Kurs mierzy się od południka magne tycznego lub geograficznego .***

Character. ***Znak. Litera,cyfra lub symbol który można zmieniać w ekranie opcji za pomocą przycisków.***

Course. *Kurs. Kierunek w jakim musisz podążać, aby trafić do celu.*

Course Over Ground. *Kurs rzeczywisty, z jakim porusza się samolot po uwzględnieniu warunków atmosferycznych.*

Cross Track Error. *Wielkośc odchylenia od nakazanego kursu.*

Datum. *Matematyczny model kuli ziemskiej. Eliptyczne (lub sferyczne) odzwierciedlenie powierzchni Ziemi.*

Elevation Angle. *Kąt elewacji zawarty pomiędzy powierzchnią Ziemi a satelitą.*

ETA. *Oczekiwany czas przybycia. Jest to dokładny czas o jakim powinieneś znaleźć się nad punktem docelowym, wyliczony dla aktualnych parametrów lotu.*

ETE. *Oczekiwany czas dolotu. Jest to oczekiwany czas po jakim powinieneś znaleźć się nad punktem docelowym, **wyliczany** dla aktualnych parametrów lotu*

Range. ***Odległość. Określona odległość pomiędzy dwoma punktami, np.: pozycją aktualną, a docelową.***

Scroll. ***Przewijanie. Używanie przycisków*** ▲ i ▼ ***umożliwia przemieszczanie się po opcjach.***

SV. *Jedno z oznaczeń satelitów znajdujących się w kosmosie. Litery SV poprzedzają numer identyfikacyjny satelity, wyświetlany na ekranie DATA w opcji MORE.*

User Database. *Baza użytkownika. W tej bazie przechowujesz potrzebne ci dowolnie zdefiniowane pozycje, uzyskane zarówno poprzez dwukrotne naciśnięcie przycisku DIRECT TO @ , jak też poprzez polecenia CREATE WAYPOINT, OFFSET FROM, lub COPY WAYPOINT. Można także skopiować do niej pozycje z bazy lotnisk lub VOR>*

VOR *Database. Baza VOR. Baza ta zawiera ponad 3 100 pozycji VOR z całego świata.*

DODATEK F

Jak pracuje GPS.

Na system GPS składa się konstelacja satelitów krążących w odległości 11 000 mil (17 000 km) od Ziemi. Ten skomplikowany system satelitów bazując na prostych regułach geometrycznych, umożliwia nam prowadzenie bardzo dokładnej nawigacji lotniczej, lądowej i morskiej. Docelowo system będzie się składał z konstelacji 24 satelitów, dzięki czemu z dowolnego miejsca na, lub nad powierzchnią Ziemi, o dowolnej porze doby, roku, co najmniej cztery satelity będą widoczne. Cztery satelity są niezbędne odbiornikowi GPS, (takiemu jak Flightmate) do wyliczenia dokładnej pozycji geograficznej, która także zawiera wysokość.

Każdy satelita, w trakcie przemieszczania się po nieboskłonie, wysyła sygnały radiowe, odbierane przez odbiorniki systemu GPS znajdujące się w zasięgu widzialności anten. Satelity systemu GPS okrążają Ziemię dwukrotnie w ciągu doby, w przeciwieństwie do satelitów telekomunikacyjnych, które stale znajduję się na tej samej pozycji nad powierzchnią Ziemi.

Odbiornik GPS wylicza swoją pozycję poprzez dokładny pomiar czasu, jaki jest potrzebny, aby sygnał wyemitowany przez satelitę GPS dotarł do odbiornika. Ponieważ promieniowanie elektromagnetyczne rozprzestrzenia się z prędkością światła, więc czas po jakim sygnał dotrze do odbiornika może być wykorzystany do wyliczenia dokładnej odległości od nadajnika do odbiornika.

Odbiorniki GPS i satelity są w stanie równocześnie wygenerować identyczny sygnał czasu. Odbiornik przekształca swój kod tak długo, aż dopasuje go do kodu satelity. Czas jaki jest potrzebny do dopasowania własnego kodu, jest równy różnicy czasu jaka istnieje pomiędzy satelitą i odbiornikiem. Pochodna różnicy czasu określa aktualną odległość od satelity.

Mając do dyspozycji odległość do trzech lub czterech satelitów, pozycja odbiornika zostaje wyliczona z wykorzystaniem wzorów trygonometrycznych. Trygonometria jest dziedziną geometrii, pozwalającą w prosty sposób wyliczyć położenie poprzez pomiar odległości do innych, znanych punktów. W przestrzeni trójwymiarowej - długość, szerokość i wysokość - odbiornik GPS potrzebuje dokładną odległość do co najmniej czterech satelitów aby precyzyjnie móc wyliczyć swoje położenie geograficzne. GPS umożliwia wyliczenie pozycji z dokładnością do 15m.

1. Zwięzły sposób na tłumaczenie w jaki sposób, mając dane cztery odległości do różnych satelitów, odbiornik jest w stanie wyliczyć pozycję na Ziemi. Wyobraźmy sobie sferę. Jeżeli wiemy że znajdujemy się 13 000 mil (20 000 km) od satelity A, więc znajdujemy się gdzieś na powierzchni sfery której środkiem jest satelita A.

2. Następnie, wiedząc że znajdujemy się 15 000 mil (23 000 km) od satelity B, więc znajdujemy się gdzieś na elipsie powstałej na przecięciu się sfer od satelity A i B.

3. Sfera nakreślona od trzeciego satelity C, ogranicza nasze miejsce do dwóch punktów, w których przenikają się trzy sfery. Sfera o promieniu równym odległości do satelity czwartego eliminuje błędną pozycję i wyznacza wysokość. Aby wyeliminować błędną pozycję, zamiast mierzyć odległość do czwartego satelity, wystarczy podać swoją wysokość.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 60519
II
Akademii Obrony Narodowej

Aby uzyskać bardziej szczegółowe informacje o systemie GPS, należy wysłać do nas kartę gwarancyjną, a my prześlemy bezpłatny egzemplarz książki: "Przewodnik po dodatkowych narzędziach".