AKADEMIA
OBRONY NARODOWEJ

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 53580
Akademii Obrony Narodowej

ASPEKTY STOSOWANIA SYSTEMÓW SATELITARNYCH W SZKOLENIU TAKTYCZNO-OPERACYJNYM SIŁ POWIETRZNYCH

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/3432
05-003432-003-0

53580

WARSZAWA 1997

A K A D E M I A O B R O N Y N A R O D O W E J

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OP

Egz. 1. 53580

ASPEKTY STOSOWANIA SYSTEMÓW SATELITARNYCH W SZKOLENIU TAKTYCZNO - OPERACYJNYM SIŁ POWIETRZNYCH

W A R S Z A W A 1 9 9 7

Egz. .....

SPIS TREŚCI

WSTĘP 3

1. GENEZA ROZWOJU I STAN SYSTEMÓW SATELITARNYCH 5
   1.1. Uwarunkowania fizyczne funkcjonowania satelitów 9
   1.2. Satelity rozpoznawcze 36
   1.3. Satelity meteorologiczne 57
   1.4. Satelity nawigacyjne 61
   1.5. Satelity telekomunikacyjne 73

2. POTRZEBY I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTYWANIA SATELITÓW W SZKOLENIU TAKTYCZNO - OPERACYJNYM SIŁ POWIETRZNYCH 88
   2.1. Rozpoznanie satelitarne 104
   2.2. Prognozowanie warunków atmosferycznych za pomocą obrazów satelitarnych 121
   2.3. Możliwości wykorzystywania nawigacyjnych namiarów satelitarnych 125
   2.4. Możliwości wykorzystywania łączności satelitarnej 137

3. DOCELOWE WYKORZYSTYWANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH PRZEZ SIŁY POWIETRZNE RP W SZKOLENIU TAKTYCZNYM I OPERACYJNYM 144
   3.1 Założenia do wykorzystywania militarnego systemów satelitarnych przed i po pełnej integracji z NATO 146
   3.2 Wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym załóg statków powietrznych 155
   3.3. Wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu dowództw i sztabów sił powietrznych 165

ZAKOŃCZENIE 184
BIBLIOGRAFIA 185
ZAŁĄCZNIKI 186

WSTĘP

Zainteresowanie Sił Zbrojnych RP systemami satelitarnymi miało dotychczas w zasadzie charakter teoretyczny. Krótko posiadały one naziemne stacje do łączności satelitarnej[1]. Poza tym używane są „pojedyncze" wskaźniki nawigacyjne na statkach powietrznych, wykorzystujące namiary satelitów systemu GPS NAVSTAR[2].

Kosmos może być bezkresnym teatrem wojny. Dotychczas nie był on areną starć zbrojnych między ludźmi. Tym niemniej już funkcjonują w kosmosie liczne systemy satelitarne, zaliczane do szeroko rozumianej logistyki (rozdział 1 tego studium). Funkcjonują one od kilkudziesięciu lat, bowiem pierwsze satelity umieszczono na orbitach wokółziemskich na początku lat sześćdziesiątych. W niektórych państwach powstały dowództwa operacji kosmicznych i specjalizowane środki niszczenia obiektów kosmicznych. Na szczęcie żadne państwo świata nie deklaruje tworzenia broni kosmicznych o charakterze ofensywnym. Trwa natomiast wyścig w tworzeniu coraz doskonalszych systemów satelitarnych, które umożliwiają zwielokrotnianie efektywności naziemnych systemów uzbrojenia sił zbrojnych. Aby osiągać ten wzrost efektywności siły zbrojne, w tym siły powietrzne muszą być szkolone w wykorzystywaniu systemów satelitarnych (rozdział 2).

---

[1] Radiostacje produkcji „radzieckiej" R-440 (końcowe 1 pojazd - węzłowe 5 pojazdów). Znajdowały się w wyposażeniu dowództwa frontu, dowództw rodzajów sił zbrojnych i armii (OW). Tuż przed rozwiązaniem Układu Warszawskiego Polska zwróciła je dostawcy.

[2] Systemowi temu poświęcono poważną część punktu 1.4. niniejszego studium.
W. Świątnicki, Z. Świątnicki. Wojna w kosmosie? MON, 1990, s. 197 i 320.

Niniejsze studium, przedstawiające wyniki pracy badawczej zespołu autorskiego, inspirowane było potrzebą przygotowywania sił powietrznych RP do wykorzystywania systemów satelitarnych. Wstąpienie Polski do NATO otworzy niewątpliwie dostęp do systemów amerykańskich i europejskich. Autorzy przewidują, że dostęp ten będzie przynosił pożądane skutki jeśli siły powietrzne pozyskają odpowiedni sprzęt oraz wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne. Wiedza teoretyczna należy do sfery działań pierwotnych. Aby kupić odpowiedni sprzęt lub produkować komponenty własne,trzeba najpierw określić do czego ten sprzęt jest potrzebny oraz wybrać opcję najkorzystniejszą pod względem efektywności taktyczno - technicznej i ekonomicznej.

Kosztuje sprzęt i wdrażanie wiedzy. Zadanie pierwsze można względnie szybko zrealizować. Wiedzy i umiejętności nie można upowszechnić szybko. Potrzebne są lata i to uzasadnia celowość eksponowania badań oraz upowszechniania wiedzy o wojskowych aspektach wykorzystywania militarnego systemów satelitarnych.

Podejmując badania zespół przyjął szereg hipotez, ale jedna z nich dominowała. Założono mianowicie, że wyposażenie sił powietrznych (statków powietrznych i punktów dowodzenia) w niezbyt kosztowne odbiorniki odbierające transmisje satelitarne nie tylko podwyższy efektywność bojową tego rodzaju sił zbrojnych, ale umożliwi również obniżenie kosztów szkolenia pokojowego. Wyniki weryfikacji (pozytywnie) umożliwiły sformułowanie postulatów przedstawionych w rozdziale trzecim.

Wstąpienie Polski do NATO spowoduje niewątpliwie konieczność ponoszenia pewnych wydatków na wspólne cele obronne. Ich wysokość będą ustalali kolektywnie sojusznicy. Oni też tworzyć będą ogólne prerogatywy bezpieczeństwa militarnego. Od zaangażowania każdego członka będą zależały wyniki jego aktywności w wykorzystywaniu infrastruktury paktu. Takie przesłanie legło u podstaw niniejszego studium.

1. GENEZA ROZWOJU I STAN SYSTEMÓW SATELITARNYCH

W bezchmurną noc można śledzić wzrokowo sztuczne satelity[3] Ziemi okrążające nasz glob. W kosmosie krąży już kilkanaście tysięcy obiektów, w tym „zagubione" przedmioty. Nas interesują obiekty - satelity użytkowe, a więc kapsuły (stacje), a raczej zbiory satelitów zawierające aparaturę służącą rozpoznawaniu, meteorologii, nawigacji i łączności. Zbiory satelitów nazywane są systemami i umieszcza się je na wcześniej zaprogramowanych orbitach[4].

Niezależnie od sojuszów i sympatii między narodami, każde państwo, a szczególnie mocarstwo, ma swoje interesy. Nikt nie lubi tracić prestiżu, wpływów i korzyści z tytułu uprzywilejowanej pozycji. O utrzymanie wpływów zabiega się różnie. Jeżeli nie ma się monopolu atomowego, to może warto mieć monopol kosmiczny? Każde państwo dąży do wykorzystania szans, jakimi dysponuje. Możliwość opanowania kosmosu jest wielką szansą. Dostrzega ją wielu.

Rozpoczęcie działań zmierzających do militaryzowania kosmosu było nie tylko osiągnięciem naukowym i technicznym, ale również aktem politycznym o ogromnym znaczeniu. W latach sześćdziesiątych znacznie przyspieszone programy kosmiczne oraz moment lądowania Amerykanów na Księży-

---

[3] Satelita sztuczny, sztuczny księżyc, obiekt wprowadzony przez człowieka na orbitę wokół planety lub jej naturalnego satelity ...
Encyklopedia powszechna PWN. Warszawa 1976. T. 4, s. 142.

[4] Orbita (łac.), droga, po której porusza się pod wpływem wzajemnego przyciągania np. planeta lub kometa wokół Słońca, satelita wokół planety, gwiazda wokół centrum Galaktyki lub elektron wokół jądra atomu ...
Tamże, T. 3, s. 387.

cu. Nie pozostało też bez wpływu na dalsze wyniki rywalizacji w tej dziedzinie.

Program SDI[5] był od początku zamierzonym narzędziem zniszczenia sytuacji patowej w stosunkach polityczno-militarnych świata. Program ten stał się pierwszym krokiem na drodze do realizacji dążeń od dawna wyrażanych przez czołowe osobistości w Stanach Zjednoczonych[6]. Z politycznego punktu widzenia SDI wnosi nową jakość. Wszelka działalność wojskowa w kosmosie narusza stan równowagi militarnej, a więc także politycznej. Trudno nie zdawać sobie sprawy z możliwych skutków zbrojeń kosmicznych. Nieuchronnie prowadzą one do zburzenia wcześniej istniejących stosunków politycznych i zmuszają państwa, przeciw którym umieszczana jest w kosmosie broń, do poczynienia odpowiednich kroków. Liczenie na to, że kraje, których położenie geopolityczne zostanie zagrożone wskutek zbrojeń kosmicznych, pozostaną bierne, byłoby co najmniej przejawem naiwności.

Polityka toruje drogę zbrojeniom lub je hamuje. Zależy to od ogółu stosunków między państwami. Istnieje oczywiście przemożny wpływ kół wojskowo - przemysłowych na kształtowanie polityki w wielu rozwiniętych krajach współczesnego świata. Wśród różnych czynników ważną rolę odgrywa też aspekt wojskowy. Ludzie odpowiedzialni za obronność danego kraju czynią wszystko, aby jego siły zbrojne były zdolne zapewnić mu bezpieczeństwo. I do czasu rezygnacji ludzkości z rozstrzygania sporów za pomocą wojny bądź szantażu wojennego-odwieczna funkcja sił zbrojnych nie ulegnie zmia-

---

[5] Strategic Defense Initiative (SDI) - Inicjatywa Obrony Strategicznej.

[6] W 1960 r. ówczesny prezydent Stanów Zjednoczonych mówił „(...) panowanie w kosmosie stanowić będzie treść naszej polityki w najbliższym dziesięcioleciu (...). Państwo, które pierwsze zapanuje w kosmosie, będzie również dominować na Ziemi".

Generał Rietland zapytany, dlaczego Stany Zjednoczone dążą do opanowania kosmosu, oświadczył: „(...) nie dlatego, że pociąga on swoją tajemniczością, lecz dlatego, że widzą w nim pole walki, na którym można prowadzić działania strategiczne o ogromnej skuteczności. Siłą rzeczy, naród mający odpowiednio dużo odwagi i umiejący ocenić walory tego nowego teatru działań wojennych stanie się narodem dominującym w świecie".

W wystąpieniu telewizyjnym 23 marca 1983 r. ówczesny prezydent Stanów Zjednoczonych Reagan zapowiedział, że kraj ten podejmie działania, które mogą zmienić bieg historii, uczynić broń jądrową bezsilną i przestarzałą.

nie. Funkcja ta stanowi sens istnienia sił zbrojnych w każdym kraju. A przecież są one narzędziem, które może spełniać funkcje historycznie uznane za pozytywne, lub służyć celom agresji, co traktuje się jako stan bezsprzecznie negatywny. Zawsze jednak są one wykonawcą zadań formułowanych przez polityków. Dążenie do władania najnowocześniejszymi środkami prowadzenia wojny jest zjawiskiem powszechnym. Eksponowanie tych oczywistych faktów upewnia nas w tym, iż dążenie do pozyskania nowych możliwości prowadzenia wojny w kosmosie będzie trwało do czasu zlikwidowania sił zbrojnych. Wcześniej zapędy takie mogą być tylko hamowane.

Kosmos jawi się jako nowy, czwarty z kolei, wymiar wojny. W porównaniu z możliwościami prowadzenia działań wojennych na lądzie, obszarach morskich i w powietrzu, tworzy on nieograniczone wprost pole rywalizacji militarnej.

Na zatłoczonej Ziemi skurczyły się szanse totalnego zaskoczenia przeciwnika nowymi środkami i sposobami prowadzenia wojny lub też osiągnięcia ilościowej i jakościowej przewagi zapewniającej zwycięstwo. Możliwości takie stwarza militaryzacja kosmosu. Ewentualne podjęcie nieograniczonej jego militaryzacji spowodowałoby przewartościowanie znaczenia tradycyjnych obszarów starć zbrojnych i wyeksponowanie tego właśnie teatru wojny. Dążenie do wywalczenia panowania w kosmosie mogłoby stać się nieodzownym warunkiem odniesienia zwycięstwa na Ziemi. Broń jądrowa, z naziemnymi jej nosicielami w postaci rakiet i samolotów, utraciłaby decydujący wpływ na losy wojny. Era zbrojeń kosmicznych spowodowałaby niechybnie odwrócenie proporcji w podziale ogólnych nakładów na zbrojenia. Na liście wydatków dominującą pozycję zajęłyby koszty budowy i utrzymania różnorodnych systemów kosmicznych.

Jednym z podstawowych warunków pomyślnego prowadzenia operacji lądowych jest panowanie w powietrzu. W razie zmilitaryzowania kosmosu

ustalone zasady prowadzenia walki i operacji utraciłyby swoje historyczne znaczenie. Panowanie w kosmosie stałoby się rozstrzygające dla losów wojny na obszarach lądowych, morskich i w przestrzeni powietrznej. Utrzymywanie odpowiedniego potencjału militarnego państwa bądź koalicji państw należy do sfery niekwestionowanych powinności sił zbrojnych zainteresowanych stron. Wartość tego potencjału nie jest sprawą abstrakcyjną. Wynika z realnego zagrożenia, możliwości ekonomiczno - technicznych i wielu innych uwarunkowań. Jeżeli przeciwnik podejmuje jakiekolwiek działania militarne, to wywołuje naturalną reakcję otoczenia. Historycznie stwierdzoną prawidłowością jest bowiem nieustanna rywalizacja przeciwników polityczno - militarnych. Występuje też naśladownictwo w tworzeniu zbliżonych lub wręcz identycznych systemów uzbrojenia. Niejednokrotnie popełniane są podobne błędy koncepcyjne. Nierzadko strony przeciwne, pracując w tajemnicy nad stworzeniem systemów uzbrojenia, dochodzą do takich samych rezultatów.

Każda licząca się akcja jednej ze stron spotyka się z reakcją otoczenia. Jeśli w ciągu pewnego czasu jakieś państwo nie jest w stanie wprowadzić do swojego wyposażenia środka uzbrojenia identycznego z tym, jakim dysponuje potencjalny przeciwnik, to z reguły przeciwstawia mu swoiste zamienniki lub rekompensuje niższą jakość - ilością. Działania takie są rezultatem naturalnego dążenia do utrzymania równowagi bądź zachowania ukształtowanego stosunku sił. Próba uzyskania przez potencjalnego przeciwnika miażdżącej przewagi militarnej, także w kosmosie, jest faktycznie aktem niebezpiecznym, który może nawet sprowokować wojnę. Bierne czekanie do momentu, kiedy przeciwnik będzie mógł podyktować warunki polityczne z pozycji siły, byłoby lekkomyślnością. Dlatego też każdy krok militarny w kosmosie może być porównywany z działaniem odłamka skalnego potrąconego na zboczu górskim, gdzie dojrzały warunki do zejścia lawiny. Porównanie z lawiną obrazuje możliwy rozmach wyścigu zbrojeń kosmicznych. Potencjał militarny na Ziemi,

jakim dysponują koalicje państw i poszczególne państwa, umożliwia jednoczesne prowadzenie wojny na wszystkich kontynentach i obszarach wodnych Ziemi. Natomiast kosmos nie mający granic może być areną nieustającego wyścigu o nieograniczonym rozmachu.

Kompleksowość ewentualnego militaryzowania kosmosu obniża znaczenie militarne państw małych i średnich. Ciężarom zbrojeń w kosmosie mogą bowiem w wystarczającym stopniu sprostać tylko czołowe mocarstwa ekonomiczne lub koalicja państw. Mamy otwartą drogę do NATO i uzasadnioną nadzieję na korzystanie z infrastruktury kosmicznej tego państwa.

1.1. Uwarunkowania fizyczne funkcjonowania satelitów

Zgodnie z porozumieniami międzynarodowymi[7] przestrzeń powietrzną traktowano zawsze jako integralną część obszaru przynależnego do określonego państwa. Nie ma wątpliwości, że wtargnięcie jakiegokolwiek nie upoważnionego statku powietrznego w obszar powietrzny innego państwa stanowi pogwałcenie prawa. Wobec tego, kto prawo to naruszył, mogą być stosowane różne represje, do jego zniszczenia włącznie. Znane są wypadki celowych i mimowolnych przelotów statków powietrznych nad obszarami niedozwolonymi zakończone zestrzeleniem tych statków. Bezbłędnie można określać, kiedy następuje pogwałcenie prawa, ponieważ definicje przestrzeni powietrznej i statku powietrznego interpretowane są jednoznacznie. Praktycznie statki powietrzne nie przekraczają wysokości lotu 20-30 km. Statki pasażerskie wznoszą się nad Ziemię nie wyżej niż 12-15 km.

---

[7] Najbardziej znanym porozumieniem jest konwencja o lotnictwie cywilnym podpisana 7 grudnia 1944 r. w Chicago. Konwencja ta jest podstawą do określania warunków użytkowania przestrzeni powietrznej przy zawieraniu porozumień między zainteresowanymi państwami i na forum międzynarodowym.

Tekst konwencji ogłoszono w Dzienniku Ustaw z 1959 r., nr 35, pozycja 212 z późniejszymi zmianami.

Sytuacja prawna w kosmosie przypomina nieco stan prawny mórz i oceanów. W obu wypadkach przestrzenie dostępne są dla wszystkich państw na zasadzie równoprawności. Te otwarte przestrzenie oddzielają od właściwych granic państw swoiste enklawy w postaci pasa wód terytorialnych lub atmosfery ziemskiej. Nie ma już jednoznacznej szerokości strefy wód terytorialnych. Natomiast nigdy nie ustalono granicy, od której liczy się przestrzeń kosmiczna. Żadne porozumienia międzynarodowe nie wytyczają takiej granicy. Jeśli przyjąć, że granicą lotów statków powietrznych jest wysokość 30 km, to przestrzeń powyżej tej granicy nie stanowi niczyjej własności. Część znawców problematyki kosmicznej wyraża opinię, że ponieważ powietrze otaczające Ziemię ma stały skład do wysokości około 80 km[8], to wobec tego dopiero od tej granicy wzwyż rozciąga się przestrzeń kosmiczna. Wyrażane są też inne opinie. Niektórzy sądzą, że zasadne byłoby przyjmowanie za dolną granicę kosmosu wysokości rzędu 150-200 km, na której satelity Ziemi mogą krążyć przez dłuższy czas, tarcie bowiem mało licznych cząsteczek powietrza nie jest znaczące od tej wysokości. Przedstawiamy te poglądy, gdyż obrazują one stan nieokreśloności prawnej w tak istotnej kwestii, jaką jest granica powietrzna wyłącznej własności państw. Nieokreśloności takiej nie ma w odniesieniu do innych obszarów kosmosu. Można nawet mówić o istnieniu prawa kosmicznego, którego tworzenie rozpoczęło się na początku lat sześćdziesiątych. Często łączono problemy prawne Ziemi i kosmosu. Świadczy o tym chociażby Układ o zakazie prób z bronią nuklearną w atmosferze, przestrzeni kosmicznej i pod wodą, podpisany w Moskwie 5 sierpnia 1963 r. Już wówczas decydujący głos w sprawach kosmosu miały Stany Jednoczone i ówczesny ZSRR. Mimo to trzecim sygnatariuszem pierwszego układu była Wielka Brytania. Układ został zaaprobowany rezolucją Zgromadzenia Ogólnego NZ z 27 listopada 1963 r. W ciągu następnych 10 lat ratyfikowało go 100 państw, w

[8] Encyklopedia Powszechna PWN, Warszawa 1975, t. 3, s. 665.

tym Polska[9]. Nie przyłączyły się do niego Chińska Republika Ludowa i Francja.

Był to pierwszy akt prawny, w którym znalazła się klauzula o kosmosie. Bardzo wcześnie ujawniła się troska o nieuzbrajanie przestrzeni kosmicznej i to przez tak liczną rzeszę państw. Wprawdzie wyrzeczenie się jedynie prób z bronią jądrową w kosmosie było zagadnieniem stosunkowo wąskim, ale w tym czasie nie istniały jeszcze inne możliwości praktycznych działań wojskowych w przestrzeni kosmicznej.

W kolejnych latach zawarto następne powszechne umowy międzynarodowe. Pierwszą z nich był Układ o zasadach działalności państw w zakresie badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej, łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi. Zgromadzenie Ogólne NZ sankcjonowało go rezolucją z 13 grudnia 1966 r. Układ został otwarty do podpisu w Londynie, Moskwie i Waszyngtonie 27 stycznia 1967 r. Datę tę wymieniają źródła, chociaż dokumenty ratyfikacyjne zostały złożone przez państwa - depozytariuszy w październiku. W tym samym roku układ ratyfikowało 69 państw[10]. Postanowienia układu mają fundamentalne znaczenie dla teraźniejszości i na przyszłość. Przyjęcie zasady niezawłaszczalności Księżyca i innych ciał niebieskich oraz całej przestrzeni kosmicznej stanowi wyraz zbiorowej mądrości, zapobiegającej ewentualnemu prowadzeniu niczym niepohamowanej ekspansji militarnej. W układzie z 1966 r. wyrażono wolę, aby przestrzeń kosmiczna i ciała stałe były dostępne do badań i użytkowania przez wszystkie państwa na zasadzie równości, a wyniki badań stanowiły dorobek całej ludzkości. Przyjmując zasadę wolności całego kosmosu, w znaczeniu równości i dostępu każdego państwa, ustanowiono zarazem, iż badanie i użytkowanie ma być zgodne z prawem międzynarodowym.

---

[9] Rosja stała się spadkobiercą systemów satelitarnych (także arsenału rakietowo - jądrowego). Dotychczas kraj ten nie zakwestionował umów międzynarodowych zawartych przez były ZSRR. Przypis autora.

[10] Polska ratyfikowała układ 22 grudnia 1967 r. Jego tekst opublikowano w Dzienniku Ustaw z 1968 r., nr 14, pozycja 82.

Ogólne postanowienia układu z 1966 r. o pokojowym wykorzystywaniu kosmosu są spójne z klauzulami o częściowej demilitaryzacji kosmosu oraz całkowitej demilitaryzacji Księżyca i innych ciał niebieskich. Częściowej demilitaryzacji dotyczy zakaz umieszczania broni masowej zagłady na orbitach wokółziemskich i ciałach niebieskich. Tak więc układ ten nie wyklucza stosowania rakiet z głowicami jądrowymi, których środkowa część toru lotu może przebiegać w kosmosie.

W układzie nie ma stwierdzeń zabraniających umieszczania na orbitach wokółziemskich broni konwencjonalnych oraz wszelkich instalacji wojskowych.

Jednoznacznie sformułowany został zakaz militaryzowania Księżyca i innych ciał niebieskich. Oznacza on niedopuszczalność zakładania na ciałach niebieskich baz wojskowych oraz instalowania tam jakichkolwiek systemów uzbrojenia i przeprowadzania prób ich działania. Przyjęto zatem zasadę całkowitej demilitaryzacji powierzchni i wnętrza wszystkich planet oraz ich księżyców, ale nie wykluczono instalowania broni konwencjonalnych na orbitach je otaczających.

Układ z 1966 r. dopuszcza wykorzystywanie personelu i sprzętu wojskowego w badaniach naukowych prowadzonych w kosmosie, z tym zastrzeżeniem, że dotyczy to tylko badań prowadzonych w celach pokojowych i obronnych.

Zachowując chronologię nie możemy pominąć kolejnych umów, które świadczyły o chęci ułożenia współpracy w omawianej dziedzinie, przede wszystkim między ZSRR i Stanami Zjednoczonymi. Pierwsza z nich, podpisana 22 czerwca 1968 r., ustala wzajemne zobowiązania do ratowania kosmonautów i zwrotu obiektów kosmicznych w razie ich awaryjnego lądowania na terytorium państw drugich lub na morzu. Problemy te rozszerza konwencja o

międzynarodowej odpowiedzialności materialnej za szkody wyrządzone przez obiekty kosmiczne, podpisana 29 marca 1972 r.

Dwustronne porozumienie między byłym ZSRR i Stanami Zjednoczonymi podpisano 24 mają 1972 r., a dotyczy ono współpracy w dziedzinie badania i użytkowania przestrzeni kosmicznej do celów pokojowych. Odrębną konwencję o zakazie używania technicznych środków oddziaływania na środowisko w celach militarnych lub jakichkolwiek innych wrogich celach przyjęło swoją rezolucją Zgromadzenie Ogólne NZ 10 grudnia 1972 r. Konwencja weszła w życie 29 listopada 1978 r.; do tego dnia dokumenty ratyfikacyjne złożyło 20 państw, w tym Polska[11].

Kolejne porozumienie uściśliło zasady działalności państw na Księżycu i na innych ciałach niebieskich. Usankcjonowała je rezolucja Zgromadzenia Ogólnego NZ z grudnia 1979 r. Porozumienie to, ratyfikowane przez ograniczoną liczbę państw, wyrażało dążenie do coraz pełniejszego precyzowania zasad działania w kosmosie. Dostrzegalne w nim jest ścieranie się dwóch tendencji. Jedna wyraża dążenie do wykluczenia wszelkiej działalności militarnej w kosmosie, a druga stanowi jej przeciwieństwo. Porozumienie precyzuje, że zasada pokojowego wykorzystywania przestrzeni kosmicznej dopuszcza działania, które co najmniej nie sprzeciwiałyby się współżyciu państw na zasadzie pokojowego współistnienia, mimo odmienności ich ustrojów politycznych i społeczno - ekonomicznych. Porozumienie z 1979 r. nie wyklucza również pewnych przedsięwzięć militarnych w kosmosie. Stanowi wprawdzie, że nie będą podejmowane działania służące wyłącznie celom wojskowym, ale dopuszcza łączenie celów militarnych z przedsięwzięciami ogólnymi. W tym rozumieniu wojskowe systemy rozpoznania kosmicznego, łączności, nawigacji, meteorologii, geodezji i kartografii nie są traktowane jako sprzeczne z wszystkimi dotychczasowymi porozumieniami. Treść porozumienia z 1979 r.,

---

[11] Tekst konwencji ogłoszono w Dzienniku Ustaw z 1978 r., nr 31, pozycja 132.

precyzując wcześniejsze uzgodnienia, wnosi nowe elementy. Poprzednio określano tylko, jakich broni nie wolno instalować w kosmosie i jak kosmos wspólnie wykorzystywać. W tym porozumieniu zadekretowano zakaz wykorzystywania ciał niebieskich do stosowania groźby lub dokonywania wrogich aktów w stosunku do Ziemi, innych ciał niebieskich oraz statków kosmicznych i ich załóg.

Na podstawie porozumienia z 1979 r. i aktów wcześniejszych można stwierdzić, że obowiązuje zakaz stosowania broni geofizycznych, powodujących zmiany w naturalnym środowisku człowieka na Ziemi lub w kosmosie.

Na odrębne omówienie zasługuje układ zawarty przez Stany Zjednoczone i były ZSRR o ograniczeniu systemów obrony przeciwrakietowej, podpisany w Moskwie 26 mają 1972 r. i uzupełniony tamże 3 lipca 1974 r. Układ jest bezterminowy, a jego postanowienia mają istotny wpływ na sytuację militarną w kosmosie. Układ zobowiązuje sygnatariuszy do zaniechania tworzenia, wypróbowywania oraz instalowania systemów obrony przeciwrakietowej lub ich części składowych działających w przestrzeni kosmicznej, czyli wyklucza produkcję takich systemów oraz ich umieszczanie na innych planetach bądź w przestrzeni kosmicznej. Układ nie zawiera zakazów dotyczących budowy i stosowania naziemnych lub powietrznych systemów antyrakietowych.

Zawarte dotychczas umowy nie zabraniają bezpośrednio także innych sfer wojskowej działalności w kosmosie, jak chociażby stosowania broni konwencjonalnych. Strony wyrzekły się broni jądrowej, chemicznej i biologicznej. Tymczasem wyłoniły się nowe kwestie: do jakiej klasy broni będą, na przykład, zaliczone lasery i działa elektromagnetyczne? Pytanie takie może wydawać się przedwczesne, ale jest bardzo prawdopodobne, że powstaną stacje bojowe wyposażone w lasery zasilane jednorazową reakcją jądrową. Już dzisiaj budzi wątpliwości ewentualne stosowanie reaktorów jądrowych do zasilania różnych statków kosmicznych. Część ludzi słusznie uważa, że za-

warto porozumienie tylko w kwestiach godzących interesy stron, a wiele ważnych spraw jest nadal otwartych. Wiele problemów precyzowano w kolejnych porozumieniach, a mimo to nie udało się rozwiązać ich ostatecznie. Przykładem może być zakaz tworzenia, sprawdzania i instalowania w kosmosie systemów obrony przeciwrakietowej. Czy zakaz ten jest przestrzegany? Zdania na ten temat są co najmniej podzielone[12]. W niektórych państwach trwają intensywne prace nad zbudowaniem różnych systemów antyrakietowych. Jednocześnie wiadomo, że nikt na razie nie produkuje kosmicznych systemów przeciwrakietowych i fakt ten jest niewątpliwie wyrazem honorowania układów.

Oprócz kosmicznego prawa międzynarodowego tworzone są normy wewnętrzne, na użytek poszczególnych państw. Przewidywany intensywny rozwój cywilnych systemów wymaga uregulowania zarówno stosunków międzynarodowych, jak i wewnątrz poszczególnych krajów. Problemów tych nie poruszamy jednak, ponieważ nie mają one znaczącego wpływu na stosunki prawnomilitarne w kosmosie.

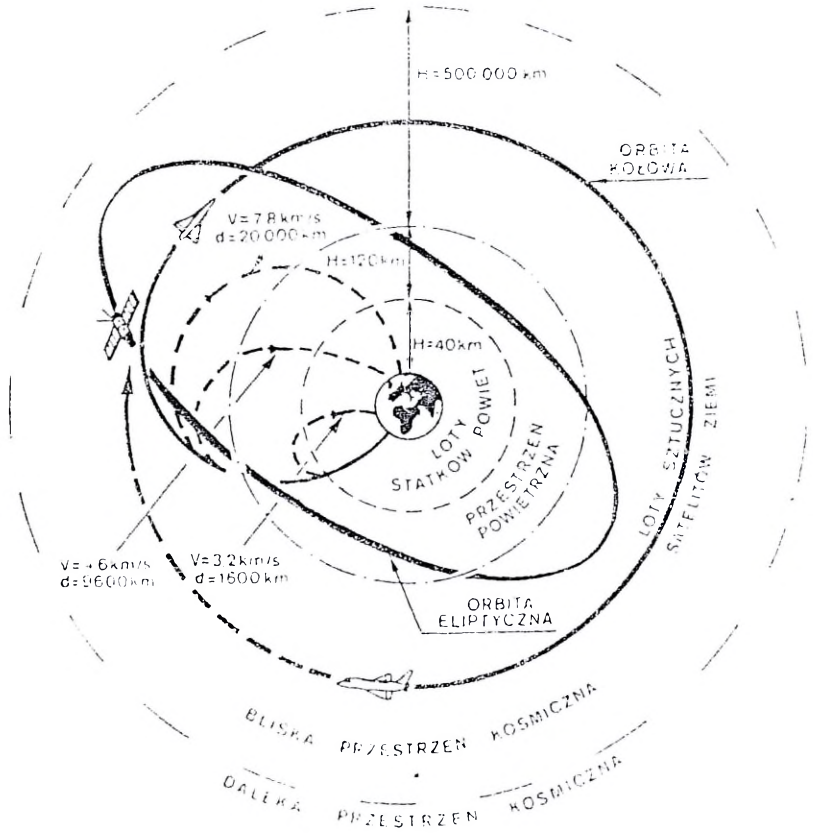
Warto chyba natomiast zastanowić się nad ogólną oceną sytuacji prawnej kosmosu. Liczba zawartych porozumień międzynarodowych i dwustronnych między supermocarstwami jest imponująca, jeśli uwzględnimy fakt, że podbój kosmosu rozpoczął się zaledwie przed kilkudziesięciu laty. W kosmosie nie zaistniały dotychczas żadne starcia i spory. Żadne państwo nie poczyniło jak na razie praktycznych kroków w kierunku jego zawłaszczenia. Nie można jednak mylić skutków z przyczynami. Pokój w kosmosie jest następstwem dobrej woli narodów, a układy o pokojowym jego wykorzystywaniu - tylko zewnętrznym wyrazem tej woli. Trudno natomiast powiedzieć, kiedy ta dobra wola wynika z potrzeby serca i umysłu, a kiedy z konieczności narzucanej przez całokształt czynników zewnętrznych.

---

[12] W. Świątnicki, Z. Świątnicki. Wojna w kosmosie? MON, 1990, s. 252-288.

Porozumienie podpisanie przez prezydenta Rosji w Paryżu 27.05.1997r. dotyczące stosunków Rosja - NATO jest niewątpliwie faktem świadczącym o dobrej woli stron[13].

Ziemia jest dotychczas jedynym znanym ośrodkiem życia w bezkresnym wszechświecie. Tę niezmiernie drobną cząstkę kosmosu ludzie poznali najpełniej. Tutaj też toczyli między sobą starcia zbrojne. Od tysięcy lat interesowano się także dostrzeganymi planetami należącymi do Układu Słonecznego. Stwierdzono, że Ziemię, jedną z planet tego Układu, otacza atmosfera grubości rzędu 2000 km. Zawiera ona przy powierzchni Ziemi około 78% azotu, 21% tlenu, 1% argonu i dwutlenku węgla oraz znikome domieszki innych gazów i pyłów. Gęstość gazów maleje wraz ze wzrostem odległości od powierzchni Ziemi[14]. W atmosferze ziemskiej i poza nią wyróżnia się charakterystyczne warstwy i strefy (rys. 1.1). Istniejące w nich warunki fizyczne wpływają na możliwości lotów.



Rys.1.1. Loty w środowisku otaczającym Ziemię

---

[13] Kiedy opracowywano niniejsze studium nie znano treści porozumienia. W środkach masowego przekazu operowano ogólnikami. Sam fakt pertraktowania stron ma pozytywną wymowę. Przypis autora

[14] Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1973. T. 1. s. 154.

W dolnej warstwie atmosfery, sięgającej do wysokości około 40 km od powierzchni Ziemi, występuje siła wyporu aerodynamicznego, a znaczne zagęszczenie cząsteczek gazowych, nazywanych potocznie powietrzem, umożliwia loty balonów, samolotów i śmigłowców.

Nie istnieje powszechnie stosowana definicja dolnej, licząc od powierzchni Ziemi, granicy przestrzeni kosmicznej. Planeta Ziemia jest cząstką wszechświata[15]. Zjawiska występujące przy ruchu ciał w atmosferze ziemskiej powodują, że czasami uważa się, iż dolna granica kosmosu przebiega powyżej 100 km. Pomimo spadku gęstości powietrza w miarę oddalania się od powierzchni Ziemi, jeszcze na wysokości 100 km i większej, występuje zjawisko tarcia i hamowanie poruszających się ciał. W miarę wzrostu wysokości rozrzedzenie gazów jest coraz większe, a powyżej 2000 km praktycznie nie występuje siła ich tarcia. Nie oznacza to jednak, że przestrzeń międzyplanetarna jest pusta. Oprócz planet, układów gwiazd, galaktyk i ich zbiorów w bezkresnej przestrzeni kosmicznej występuje pył kosmiczny, meteory i gaz międzyplanetarny. Pył składa się z drobin o różnej średnicy, rzędu nawet 1 mikrona. Masa meteorów może wyrażać się kilogramami bądź tonami. Gaz międzyplanetarny składa się głównie z wodoru, kilkuprocentowej domieszki helu i znikomych ilości pierwiastków cięższych. Ponadto w przestrzeni międzyplanetarnej występuje różnorodne promieniowanie oraz pole magnetyczne. Wszystkie te ciała i zjawiska nie występują równomiernie w całej przestrzeni. Zarówno ciała, jak i gazy są w ciągłym ruchu. Istniejące pole magnetyczne osłania Ziemię przed wpływem wysokiej temperatury gazu międzyplanetarnego.

Z oczywistych powodów względnie dobrze rozpoznano dotychczas najbliższe sąsiedztwo Ziemi. Wyróżnia się umownie bliską przestrzeń kosmiczną, rozciągającą się około 500 000 km od powierzchni Ziemi. Do nie-

---

[15] Astronomia popularna. Wiedza Powszechna. Warszawa 1972, s. 36-47.

dawna tę granicę bliskiej przestrzeni kosmicznej sytuowano w odległości do 100 000 km, w tej to bowiem przestrzeni funkcjonują różnorodne systemy kosmiczne spełniające funkcje militarne. Odległość 500 000 km to przybliżona granica strefy wyraźnej dominacji „wpływu" Ziemi na obiekty kosmiczne Mamy podstawy, żeby sądzić, iż przestrzeń ta może stać się „kosmicznym teatrem działań wojennych Ziemi". Przesłanką do takiego wyodrębnienia jest poznana część struktury wszechświata.

Słońce[16] jest jedną z miliardów gwiazd Układu Drogi Mlecznej. Jego średnica wynosi obecnie 1 392 000 km. Nie wyklucza się, że przed miliardami lat średnica ta mogła być 100 razy większa. Dominuje pogląd, że na drodze przemian ze Słońca wyodrębniły się jego planety, a pozostałość - pod wpływem wewnętrznego przyciągania - zmniejszyła swoją objętość. W ciągu milionów lat narastało sprężenie gazów i rosła temperatura, aż powstały warunki niezbędne do wszczęcia reakcji jądrowych. One to spowodowały zahamowanie dalszego kurczenia się Słońca, czyniąc z niego nieustannie pracujące gigantyczne źródło energii. Porusza się ono z prędkością 250 km/s, po orbicie będącej rozległa elipsą, której obwód liczy prawdopodobnie 160 000 lat świetlnych, co równa się około 1,6 tryliona km. Masa Słońca wynosi $1{,}983 \cdot 10^{27}$ ton. Słońce jest ciałem gazowym, zawierającym 72,7% wodoru, 26,2% helu, 0,7% tlenu, 0,3% węgla i 0,1 azotu. Znajdują się tam w większości pierwiastki takie same jak na Ziemi. Wiek Słońca oceniany jest na 4 do 5 miliardów lat. Zostało ono zaliczone do trzeciego pokolenia gwiazd Galaktyki. Znajduje się w odległości około 2/3 promienia Galaktyki od jej środka. Proces jądrowy zachodzący we wnętrzu Słońca, głównie w pobliżu jego centrum, powoduje tworzenie się jąder helu z czterech jąder wodoru. Obszary zewnętrzne Słońca tworzy głównie wodór, natomiast część centralną - hel. Ta niejednorodność jest przyczyną stopniowego wzrostu jasności i rozmiarów

[16] Astronomia popularna. Wiedza Powszechna. Warszawa 1972, s. 95-212.

Słońca. Zmiany ciągle zachodzące w jego obszarze mogą spowodować zupełne przeobrażenie fizyczne Słońca. Prognoza taka dotyczy ewolucji trwającej miliardy lat. Temperatura w jądrze Słońca wynosi kilkanaście milionów stopni, co zapewnia przebieg termojądrowych reakcji przemiany wodoru w hel. W rezultacie wydzielane są ogromne ilości energii cieplnej, a jej znikoma część docierająca na Ziemię warunkuje życie. Natura Słońca wyklucza jego przydatność do zainstalowania na nim jakichkolwiek systemów militarnych. Czy jednak można wykluczyć wykorzystywanie energii słonecznej w przyszłości? Z pewnością nie można. Na Słońcu nie da się żyć, ale już obecnie nie sposób przekreślać takich możliwości w odniesieniu do jego satelitów.

Tabela 1.1

Dane fizyczne planet Układu Słonecznego

Planeta	Masa (Ziemia= =1)	Objętość (Ziemia= =1)	Średnica równikowa (km)	Średnia gęstość [g/cm^3]	Siła ciężkości na równiku (Ziemia = =1)	Natężenie promieniowania Słońca (Ziemia = =1)
Ziemia	1	1	12756	5,52	1	1
Merkury	0,056	0,055	4840	5,60	0,39	6,674
Wenus	0,81	0,88	12228	5,09	0,89	1,911
Mars	0,11	0,15	6800	3,97	0,38	0,431
Jowisz	318	1347	143650	1,30	2,35	0,037
Saturn	95,1	770	120670	0,68	0,93	0,011
Uran	14,5	51	48000	1,58	0,99	0,003
Neptun	17,2	43	45000	2,22	1,38	0,001
Pluton	0,91	0,1	6010	5,50	4,00	0,00065

Słońce przemierza bezkres Układu Drogi Mlecznej zwanego Galaktyką. Wraz z nim porusza się 9 planet (tabela 1.1) i ich 32 księżyce, tysiące planetoid, miliony komet oraz niezliczone roje meteorów. Ciała te przemieszczają się

w przestrzeniach międzygwiezdnych razem ze Słońcem, obiegając je w różnym czasie, po właściwych im elipsach, różniących się kształtem i wielkością. Na kształtowanie orbity Słońca wpływają inne gwiazdy, lecz nie grożą nam kolizje z nimi. Światło słoneczne dociera do najbliższych gwiazd Galaktyki po upływie kilku lat. Daje to wyobrażenie o przestrzeniach wszechświata. Układ Słoneczny, mimo rozległości, może kiedyś stać się teatrem działań wojennych. Najbliżej siebie przebiegają orbity Ziemi i Wenus. Są odległe średnio „zaledwie" o około 41 milionów kilometrów, Mniejsze ciała Układu Słonecznego stwarzają niebezpieczeństwo zderzeń z pojazdami poruszającymi się w przestrzeni tego Układu. Spośród kilku tysięcy obiektów wysłanych dotychczas w kosmos żaden na razie nie uległ jednak katastrofie wskutek zderzenia. Dzieje się tak, gdyż zarówno przestrzeń Układu Słonecznego, jak i Galaktyki stanowią trudno wyobrażalną pustkę i prawdopodobieństwo kolizji jest niezmiernie małe.

Chociaż Słońce jest centralnym obiektem Układu, to jednak - jak się wydaje - nie może być ze względu na swoje cechy wykorzystywane do celów wojskowych. Ocena taka wynika ze współczesnych możliwości technicznych. Inaczej rzecz się ma z planetami i księżycami planet Układu Słonecznego. Rozmieszczenie i usytuowanie tych obiektów oraz ich cechy fizyczne już obecnie nie wykluczają przydatności militarnej.

Tabela 1.2

Położenie i parametry ruchu planet Układu Słonecznego

Planeta	Średnia odległość od Słońca [mln km]	Nachylenie orbity do ekliptyki [°]	Średnia prędkość na orbicie [km/s]	Okres obrotu w dobach ziemskich	Strefa aktywności [km]	Liczba księżyców
1	2	3	4	5	6	7
Ziemia	149,5	-	29,76	1,00	924000	1
Merkury	57,9	7,0	47,83	58,60	113000	-
Wenus	108,1	3,4	34,99	243,00	614000	-

1	2	3	4	5	6	7
Mars	227,8	1,8	24,11	1,03	582000	2
Jowisz	777,8	1,3	13,05	0,41	48180000	12
Saturn	1426,1	2,5	9,64	0,43	54510000	9
Uran	2869,1	0,8	6,80	0,45	51680000	5
Neptun	4495,7	1,8	5,43	0,66	86710000	2
Pluton	5900,0	17,1	4,70	6,40	35120000	-

Scharakteryzowane w tabelach 1.1. i 1.2. planety są w Układzie Słonecznym jedynymi ciałami mogącymi być siedliskiem życia organicznego. Na powierzchni niektórych z nich może występować materia równocześnie w trzech stanach skupienia - stałym, ciekłym i gazowym. Planety wyróżniają się siłą ciężkości na powierzchni i otaczającymi je specyficznymi atmosferami, co tworzy ograniczoną analogię z Ziemią.

Granice Układu Słonecznego, w sposób naturalny wyznacza zasięg siły grawitacji Słońca. Tę dominację Słońca ograniczają jednak inne gwiazdy Galaktyki. Wewnątrz Układu Słonecznego poszczególne planety mają własne strefy wpływów. W strefach tych ich wpływy przeważają nad siłą przyciągania Słońca, która oddziałuje w całym Układzie. Wielkość promienia obszaru wpływu planety można w przybliżeniu oszacować za pomocą wzoru:

$$r = d \cdot m^{\frac{2}{5}}$$

gdzie: r - promień strefy wpływu grawitacyjnego (aktywności);

d - odległość od Słońca;

m - masa danej planety wyrażona w ułamkach masy Słońca.

Upraszczając problem można stwierdzić, że planety w swym ruchu „podporządkowane" są bezpośrednio Słońcu i są przez nie stymulowane. One z kolei wywierają przemożny wpływ na swe księżyce (załącznik 1), które krążą wokół uzależniających je planet, w strefie przeważających wpływów

grawitacyjnych planet macierzystych. Jeśli jakikolwiek księżyc zostałby wytrącony ze strefy wpływów planety macierzystej i innych planet, wówczas stałby się kolejna planetą, obiegającą Słońce po orbicie przez nie zdeterminowanej.

Ruch obiektów wysyłanych przez człowieka w przestrzeń kosmiczną determinują cztery podstawowe prawa. Są to te same prawa, które opisują ruch naturalnych obiektów kosmicznych - planet i ich księżyców, planetoid, komet. Jedno z nich sformułował Izaak Newton[17], pozostałe trzy - Johann Kepler[18]. Prawo powszechnego ciążenia mówi, że siła działająca między dwoma ciałami o masach m i M, znajdującymi się w odległości r, jest siłą przyciągającą, skierowana wzdłuż prostej łączącej te ciała i ma wartość:

$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2}$$

gdzie G jest stałą[19] uniwersalną, mającą tę samą wartość dla wszystkich par ciał.

Kepler odkrył ważne prawidłowości w ruchu planet. Noszą one nazwę trzech praw ruchu planetarnego (prawo orbit, prawo pól i prawo okresów) i mają duże znaczenie praktyczne dla lotów kosmicznych. Ich istotę można w skrócie wyrazić następująco:

1. Planety Układu Słonecznego poruszają się po orbitach eliptycznych[20]. W jednym z ognisk elipsy znajduje się Słońce.

2. Odcinek łączący planetę ze Słońcem zakreśla w równych odstępach czasu równe pola.

---

[17] Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1975. T. 3, s. 257-258.
[18] Tamże, T. 2, s. 455.
[19] G ma wartość $6{,}673 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$
[20] Szczególnym przypadkiem elipsy jest okrąg.

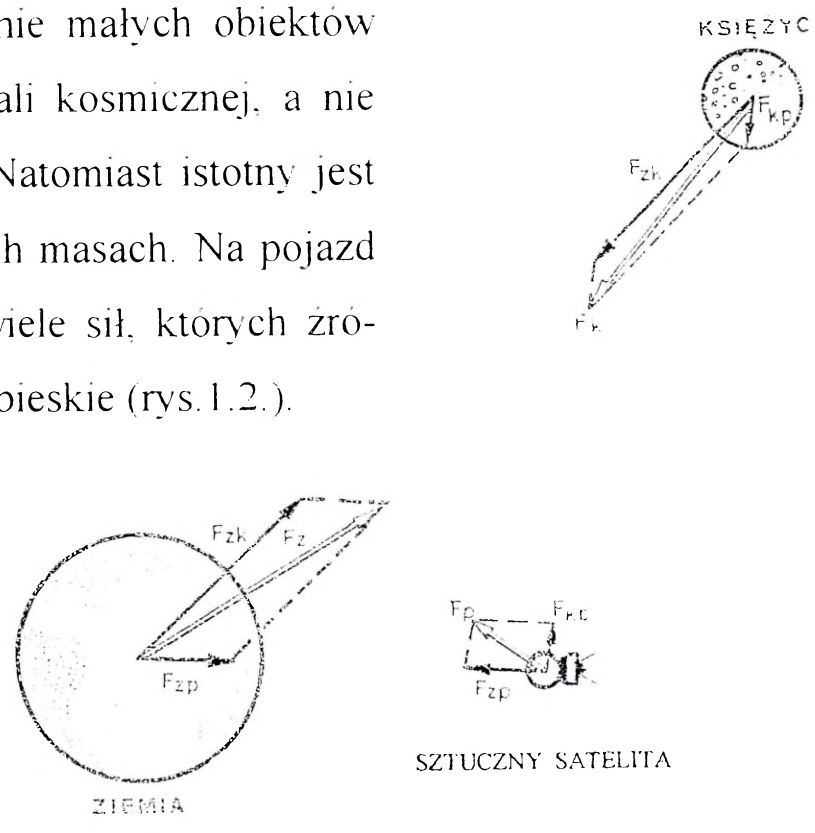
3. Kwadraty okresów obiegu Słońca przez dwie planety mają się do siebie tak, jak sześciany ich średnich odległości od Słońca[21].

Wymienione prawa odnoszą się również do sztucznych satelitów. Ich swobodny ruch, bez wykorzystywania napędu, podlega tym samym prawidłowościom co ruchy planet.

Prawo powszechnego ciążenia mówi o oddziaływaniach grawitacyjnych zachodzących między dwoma ciałami. W kosmosie ciał tych są miliardy. Każde z nich jest źródłem sił grawitacji Wpływ niektórych z nich, mających małe masy, jest zupełnie znikomy, I tak, na przykład, dwa ciała o masach 100 ton, znajdujące się w odległości 1000 km, działają na siebie siłą o wartości zaledwie $6{,}67 \cdot 10^{-7}$ N, malejącą jeszcze z kwadratem odległości.

Inaczej rzecz się ma z większymi obiektami kosmicznymi. Na przykład Księżyc i ciało o masie 100 ton oddziałują na siebie z tej samej odległości 1000 km siłą $4{,}26 \cdot 10^{11}$ N.

Tak więc oddziaływanie małych obiektów kosmicznych (małych w skali kosmicznej, a nie ziemskiej) można pomijać. Natomiast istotny jest wpływ obiektów o większych masach. Na pojazd kosmiczny działa w locie wiele sił, których źródłem są różnorodne ciała niebieskie (rys.1.2.).



Rys.1.2. Oddziaływanie między Ziemią, Księżycem i satelitą

[21] Można też mówić o sześcianach wielkich półosi orbit eliptycznych.

Każde z ciał niebieskich ma swoją strefę aktywności, w której jego oddziaływanie grawitacyjne przeważa nad innymi. Mianowicie Ziemia działa na sztucznego satelitę o masie m, znajdującego się w odległości r_z, siłą:

$$F_z = G \frac{m \cdot M_z}{r^2_z}$$

gdzie M_z jest masą Ziemi. Każde inne ciało niebieskie oddziałuje na tego samego satelitę siłą:

$$F_c = G \frac{m \cdot M_c}{r^2_c}$$

M_c jest masą tego ciała niebieskiego, a r_c odległością satelity od tego ciała.

Stosunek siły grawitacji Ziemi do siły grawitacji innego ciała niebieskiego wynosi:

$$\frac{F_z}{F_c} = \frac{M_z}{M_c}\left(\frac{r_c}{r_z}\right) \qquad (1)$$

W tabeli 1.3 zestawiono wartości stosunków sił grawitacji Ziemi i wybranych ciał niebieskich działających na sztucznego satelitę znajdującego się na orbicie geostacjonarnej, to znaczy o promieniu r_z=42250 km.

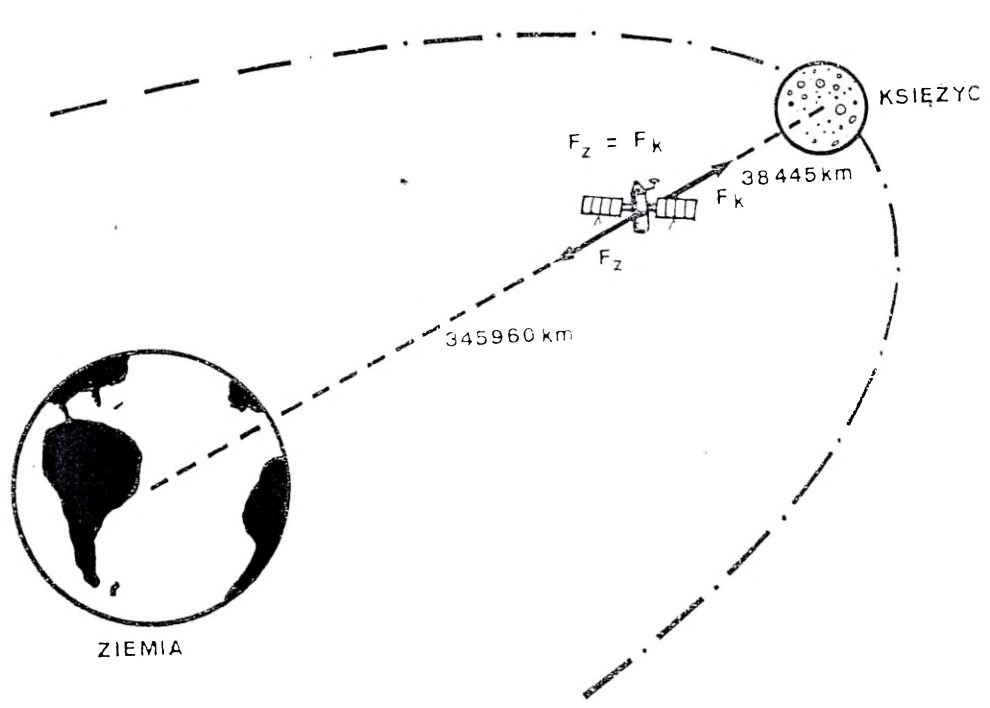
Tabela 1.3

Stosunek sił grawitacji Ziemi i wybranych ciał niebieskich działających na satelitę geostacjonarnego

Ciało niebieskie	Stosunek sił	Uwagi
Słońce	38	
Księżyc	5309	Księżyc i satelita w koniunkcji względem Ziemi
Merkury	83896517	Obie planety w koniunkcji względem Słońca
Wenus	1184832	-,,-
Mars	31208425	-,,-
Jowisz	659101	-,,-
Saturn	9595557	-,,-
Uran	285616356	-,,-
Neptun	614938957	-,,-
Pluton	1990990841	-,,-

Jak wynika z przedstawionych danych, grawitacyjne oddziaływanie ciał niebieskich na sztuczne satelity poruszające się w kosmicznej przestrzeni wokółziemskiej jest niewielkie w porównaniu z oddziaływaniem Ziemi. Nawet największe z tych oddziaływań - oddziaływanie Słońca, można pominąć przy obliczeniach szacunkowych, nie powodując istotnych błędów. Natomiast w procesie dokładnego planowania trajektorii statków kosmicznych uwzględnia się wszystkie siły.

Rozumowanie powyższe można uogólnić. W kosmosie istnieją pewne obszary, w których na lot sztucznych obiektów mają istotny wpływ jedynie pojedyncze ciała niebieskie. Obszary te nazywane są strefami aktywności ciał. Istnieją też oczywiście obszary, gdzie oddziaływanie dwóch lub więcej ciał należy uwzględniać przy przewidywaniu ruchu sztucznych satelitów. Na przykład w odległości około 346000 km od Ziemi równoważy się wpływ Ziemi i Księżyca (rys. 1.3.).



Rys.1.3. Równoważenie się oddziaływania Ziemi i Księżyca na sztucznego satelitę

Problem równoważenia się wpływu różnych ciał można rozpatrywać w odniesieniu do dowolnych dwóch ciał niebieskich. Nas interesuje szczególnie układ Ziemia - inna planeta, bo ma to duże znaczenie dla przygotowywania lotów obiektów wysyłanych z Ziemi. Wykorzystuje się w tym celu zależność (1). Równoważenie się wpływu dwóch planet na obiekt kosmiczny występuje wtedy, kiedy zachodzi równość: $F_z/F_c=1$.

Wpływ Ziemi i oddziaływanie planety odległej od niej o D ($D=r_z+r_c$) są sobie równe, gdy pojazd kosmiczny znajdzie się w odległości

$$r_z = \frac{D}{1+\sqrt{\frac{M_c}{M_z}}}$$

od Ziemi.

Tabela 1.4 zawiera odległości satelitów od Ziemi i ciał w Układzie Słonecznym, w których następuje równoważenie oddziaływań.

Jak wynika z tabeli 1.4 (kolumna 3), współmierne oddziaływanie Ziemi i innych planet zaznacza się w dużych odległościach od naszego globu. Przy obecnym zasięgu lotów kosmicznych, szczególnie o przeznaczeniu wojskowym, na ogół znaczenie ma tylko wpływ grawitacyjny Ziemi, Słońca i Księżyca.

Rozpatrywane dotychczas zagadnienia dotyczyły obiektów kosmicznych bez uwzględnienia działania ich napędów. Tymczasem pojazdy kosmiczne poruszają się nie tylko ruchem bezwładnym, ale również z wykorzystaniem napędu. Dzieje się tak głównie w czasie startu z ciał niebieskich, lądowania na nich oraz zmian orbit.

Wśród wielu wielkości opisujących ruch pojazdów w przestrzeni kosmicznej można wyróżnić:

- prędkość charakterystyczną,

Tabela 1.4

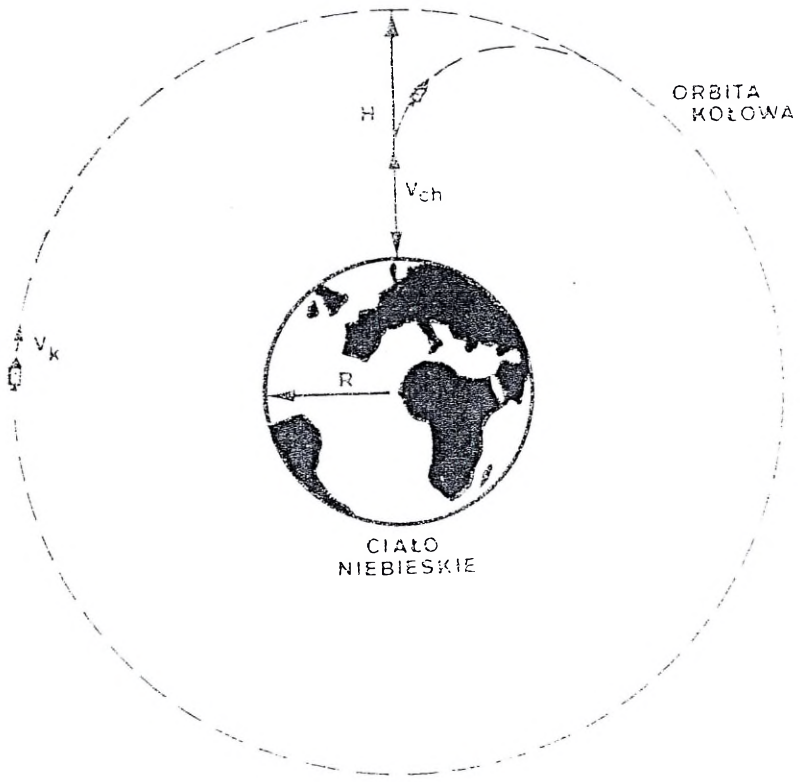
Odległości, na których równoważy się wpływ Ziemi i wybranych ciał Układu Słonecznego

Ciało niebieskie	Odległość między Ziemią a ciałem niebieskim D [mln km]	Odległość w której równoważy się wpływ na obiekt kosmiczny		Stosunek odległości od Ziemi i odległości od ciała niebieskiego r_z/r_c
		od Ziemi - r_z [mln km]	od ciała niebieskiego - r_c [mln km]	
Słońce	149,5	0,56	148,94	0,00174
Merkury	91,6	74,07	17,53	4,22533
Wenus	41,4	21,79	19,61	1,11117
Mars	78,3	58,80	19,50	3,01538
Jowisz	628,3	33,36	594,94	0,05607
Saturn	1276,6	118,73	1395,33	0,08509
Uran	2719,6	565,65	2153,95	0,26261
Neptun	4346,2	844,37	3501,83	0,24112
Pluton	5750,0	2927,15	2822,85	1,03695
Księżyc	0,384	0,346	0,038	9,10526

- pierwszą prędkość kosmiczną (prędkość kołową),
- drugą prędkość kosmiczną,
- trzecią prędkość kosmiczną.

Prędkość charakterystyczna to wielkość określająca warunki wyniesienia obiektu kosmicznego na orbitę wokół ciała niebieskiego. Jest to prędkość, jaką trzeba nadać obiektowi tuż przy powierzchni ciała niebieskiego o promieniu R, aby umieścić je na orbicie kołowej, na wysokości H od powierzchni (rys. 1.4.)

Prędkość charakterystyczną można wyznaczyć, rozpatrując energie posiadane przez obiekt na powierzchni ciała niebieskiego i na orbicie kołowej. Energie te muszą być sobie równe:



Rys.1.4. Umieszczenie satelity na orbicie kołowej

$$E_p + E_k = \overline{E_p} + \overline{E_k}$$

czyli

$$-\frac{G \cdot M \cdot m}{R} + \frac{m \cdot v_{ch}^2}{2} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R+H} + \frac{G \cdot M \cdot m}{2(R+H)} \qquad (2)$$

gdzie M. jest masą ciała niebieskiego, a m - masą wynoszonego obiektu.

Przekształcając zależność (2) otrzymujemy wartość prędkości charakterystycznej umożliwiającej wyniesienie obiektu na orbitę kołową o promieniu R+H wokół ciała niebieskiego o masie M:

$$v_{ch} = \sqrt{2 \cdot G \cdot M \cdot \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{2(R+H)}\right]} \qquad (3)$$

Tabela 1.5 zawiera wyznaczone na podstawie zależności (3) prędkości charakterystyczne dla planet Układu Słonecznego i Księżyca. Jak widać,

prędkości charakterystyczne zwiększają się ze wzrostem promienia orbity kołowej. Zbliżone do ziemskich warunki wysyłania obiektów w przestrzeń kosmiczną istnieją na Wenus. Natomiast największe prędkości charakterystyczne wymagane są na największej planecie Układu Słonecznego - Jowiszu.

Zgodnie z danymi, zamieszczonymi w tabeli 1.5, prędkość charakterystyczna odnosząca się do orbity położonej tuż przy powierzchni ciała niebieskiego ma najmniejszą wartość. A co stanie się z obiektem wynoszonym w przestrzeń z prędkością mniejszą niż v_{ch}? Nie utrzyma się ona na założonej orbicie wokół tego ciała; spadnie na jego powierzchnię. Zasięg lotu jest proporcjonalny do nadanej prędkości.

Tabela 1.5.

Prędkości charakterystyczne dla różnych ciał niebieskich

Ciało niebieskie	Prędkość charakterystyczna [km/s] dla wysokości					
	0 km	10 km	100 km	1000 km	10000 km	100000 km
Księżyc	1,68	1,69	1,73	1,97	2,29	2,37
Merkury	3,04	3,04	3,10	3,45	4,08	4,27
Wenus	7,27	7,28	7,33	7,76	9,25	10,13
Ziemia	7,91	7,91	7,97	8,43	10,04	11,01
Mars	3,59	3,60	3,64	3,98	4,75	5,04
Jowisz	42,02	42,03	42,05	43,21	44,52	52,85
Saturn	25,07	25,08	25,09	25,28	26,80	31,95
Uran	15,52	15,53	15,56	15,83	17,66	20,86
Neptun	17,46	17,47	17,50	17,83	19,97	23,53
Pluton	11,12	11,14	11,30	12,43	14,79	15,61

Pierwszą prędkością kosmiczną (prędkością kołową) nazywamy taką prędkość, która niezbędna jest obiektowi do poruszania się po orbicie kołowej wokół ciała niebieskiego. Prędkość ta ma różne wartości dla różnych promieni orbit.Jej wartość można wyznaczyć na podstawie równości sił grawitacji i odśrodkowej działających na obiekt kosmiczny na orbicie kołowej:

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{\left(R + H^2\right)} = \frac{m \cdot v^2_k}{R + K}$$

Otrzymujemy stąd wzór na pierwszą prędkość kosmiczną na orbicie o promieniu R+H wokół ciała niebieskiego o masie M:

$$v_k = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R + H}}. \qquad (4)$$

Należy zwrócić uwagę (por. tabela 1.6), że prędkości kołowe na orbitach wokół ciał dużych są większe. Maleją one ze wzrostem wysokości orbit. Porównując drugie kolumny tabel 1.5 i 1.6 można stwierdzić, że prędkości charakterystyczne dla orbit o wysokości H=0 km są równe prędkościom kołowym (pierwszym prędkościom kosmicznym) dla tych samych orbit. Wynika to zresztą bezpośrednio z porównania wzorów (3) i (4).

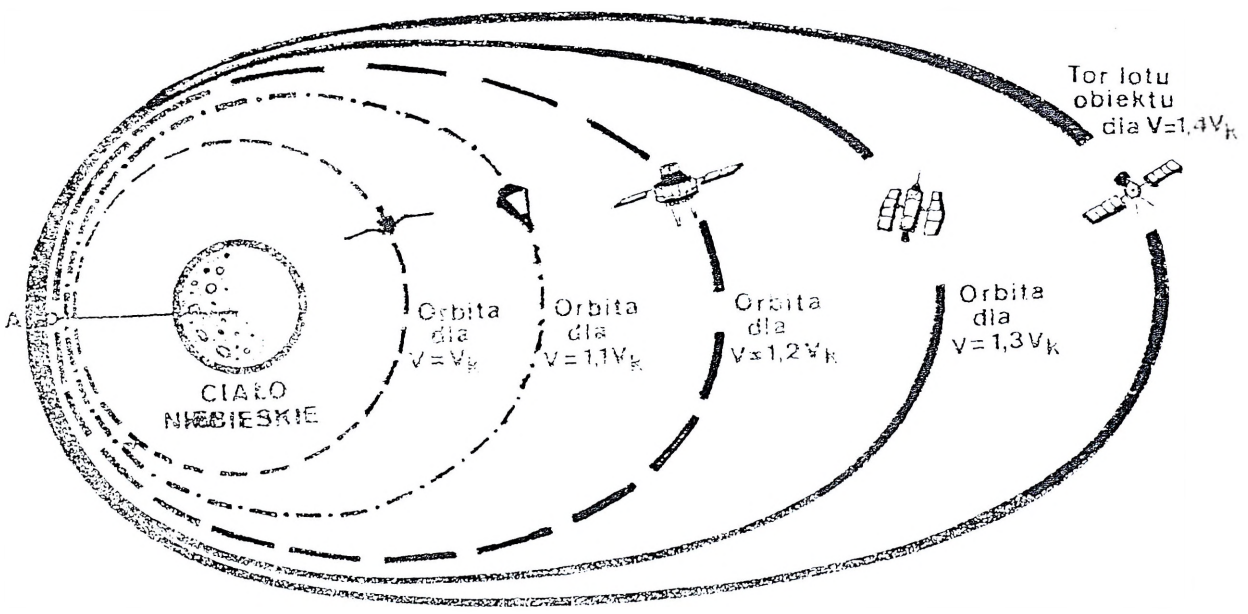
Tabela 1.6.

Prędkości charakterystyczne dla różnych ciał niebieskich

Ciało niebieskie	Pierwsze prędkości kosmiczne [km/s] na wysokości					
	0 km	10 km	100 km	1000 km	10000 km	100000 km
Słońce	436,80	436,80	436,77	436,49	433,70	408,44
Księżyc	1,68	1,68	1,64	1,34	0,65	0,22
Merkury	3,04	3,03	2,98	2,56	1,34	0,47
Wenus	7,27	7,26	7,21	6,74	4,48	1,74
Ziemia	7,91	7,91	7,85	7,35	4,93	1,94
Mars	3,59	3,59	3,54	3,16	1,81	0,65
Jowisz	42,02	42,02	41,99	41,73	39,37	27,17
Saturn	25,07	25,07	25,05	24,87	23,22	15,38
Uran	15,52	15,52	15,49	15,21	13,04	6,83
Neptun	17,46	17,46	17,42	17,09	14,53	7,48
Pluton	11,12	11,10	10,94	9,63	5,34	1,90

Dotychczas rozpatrywaliśmy sytuacje, w których obiekty kosmiczne były wysyłane w przestrzeń wokół ciał niebieskich z taką prędkością charakterystyczną v_{ch}, aby na orbicie kołowej osiągnąć prędkość kołową v_k. Co jednak stanie się, gdy obiekt osiągnie na orbicie prędkość większą niż v_k, to znaczy: $v=\gamma v_k$ ($\gamma>1$)? Otóż będzie wtedy poruszał się nie na orbicie kołowej, lecz eliptycznej, a ciało niebieskie będzie w jednym z ognisk tej elipsy (rys.1.5). Energia całkowita ciała (potencjalna i kinetyczna łącznie) w punkcie A wynosi:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_k^2 \left(\gamma^2 - 2\right) \tag{5}$$



Rys.1.5. Kształty orbit w zależności od prędkości ruchu obiektów kosmicznych

Dopóty, dopóki energia całkowita jest ujemna ($E_c<0$) obiekt porusza się po torze zamkniętym wokół ciała niebieskiego. Jeżeli energia ta jest dodatnia lub równa 0 ($E_c \geq 0$), obiekt oddala się od nieskończoności - „ucieka" od ciała niebieskiego. Dzieje się tak, gdy:

$$\bar{v} \geq \sqrt{2 \cdot v_k}$$

Mamy zatem do czynienia z dwoma sposobami ruchu obiektu kosmicznego w stosunku do ciała niebieskiego:

1) jeżeli prędkość obiektu w pewnej odległości od ciała nie jest mniejsza od prędkości kołowej v_k dla tej wysokości[22], lecz mniejsza niż $v_k \sqrt{2 \cdot (v_k} \leq \bar{v} < \sqrt{2.v_k})$, to obiekt porusza się po orbicie zamkniętej (dla $\bar{v} = v_k$) jest to orbita kołowa, dla $v_k < \bar{v} < \sqrt{2.v_k})$ - orbita eliptyczna);

2) jeżeli prędkość w pewnej odległości od ciała jest co najmniej $\sqrt{2}$ razy większa od prędkości kołowej v_k dla tej wysokości $(\bar{v} \geq \sqrt{2.v_k})$, to obiekt porusza się po torze otwartym - ucieka do nieskończoności i nie wraca ku ciału niebieskiemu (gdy $(\bar{v} = \sqrt{2.v_k})$, to tor jest parabolą, a gdy $(\bar{v} > \sqrt{2.v_k})$ - hiperbolą).

Przedstawione zależności dotyczące pierwszej prędkości kosmicznej (prędkości kołowej) ułatwiają interpretację pojęć **drugiej i trzeciej prędkości kosmicznej**. Są to, odpowiednio, prędkości ucieczki obiektu kosmicznego od planety i od Słońca. Fundamentalne znaczenie ma przy tym ustalenie, dla jakiej odległości od planety czy Słońca słuszna jest wyznaczona wartość prędkości[23]. Dzieje się tak dlatego, że prędkości ucieczki od ciał niebieskich zależą od odległości „uciekających" obiektów. Im mniejsza jest odległość od ciała, na której rozpoczyna się ta ucieczka, tym większą prędkość trzeba nadać obiektowi kosmicznemu. Liczbowo można to wyrazić, wykorzystując wzór na prędkość kołową v_k (4) i wprowadzając czynnik $\sqrt{2}$, wynikający z przeprowadzonych powyżej rozważań o kształtach torów lotu obiektów kosmicznych:

---

[22] Gdy prędkość obiektu jest mniejsza od prędkości kołowej, to obiekt spadnie na powierzchnię ciała niebieskiego.

[23] Druga prędkość kosmiczna określa warunki, w których obiekt oddala się od ciała niebieskiego, stając się satelitą Słońca. Obiekt, który uzyska trzecią prędkość kosmiczną, opuszcza Układ Słoneczny.

$$v_{uc} = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R + H}}. \qquad (6)$$

Wzór na prędkość ucieczki (6) jest słuszny zarówno dla drugiej,jak i dla trzeciej prędkości kosmicznej. Wystarczy podstawić do niego odpowiednie dane (dotyczące wybranej planety lub Słońca) - por. tabela 1.7.

Tabela 1.7

Druga i trzecia prędkość kosmiczna dla wybranych ciał niebieskich

Ciało niebieskie	Druga prędkość kosmiczna [km/s]	Trzecia prędkość kosmiczna [km/s]
Słońce	617,73	617,7
Księżyc	2,38	42,1
Ziemia	11,19	42,1
Merkury	4,30	67,6
Wenus	10,28	49,5
Mars	5,08	34,1
Jowisz	59,43	18,4
Saturn	35,45	13,6
Uran	21,95	9,6
Neptun	24,69	7,7
Pluton	15,72	6,7

Jak wynika z powyższej tabeli, w kierunku peryferii naszego układu gwiezdnego maleje trzecia prędkość kosmiczna. Można by ten fakt wykorzystać,przygotowując loty poza Układ Słoneczny, przewidując wysyłanie obiektów nie z Ziemi, lecz ze stacji kosmicznych znajdujących się w dużych odległościach od Słońca.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, że w celu wysłania obiektu poza Układ Słoneczny z powierzchni Ziemi nie trzeba mu nadawać prędkości zamieszczonej w trzeciej kolumnie tabeli 1.7 (42,1 km/s). Taką prędkość należałoby nadać obiektowi orbitującemu wraz z Ziemią wokół Słońca. Na-

tomiast obiekt startujący z Ziemi wykorzystuje prędkość, jaką Ziemia ma w swym ruchu wokół słońca (około 30 km/s). Jeżeli więc wyślemy obiekt w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu Ziemi[24], wystarczy mu w praktyce nadać prędkość względem Ziemi około 16,7 km/s. Podana wartość jest wyznaczona z wykorzystaniem obliczeń numerycznych i wynika z uwzględnienia wzajemnych oddziaływać Słońca, Ziemi i obiektu kosmicznego.

Wartości drugiej i trzeciej prędkości kosmicznej maleją ze wzrostem odległości od ciała niebieskiego. W odniesieniu do trzeciej prędkości widać to w tabeli 1.7. Zależność wartości drugiej prędkości kosmicznej względem Ziemi od odległości od naszej planety ilustruje tabela 1.8.

Tabela 1.8

Wartości drugiej prędkości kosmicznej względem Ziemi w zależności od odległości od jej powierzchni

Wysokość nad powierzchnią Ziemi [km]	9	10	100	1000	10000	100000
Wartość II prędkości kosmicznej [km/s]	11,2	11,2	11,1	10,4	7,0	2,7

Okres obiegu satelity po orbicie kołowej

Dotychczas rozpatrywaliśmy prędkości, z jakimi obiekty poruszają się w przestrzeni kosmicznej. Z wojskowego punktu widzenia największe zastosowanie mają obecnie obiekty poruszające się po orbitach zamkniętych. Istotne znaczenie ma przy tym okres ich obiegu, zależny od prędkości kołowej na danej orbicie (por. zależność (4)). Dla orbit kołowych ma on wartość:

$$T = \frac{2\pi(R+H)}{v_k} = 2\pi\sqrt{\frac{(R+H)^3}{G\cdot M}} \qquad (7)$$

[24] Podobnie można wykorzystywać ruch obiegowy innych planet wokół Słońca.

W wielu systemach wojskowych stosowane są satelity, których okres obiegu T wokół planety równy jest jej okresowi obrotu τ wokół własnej osi[25]. Satelity takie są niejako „zawieszone" nad jednym, wybranym punktem planety. Satelita stacjonarny spełnia zależność:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+H)^3}{G \cdot M}} = \tau$$

a stąd wynika, że wysokość jego orbity wynosi:

$$H = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M \cdot \tau^2}{4\pi^2}} - R \cdot$$

Tabela 1.9

Wysokość orbit satelitów stacjonarnych

Planeta	Okres obiegu równy okresowi obrotu [h]	Wysokość orbity nad powierzchnią planety [km]
Merkury	1406,40	241441
Wenus	5832,008	1527495
Ziemia	24,00	35871
Mars	24,72	17246
Jowisz	9,84	87328
Saturn	10,32	49529
Uran	10,80	36499
Neptun	15,84	60171
Pluton	153,60	139155

Wysokości orbit satelitów stacjonarnych dla poszczególnych planet Układu Słonecznego zestawione są w tabeli 1.9. Dane w niej przedstawione wymagają komentarza. Otóż w kolumnie trzeciej zostały zamieszczone wysokości orbit satelitów stacjonarnych. Dla Merkurego i Wenus ma to tylko zna-

[25] W odniesieniu do Ziemi satelita taki nazywa się geostacjonarnym.

czenie teoretyczne, wyznaczone orbity leżą bowiem poza strefą aktywności tych planet, nie można więc umieścić satelitów na wyznaczonych orbitach kołowych.

Jak wspomniano, satelity znajdujące się na wymienionych w tabeli 1.9 orbitach są „zawieszone" nad wybranym punktem planety. Warunki obserwacji z takiego satelity (pomijając inne czynniki, jak na przykład przezroczystość atmosfery) są najlepsze na Marsie (najmniejsza odległość od powierzchni planety), a najgorsze na Plutonie.

Zgodnie z zależnością (7), satelity umieszczone na orbitach niższych niż podane w tabeli 1.9 mają okres obiegu krótszy niż okres obrotu planety wokół jej osi. Umożliwia im to kilkakrotny przelot nad wybranymi obszarami w ciągu jednej „doby planetowej". Jeżeli natomiast satelita znajduje się na orbicie wyższej, niż wykazana w tabeli 1.9, nie obiega planety nawet raz w ciągu jednej „doby".

1.2. Satelity rozpoznawcze

Na miano pierwszego sztucznego satelity rozpoznawczego zasługuje amerykański Explorer[26], wystrzelony 31.1.1958 r. Jego aparatura dokonała odkrycia tak zwanych pasów Van Allen. Oczywiście nie było to rozpoznanie wojskowe w pełnym słowa znaczeniu. Dopiero od 1960 r. narastał rozwój różnych satelitów rozpoznawczych. Charakterystyczne jest przy tym, że nie dysponujemy uwiarygodnionymi informacjami na temat satelitów byłego ZSRR a obecnie Rosji. Tajemniczość Rosjan była doprowadzona do swoistego absurdu.W ciągu kilkunastu lat podawali informację o wystrzeleniu zało-

[26] Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1974. T. 2, s. 870.
Encyklopedia techniki wojskowej. MON. Wyd. II, s. 622.

gowego statku kosmicznego dopiero po jego pomyślnym usytuowaniu na orbicie.

W efekcie powyższego dysponujemy danymi o systemach satelitarnych państw zachodnich, głównie USA. Trzeba podkreślić, że wiemy to co Amerykanie ujawnili. Zainteresowani nie mają interesu w ujawnianiu wszystkich tajemnic. Tym niemniej znając parametry ogólne można dochodzić do szczegółów poprzez obliczenia oparte na znanych prawach fizycznych.

Pod względem wykorzystywanej aparatury wyróżniane są satelity rozpoznawcze[27]: **fotograficzne, elektroniczne i telewizyjne.** Do aparatury pierwszej należą urządzenia zbierające informacje w podczerwieni, natomiast aparatura elektroniczna może funkcjonować w paśmie częstotliwości radiolokacyjnej lub radiowej.

Stosowane są też inne podziały, wynikające z przeznaczenia i środowiska rozpoznawania obiektów, co obrazuje tabela[28] 1.10.

Rozpoznanie satelitarne jest najstarszą dziedziną zastosowania sztucznych satelitów Ziemi. Stopniowo tworzono coraz doskonalsze systemy rozpoznania, obejmujące: aparaturę rozpoznawczą i satelity; układy transportujące na Ziemię wyniki rozpoznania, a później urządzenia odległościowego przekazywania danych;ośrodki naziemne odbioru informacji,ich przetwarzania i ściśle określonego rozpowszechniania. O rozpoznaniu kosmicznym ukazuje się stosunkowo dużo materiałów. Nie są one jednak w pełni wiarygodne. Często spotyka się opisy zawierające dane bądź to przestarzałe, bądź celowo lub nieświadomie fałszowane. Można przypuszczać, że dezinformacja, podobnie jak jak w innych dziedzinach militarnych, służyć ma ukryciu stanu rzeczywistego. Gdy chodzi o demonstrowanie swej wyższości, potencjalni rywale przesadnie podkreślają możliwości swoich systemów rozpoznania kosmicznego.

---

[27] Ma encyklopedia wojskowa. MON, 1971. T. 3, s. 125.

[28] Na podstawie szczątkowych informacji wybranych przez autorów z różnych wydawnictw. Wacław Świątnicki, Zbigniew Świątnicki. Wojna w kosmosie? MON, 1990, s. 312-316.

Tabela 1.10

Charakterystyka wybranych satelitów rozpoznawczych państw NATO

Nazwa satelity	Przynależność państwowa	Przeznaczenie	Podstawowe parametry techniczne	Zakres wykorzystywania	Uwagi
1	2	3	4	5	6
SATELITY ROZPOZNANIA FOTOGRAFICZNEGO					
Samos (Satelite and Missile Observation System)	USA	fotograficzne rozpoznanie ogólne obiektów militarnych na dużych powierzchniach kuli ziemskiej	masa - 3 t długość - 8 m średnica - 1,5 m rodzaj orbity - biegunowa, eliptyczna (heliosynchroniczna) wysokość orbity - 135-410 km kąt nachylenia - 96°-110° żywotność na orbicie - 25-50 dni	wykorzystywany od 1960 r.; dane uzyskiwane za pomocą tych satelitów służą do planowania rozpoznania szczegółowego satelitami Big Bird i KH-11. Samos ma urządzenia do radiowego przesyłania zdjęć oraz zasobniki do zrzutu naświetlonych błon fotograficznych na Ziemię.	będzie prawdopodobnie użytkowany do wyczerpania zapasów a potem w nowej wersji
Big Bird	USA	rozpoznanie ogólne i szczegółowe obiektów militarnych	masa - 13,6 t długość - 15,2 m średnica - 3 m rodzaj orbity - biegunowa, eliptyczna (heliosynchroniczna) wysokość orbity (podstawowa) - 160-270 km kąt nachylenia - 97° czas pełnego obiegu orbity podstawowej - 89 minut żywotność na orbicie - 261 dni	wykorzystywane od 1971 r.: na satelicie mogą być użytkowane jednocześnie dwa zestawy kamer fotograficznych: a) szerokokątne do rozpoznania ogólnego; b) o długich ogniskowych do rozpoznania szczegółowego (małe kąty widzenia); przekazywanie wyników drogą radiową i przez zrzut na Ziemię naświetlonych błon.	żywotność pierwszej generacji wynosiła 52 dni Zrzut błon w pierwszych latach użytkowania

1	2	3	4	5	6
KH-11	USA	jak wyżej	masa - 13,6 t długość - 19,5 m średnica - 2 m. rodzaj orbity - biegunowa, eliptyczna (heliosynchroniczna) wysokość orbity - 250-530 km kąt nachylenia - 97° czas pełnego obiegu - 94 minuty żywotność na orbicie - 110 dni	wykorzystywane od 1976 r.; wyposażenie i możliwości - jak wyżej; przekazywanie wyników fotografowania drogą radiową w czasie zbliżonym do rzeczywistego	żywotność pierwszej generacji - 770 dni. Przed wojną nad Zatoką Perską wystrzelono dodatkowe satelity
Samro (Satellite Militaire de Reconnaissance Optique)	Francja	Rozpoznanie ogólne wybranych obszarów i obiektów militarnych	wysokość orbity - 820 km	spodziewane wprowadzenie do użytku na początku lat dziewięćdziesiątych	jest to modyfikacja cywilnego satelity SPOT
SATELITY WCZESNEGO OSTRZEGANIA					
Imes (Integrated Missile Early Warning Satellite)	USA	wykrywanie startu rakiet balistycznych ze wszystkich rodzajów wyrzutni oraz wybuchów jądrowych	masa - 1,2 t długość - 6,7 m średnica - 2,7 m rodzaj orbity - geostacjonarna żywotność na orbicie - nieograniczona aparatura - czujniki podczerwieni i ultrafioletu oraz mierniki promieniowania jądrowego	wykorzystywane od 1970 r.; zasadniczym wyposażeniem jest zespół 2000 czujników podczerwieni odchylanych podczas detekcji o kąt 7,6°	podobne przeznaczenie miały wcześniejsze satelity Midas

1	2	3	4	5	6
Rhyolite	USA	wykrywanie startu rakiet balistycznych (ze wszystkich rodzajów wyrzutni), prób rakietowych oraz eksplozji jądrowych	masa - 2,3 t długość - 8,6 m średnica - 2,7 m rodzaj orbity - geostacjonarna żywotność na orbicie - nieograniczona aparatura - czujniki podczerwieni i ultrafioletu oraz mierniki promieniowania jądrowego	wykorzystywane od 1973 r.; podobnie jak Imes; w przyszłości maja być zastosowane detektory mozaikowe; satelity te mają być zdolne do wykrywania pocisków manewrujących i samolotów w ruchu	ten typ satelity ma być systematycznie doskonalony
SATELITY ROZPOZNAWCZE OBIEKTÓW MORSKICH					
Eprsat (Elektronic Inteligence Ocean Reconnaissance Satellite)	USA	rozpoznawanie obiektów nawodnych i podwodnych oraz warunków hydrograficznych i atmosferycznych na użytek sił morskich USA i ich sojuszników (dla decydentów i środków uderzeniowych)	wysokość orbity - 1600 km kąt nachylenia orbity - 65° żywotność na orbicie - 1600 lat aparatura - czujniki podczerwieni i mikrofalowe, urządzenia rozpoznania radiowego	wykorzystywane od 1976 r.; system składa się prawdopodobnie z 3 grup satelitów rozmieszczonych na orbicie co 120° (daje to pełne pokrycie kuli ziemskiej); grupa składa się z satelity głównego i 3 mniejszych, krążących po równoległych orbitach	satelita rejestruje głębokość wód, wysokość fal morskich, zasolenie, prądy, temperatury; wykorzystuje się nasłuchy korespondencji radiowej przeciwnika
NROSS (Navy Remote Ocean Sensing System)	USA	jak wyżej	wysokość orbity - 1100 km kąt nachylenia orbity - 63° żywotność na orbicie - 1600 lat aparatura - czujniki mikrofalowe, urządzenia rozpoznania radiowego	planowe jest użytkowanie przez siły morskie do rozpoznawania przeciwnika i warunków działań bojowych oraz przez statki cywilne do bezpiecznej żeglugi (od 1990r.).	

W niespełna dwa lata od wystrzelenia pierwszego radzieckiego sztucznego satelity Ziemi Amerykanie uruchomili system rozpoznania kosmicznego Discoverer, a w 1961 r. program Samos. Od tego czasu, oprócz doskonalenia istniejących programów, tworzono nowe, wyspecjalizowane. Stosownie do zakładanych celów opracowano systemy rozpoznania ogólnego i szczegółowego, a następnie ostrzegania satelitarnego. Powiększano także stopniowo arsenał urządzeń technicznych służących do prowadzenia rozpoznania kosmicznego. Pierwszymi środkami zbierania informacji były odpowiednio dostosowane aparaty fotograficzne, a następnie aparatura termalna i radioelektroniczna. Doświadczenia z wykorzystaniem aparatury telewizyjnej nie potwierdziły jej skuteczności, zwłaszcza w odniesieniu do rozpoznania szczegółowego.

W ciągu niespełna 40 lat rozwoju rozpoznania kosmicznego uczyniono w tej dziedzinie wiele. Ciekawe są zarówno jego dzieje, jak i obecnie realizowane programy oraz dążenia rozwojowe.

Przedstawione w tabeli 1.10 satelity są wyspecjalizowane głównie do rozpoznawania obiektów lądowych, morskich oraz powietrznych we właściwym im środowisku lub na Ziemi. Interesują nas satelity rozpoznawcze przydatne w rozpoznaniu wojskowym. Trudno jednak pominąć zupełnie inne statki kosmiczne, w tym załogowe, poza wymienionymi w tabeli 1.10. Mamy na uwadze aparaturę rozpoznawczą stosowaną w statkach, najczęściej jednorazowego użytku, służącą do badania Kosmosu. Pomijamy ręczne aparaty fotograficzne, chociaż i one odegrały znaczącą rolę, na przykład w wyprawach na Księżyc amerykańskich statków kosmicznych Apollo[29]. Na Księżycu wylądowało 6 statków z 12 kosmonautami. Oprócz telewizyjnych obrazów transmitowanych bezpośrednio, zalety mają także zdjęcia fotograficzne.

[29] Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1973. T. 1, s. 114.

Penetracja Kosmosu ma frapującą historię i przypomnienie ważniejszych wydarzeń umożliwia wyrobienie sobie sądów o możliwościach rozpoznawania Ziemi i Kosmosu. Od pierwszego lotu człowieka na pokładzie satelity (12.4.1961 r.) do lądowania na Księżycu[30] (20.07.1969 r.) upłynęło zaledwie 8 lat. Wcześniej i później miały miejsce istotne wydarzenia. W 1960 r. Amerykanie umieścili na orbicie wokółziemskiej wojskowego satelitę ostrzegawczego Midas-2 i po nim satelitę z aparaturą telewizyjną Echo-1. (Uczyniono pośpiesznie bowiem wtedy już USA i były ZSRR dysponował wieloma rodzajami rakiet nośnych, uniemożliwiającymi penetrację Kosmosu, ale też zdolnymi przenosić głowice nuklearne w dowolny punkt kuli ziemskiej). Ponadto w tymże roku ZSRR wysłał sondę Wenus-1 w kierunku Wenus. Sonda przeleciała w odległości około 100 000 km od tej planety.

Kolejne lata wprawdzie nie wyróżniały się szczególnymi wydarzeniami w kosmosie, ale bez przesady można je uznać za lata pracy organicznej. W 1962 r. na uwagę zasługuje lot amerykańskiej sondy Mariner-2 doo koła Wenus (start 26 sierpnia 1962 r.). Natomiast sonda radziecka Mars-1, która wystartowała 1 listopada tego roku, przeleciała w pobliżu Marsa, po czym weszła na orbitę wokółsłoneczną.

W 1963 roku Amerykanie umieścili po raz pierwszy satelitę na orbicie geostacjonarnej (Syncom-2) oraz wystrzelili satelitę Vela - Hotel. Ten ostatni satelita przeznaczony był do wykrywania eksplozji jądrowych.

Amerykańska sonda Ranger-7 wystartowała 28 lipca 1964 r. w celu wykonania zdjęć drugiej strony Księżyca, a Mariner-4 został 28 listopada wysłany w kierunku Marsa. Dokonał fotografowania tej planety z odległości około 8700 km i przekazał obrazy na Ziemię.

Sporą aktywność w kosmosie odnotowano w 1965 r., chociaż nie było osiągnięć wielkiej miary. Podczas lotu Woschoda-2, który odbył się 18 i 19

---

[30] Tamże.

marca, Aleksiej Leonow wyszedł na zewnątrz statku, potwierdzając wcześniejszą wiedzę o warunkach orbitowania i możliwości pracy człowieka w otwartej przestrzeni kosmicznej. W tymże roku ZSRR wysłał w pobliże Księżyca Sondę-3, przeprowadził pierwsze, zdalnie sterowane, połączenie statków Kosmos-186 i 188, a sonda Wenus-3, odpalona 16 listopada 1965 r., dotarła do Wenus. Amerykanie przeprowadzili w marcu próby z pierwszym manewrującym satelitą Gemini-3, w kwietniu transmitowali za pomocą satelity Early Bird obrazy Księżyca, a w grudniu nastąpiło pierwsze spotkanie w kosmosie ich statków Gemini-6A i Gemini-7. Wysłane w lutym i marcu sondy Ranger-8 i 9 dostarczyły dużej liczby bardzo wyraźnych zdjęć nie rozpoznanych wcześniej wystarczająco rejonów Księżyca.

Zainteresowania Związku Radzieckiego w 1966 r. koncentrowały się na badaniach Księżyca. Łuna-9, wystrzelona 31 stycznia, pomyślnie wylądowała 3 lutego na Księżycu w pobliżu krateru Cavalerius. Stacja ta przekazała na Ziemię około 6000 zdjęć. Umożliwiły one, między innymi, wnioskowanie o naturze powierzchni Księżyca. Kolejna stacja, Łuna-13, wylądowała na Księżycu ostatniego dnia 1966 r. Oprócz kamery telewizyjnej była ona wyposażona w urządzenia do wykonywania badań mechanicznych właściwości gruntu księżycowego. Wyznaczono, między innymi, gęstość powierzchniowej warstwy Księżyca oraz stwierdzono jej znaczną porowatość.

Również Amerykanie prowadzili w 1966 r. z wielkim rozmachem badania Księżyca. Ich Surveyor-1 osiadł na Księżycu 2 czerwca między kraterami Hansteen i Flamsteed, około 800 km od miejsca lądowania Łuny-9, Surveyor-2, podobnie jak później Surveyor-4, uległ zniszczeniu przy lądowaniu. Ponadto w 1966 r. Amerykanie przeprowadzili szereg prób łączenia obiektów kosmicznych na orbicie. Kolejno: Gemini-8 w dniach 16-17 marca, Gemini-9 3-6 czerwca, Gemini-10 18-21 lipca, Gemini-11 12-15 września oraz Gemini-12 od 11 do 15 listopada, dokonywały w jednym locie wielokrotnych zbliżeń

i połączeń z różnymi wersjami statków zwanych Agena Target Wehicle. Kosmonauci, w tym przyszły lunonauta Edwin Aldrin, przebywali wiele razy poza statkiem.

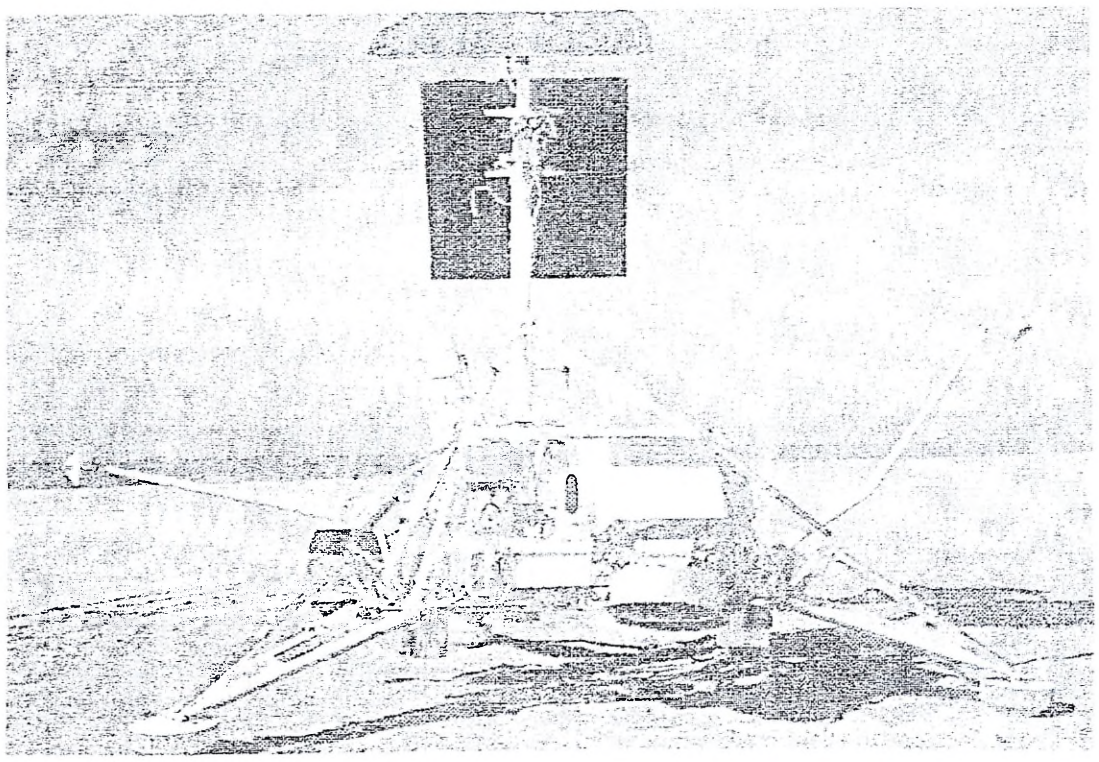
W latach 1967-1968 nadal dominowało zainteresowanie Księżycem[31]. W czerwcu 1967 r. lądował na Księżycu próbnik Surveyor-3, a po nim jeszcze Surveyor-5 i 6. Siódmy pojazd tego typu został wysłany na Księżyc w styczniu 1968 r. Wszystkie te pojazdy były wyposażone w kamery telewizyjne przesyłające zdjęcia na Ziemię. Surveyor-3 dokonał zaplanowanej analizy powłoki Księżyca. Ogólnym celem wysyłania tych pojazdów było rozpoznanie warunków przyszłego lądowania ludzi na Księżycu, w tym ewentualny wybór miejsca lądowania.

Po 26 godzinach i 45 minutach lotu, podczas manewru do lądowania, 24 kwietnia 1967 r. zginął Władmiri Komarow. Nie rozwinął się spadochron lądowiska statku Sojuz-1. Zdarzenie to nie pozostało chyba bez wpływu na śmiałość poczynań radzieckich w najbliższych latach. W 1968 r. ZSRR przeprowadził tylko jeden eksperyment: Gieorgij Bieriegowoj na Sojuzie-3 wykonał od 26 do 30 października dwukrotne spotkanie na orbicie z bezzałogowym Sojuzem-2, a ponadto dokonywał zmiany orbity.

Programy o wielkim rozmachu realizowali w 1969 r. Amerykanie. Mieli już za sobą załogowy lot Apolla wokół Księżyca z grudnia 1968 r. Kolejnym krokiem był eksperyment zrealizowany z użyciem Apolla-9. Polegał on na oddzieleniu od statku lądownika LM, oddaleniu go na 180 km i ponownym połączeniu ze statkiem. Lot odbył się między 3 a 13 marca 1969 r.

Po dwóch miesiącach, 18 maja, Stany Zjednoczone wystrzeliły statek Apollo-10, wyposażony w lądownik LM. Była to ostateczna próba przed lotem na Księżyc. Statek został wprowadzony na orbitę wokółksiężycową, na której krążył prawie 62 godziny. W tym czasie John Young oddzielił LM od

[31] Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1974. T. 2, s. 570.



Rys.1.6. Lądownik księżycowy sondy Surveyor (Kosmiczeskaja tiechnika, s.112).

statku Apollo-10 na około osiem godzin. Zbliżył się do Księżyca na odległość 15 km, po czym połączył się ze statkiem macierzystym. Szczęśliwy powrót tej wyprawy na Ziemię kończył program bezpośrednich przygotowań do lądowania na Księżycu.

16 lipca 1969 r. nastąpił historyczny start Apolla-11[32]. Bezpośredni obserwatorzy oraz telewidzowie na wszystkich kontynentach patrzyli, jak ponad stumetrowej wysokości rakieta Saturn-5 unosiła się majestatycznie w górę. Sprawiała to siła ciągu podstawowego stopnia rakiety S-1C, wynosząca 3900 Mp, odpowiadająca mocy 23600000 KM. W ciągu około 150 sekund pracy pierwszego stopnia rakiety uległo spaleniu 2000 ton materiałów pędnych, po czym nastąpiły cykle pracy kolejno drugiego i trzeciego stopnia rakiety. Na jej szczycie znajdował się trzyczęściowy kompleks o masie 45 t, składający się z przedziału załogowego, części napędowej oraz około piętnastotonowego

[32] Wacław Świątnicki, Zbigniew Świątnicki. Wojna w Kosmosie". MON, 1990, s. 294.

lądownika LM. Lądownik stanowiły dwa układy. Pierwszy, wyposażony w silnik rakietowy i nogi, przeznaczony był do sterowanego lądowania na Księżycu. Układ drugi składał się z kabiny dwuosobowej załogi o pojemności ponad 6 m^3 oraz silnika rakietowego zapewniającego start z Księżyca, wprowadzenie tej części lądownika na orbitę statku Apollo i przeprowadzenie manewru połączenia z tym statkiem.



Rys.1.7. Moment stawiania stopy na Księżycu przez Edwina Aldrina. Fotografował pierwszy człowiek, który dotknął stopą Księżyca, Neil Armstrong (Kosmiczeskaja tiechnika, s. 143).

Załoga Apolla-11 osiągnęła orbitę wokółksiężycową 19 lipca. Nazajutrz Neil Armstrong, jako dowódca Apolla, i pilot Edwin Aldrin dotarli lądownikiem na powierzchnię Księżyca w rejonie Morza Spokoju o godzinie 21.18 czasu środkowoeuropejskiego. Pilot Michel Collins w statku Apollo pozostawał na orbicie wokółksiężycowej. Dopiero 21 lipca o godzinie 3.50 Neil Armstrong postawił stopę na powierzchni Księżyca, a w ślad za nim uczynił to drugi kosmonauta. Ponad 2,5 godziny przebywali obaj poza statkiem, prowadząc zaplanowany rekonesans w promieniu 250 m. Po 21,5 godzinach pobytu na Księżycu załoga wystartowała górnym członem LM do lotu powrot-

nego. Zabrała ze sobą niemal 22 kg materii księżycowej. Na Srebrnym Globie pozostawiono zestaw aparatury badawczej, której najważniejszymi elementami były sejsmometry i bierne zwierciadło przeznaczone do odbijania docierających z Ziemi promieni laserów. Lot powrotny i pomyślne wodowanie załogi na Ziemi 24 lipca kończyło obserwowaną z wielkim napięciem misję Apolla-11. Otwierała ona nowy rozdział w podboju kosmosu.

Kolejny lot na Księżyc, statku Apollo-12, odbył się w dniach 14-24 listopada 1969 r. Lądownik z następnymi dwoma kosmonautami osiadł na Oceanie Burz obok Surveyora-1, który wylądował w tym miejscu w 1967 r. Załoga przebywała niemal 8 godzin poza lądownikiem i opuściła Księżyc po 31 godzinach i 31 minutach. Przywiozła na Ziemię materię Księżyca i fragmenty Surveyora-3 o łącznej masie ponad 34 kg.

Trzeci lot Amerykanów na Księżyc, statkiem Apollo-13, rozpoczęty 11 kwietnia 1970 r., zakończył się niepomyślnie. W odległości 66000 km od Księżyca nastąpiło rozerwanie zbiornika z tlenem zasilającym ogniwa paliwowe statku. Wynikły liczne perturbacje. Mimo to, po jednym okrążeniu Księżyca, załoga zdołała skierować statek ku Ziemi. Stało się to możliwe dzięki wcześniejszemu przygotowaniu załogi (jak zresztą wszystkich załóg) do ewentualnego powrotu z dowolnego punktu drogi kosmicznej. Zdarzenie to spowodowało nieznaczne opóźnienia w realizacji kolejnych wypraw w ramach programu Apollo. Już ostatniego dnia stycznia i w lipcu 1971 r. wystartowały statki Apollo-14 i 15. Ich załogi zrealizowały znacznie szersze programy badań Księżyca niż poprzednie. W roku kolejnym, w sierpniu i grudniu 1972, misje księżycowe zrealizowały załogi Apollo-16 i 17, kończąc amerykański program lotów na Księżyc. Przełom lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych przyniósł Stanom Zjednoczonym wielkie sukcesy w kosmosie.

W tym czasie, zarówno w 1969 r. jak i w trzech kolejnych latach, Związek Radziecki nie przejawiał aktywności w dalekodystansowych lotach

kosmicznych. Natomiast duże znaczenie w jego badaniach miały kosmiczne pojazdy bezzałogowe. We wrześniu 1970 r. wylądowała na Księżycu automatyczna stacja Łuna-16 (na obszarze Morza Obfitości). Pobrała próbki gruntu księżycowego i część sondy wraz z pojemnikiem powróciła na Ziemię, lądując łagodnie na terytorium ZSRR. Natomiast dolna część sondy, wraz z aparaturą do pomiarów fizycznych, pozostała na Księżycu w charakterze stacji badawczej, transmitującej na Ziemię wyniki pomiarów.

W listopadzie 1970 r. na Morzu Deszczów Księżyca wylądowała radziecka stacja Łuna-17 zawierająca w swym wnętrzu pojazd księżycowy Łunochod-1. Pojazd ten funkcjonował ponad 11 miesięcy, pracując podczas dni księżycowych. Przebył drogę ponad 10,5 km. Wykonał przeszło 200000 różnych zdjęć fotograficznych.

Wyniesienie w kosmos masy 1 kilograma[33] ma określoną cenę, stosownie do pożądanych warunków umieszczenia jej w przestrzeni.

Można powiedzieć, że w latach sześćdziesiątych i na początku siedemdziesiątych, obok wielkich osiągnięć lotów załogowych, uczyniono ogromny postęp w tworzeniu i wykorzystywaniu bezzałogowych pojazdów kosmicznych. Śmierć trzech radzieckich kosmonautów podczas powrotu z kosmosu 29 czerwca 1971 r. z pewnością była ostrzeżeniem. Nieszczęście spowodowane zostało rozhermetyzowaniem się kabity Sojuza-11, którym wykonywano lot. Wydarzenie to miało brzemienne skutki. ZSRR zawiesił loty załogowe w kosmos na ponad dwa lata. Dopiero 27 września 1973 r. wystartował w kosmos kolejny statek, Sojuz-12, z dwuosobową załogą na pokładzie. Amerykanie w tym okresie nie przejawiali aktywności. Po ostatniej misji na Księżyc załogi Apolla-17, w grudniu 1972 r., do 1980 r. Amerykanie wykonali tylko cztery loty załogowe na orbity wokółziemskie, z tego trzy na statkach Apollo-

[33] W latach osiemdziesiątych średni koszt transportowania w kosmos 1 kilograma masy wynosił około 50000 dolarów. W różnych programach jednostkowe koszta mają zmienne wartości.

18, 19 i 20[34] odbyły się w 1973 r. Ostatni statek Apollo, z trzyosobową załogą, wykonał lot w lipcu 1975 r. Jego celem było spotkanie na orbicie i połączenie z radzieckim Sojuzem-19. Wspólny lot trwał około 54 godzin. Załogi statków wykonywały wiele eksperymentów.

W latach 1971-1980 Związek Radziecki zrealizował łącznie 29 lotów załogowych wykorzystując statki typu Sojuz. We wszystkich, z wyjątkiem ostatniego, uczestniczyły dwuosobowe załogi. Ostatni - Sojuz T3 - miał załogę trzyosobową i zakończył lot w grudniu 1980 r. W tym czasie odbyli loty kosmiczne reprezentanci różnych państw, w kolejności: Czechosłowacji, Polski, NRD, Bułgarii, Węgier, Wietnamu i Kuby. Reprezentant Polski, Mirosław Hermaszewski, brał udział w locie statku Sojuz-30 (z Piotrem Klimukiem) w czasie od 27 czerwca do 5 lipca 1978 r. Załoga realizowała liczne eksperymenty naukowe zaplanowane w Polsce, także z wykorzystaniem naszej aparatury.

Związek Radziecki badania Księżyca prowadził za pomocą sond Luna-22, 23 i 24, a równocześnie realizował jeszcze bardziej ambitne przedsięwzięcia w ramach programów Wenus, Mars i Sonda. Na Wenus lub w jej pobliże wysyłano kolejne sondy Wenus. W 1972 r. dotarła na jej powierzchnię Wenus-8, lądując tam na spadochronie. Przekazała na Ziemię informacje o składzie powierzchni planety i parametrach wiatru. Wenus-9 wysłano w 1975 r. na orbitę eliptyczną, odległą od Wenus w peryafrum o około 1500 km, a w apafrum o 112000 km. Podobne parametry orbity miały następne sondy. Wenus-11 i 12 zostały wystrzelone w 1978 r., a następne dopiero po upływie czterech lat.

Sondy Mars wystrzeliwano głównie we wczesnych latach siedemdziesiątych w okolice planety o tej nazwie. W 1971 r. umieszczono na orbitach

---

[34] Niektóre źródła określają te statki nazwą Skylab-2,3,4 łącząc Apolla tylko z wyprawami księżycowymi. W rzeczywistości Skylaby były bezpilotowymi stacjami orbitalnymi, do których cumowały załogowe statki Apollo wystrzeliwane w 1973 r.

marsjańskich dwie sondy, a w 1973 r. wystrzelono pięć kolejnych takich obiektów. Przedostatnia sonda Mars-6 wylądowała na Marsie, ale nie wykonała zadań transmisji informacji. Wcześniej Mars-4 nie wszedł na zaplanowaną orbitę, a Mars-3 nie przekazał oczekiwanych wiadomości. Również sonda oznaczona numerem 7 minęła Marsa, nie wchodząc w strefę jego oddziaływania, co było sprzeczne z programem lotu. Pozostałe wykonały przewidziane zadania, okrążając Marsa po orbitach eliptycznych, których peryarea oddalone były o około 1380 do 1760 km od powierzchni planety. Ze statków Mars-2 i 3 były zrzucane na planetę pojemniki opadające na spadochronach.

Badania bliskiej i dalekiej przestrzeni kosmicznej intensywnie prowadziły w latach siedemdziesiątych Stany Zjednoczone. Sondy wysyłane w ramach programu Pioneer docierały do Wenus, Saturna, Jowisza, Marsa, Urana i poza Układ Słoneczny. W programach amerykańskich dostrzegało się w tym czasie łączenie zadań. Jedną sondą, odpowiednio zaprogramowaną, penetrowano po kolei szereg planet w jednym locie. Na przykład Pioneer-10, wystrzelony w 1973 r., przeleciał w grudniu 1974 r. w rejonie Jowisza, w lutym 1975r. minął Saturna i opuścił Układ Słoneczny, podążając w kierunku gwiazdy Ross-248, odległej o ponad 10 lat świetlnych od Ziemi. Ma szansę dotrzeć do tej gwiazdy po 222000 lat. Na pokładzie sondy znajduje się pozłacana plakietka z wizerunkiem pary ludzkiej, symbolem Układu Słonecznego i atomu wodoru. Następna sonda, Pioneer-11, wystartowała także w 1973r. i przeleciała w odległości 42000 km od Jowisza oraz 21000 km od Saturna. Zdjęcia były przez nią przekazywane z odległości około 3 miliardów kilometrów. Na orbity wokół Wenus Amerykanie wysłali w latach 1977 i 1978 po jednej sondzie Pioneer - Wenus. Z drugiej z tych sond nastąpił zrzut trzech pojemników z aparaturą na powierzchnię Wenus.

W lipcu i wrześniu 1975 r. Stany Zjednoczone wystrzeliły w kierunku Marsa dwie bliźniacze sondy noszące nazwę Viking. Ich masa była wyjątko-

wo duża i wynosiła 3,5 t. Zastosowano w nich nowe rozwiązania konstrukcyjne i nową aparaturę, w tym mały reaktor atomowy. Obie sondy zostały wprowadzone na orbity eliptyczne, których peryareum wynosiło 1500 km. Sondy te miały po dwa zasobniki z aparaturą badawczą, zrzucone na Marsa. Spadochrony i silniki rakietowe zapewniały łagodne zetknięcie zasobników z powierzchnią Marsa. Wyniki pomiarów materii planety i zjawisk fizycznych występujących na Marsie były przesyłane na Ziemię za pośrednictwem aparatury radiowej Vikingów. Rozwiązanie takie przyniosło rezultaty znacznie lepsze od osiąganych uprzednio. Wysłana w 1971 r. w kierunku Marsa sonda Mariner-9 przekazała wprawdzie zdjęcia tej planety wykonywane z odległości 1400 km, a nawet zdjęcia tej planety wykonywane z odległości 1400 km, a nawet zdjęcia księżyców Dejmosa i Fobosa, ale dopiero wyniki uzyskane przez Vikingi satysfakcjonowały badaczy.

Znamiennym przykładem łączenia wielu zadań realizowanych za pomocą jednej sondy był program Marinera-10. Wystrzelony 3 listopada 1973 r., po dwóch miesiącach dotarł w pobliże Wenus, wykonał tam ponad 4000 zdjęć, po czym trzykrotnie fotografował Merkurego w odstępach sześciomiesięcznych. Znajomość i umiejętne wykorzystanie grawitacji różnych ciał niebieskich zapewniło zbliżenie się tej sondy do Wenus na odległość około 330km.

W miarę upływu czasu łączenie zadań nabiera coraz większego znaczenia. Pod koniec lat siedemdziesiątych zostały ciekawie zaplanowane zadania amerykańskich Voyagerów. Pierwsza sonda tego rodzaju wystartowała w 1978 r. Jej trasa przebiegała w odległości 280000 km od Jowisza i około 118000 km od Saturna. Po przelocie w pobliżu Urana droga sondy prowadziła poza Układ Słoneczny. Kolejny Voyager był wystrzelony w 1980 r. Przewidziano jego przelot w zasięgu optycznej widzialności Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna. Lot takich sond trwa kilka lat w Układzie Słonecznym i być może

nieskończenie długo poza tym układem. Mijając planety w odpowiedniej odległości, sondy takie mogą fotografować nawet w ciągu kilkudziesięciu godzin. Voyagery przesyłały na Ziemię od kilku do kilkunastu tysięcy zdjęć każdej z planet. Realizatorzy programu oceniają, że przekazywane przez nie zdjęcia i obrazy telewizyjne są wyższej jakości niż uzyskane wcześniej za pomocą satelitów Pioneer-10 i 11. Umieszczenie na pokładach tych sond tekstów w 60 językach i w tym wypadku świadczy o nadziei ludzi, że w bezkresie przestrzeni kosmicznej mogą istnieć cywilizacje podobne do naszej.

Badanie dalekiej przestrzeni kosmicznej, nawet tylko za pomocą sond bezzałogowych, jest niezmiernie kosztowne. Nie daje ono przy tym bezpośrednich efektów militarnych. Niemniej jednak są to badania podstawowe, będące koniecznym wstępem do przyszłych badań stosowanych. Prawidłowość taka występowała na etapie opanowywania Księżyca. Aby za kilka lub kilkanaście lat polecieć na inną planetę[35], trzeba wcześniej poznać ją za pomocą zautomatyzowanych i zdalnie sterowanych aparatów bezzałogowych.

Lata siedemdziesiąte utrwaliły się w historii podboju kosmosu również jako okres wytężonej pracy nad zbudowaniem pojazdu kosmicznego, który miałby właściwości bardziej zbliżone do samolotu. Używano różnych nazw dla wyrażenia idei takiego statku kosmicznego. Określenie „prom kosmiczny" zyskało szersze zastosowanie niż nazwy „kosmolot", „orbiter", „rakietolot" czy „wahadłowiec". W tym okresie w wielu państwach świata przystąpiono do prac studyjnych lub konstrukcyjnych zmierzających do zbudowania wahadłowców i kosmolotów. Do 1997 r. żadne państwo poza USA nie zbudowało pilotowanego (załogowego) samolotu kosmicznego.

Szczególnie duży rozmach przybrały prace nad samolotem kosmicznym w Stanach Zjednoczonych. Kraj ten miał już zebrane doświadczenia z budowy samolotów rakietowych X-1 (w roku 1945) i X-2 (w latach pięćdziesiątych).

---

[35] W maju 1988 r. Rosjanie wysunęli propozycję, aby ZSRR i Stany Zjednoczone wspólnie zorganizowały wyprawę załogową na Marsa.

Po 1960 r. prowadzono rozliczne eksperymenty z zastosowaniem kolejnych generacji samolotów kosmicznych: X-15 i X-20A oraz różnych odmian X-23 i X-24. Miały miejsce próby wynoszenia samolotów rakietowych na pewne wysokości za pomocą samolotów transportowych lub rakiet. Eksperymentalne loty samolotów rakietowych wykonywano do 1973 r. Uzyskano wiele doświadczeń wykorzystanych przy budowie samolotów kosmicznych.

W latach siedemdziesiątych zarysowały się dwie koncepcje dalszych lotów wokółziemskich. Stany Zjednoczone poniosły duże nakłady finansowe oraz zaangażowały wielki potencjał naukowo - produkcyjny w celu stworzenia floty pilotowanych samolotów kosmicznych. Związek Radziecki doskonali w tym czasie kolejne generacje rakietowych statków kosmicznych. Prace nad samolotami kosmicznymi trwały, ale chyba nie dążono do ich szybkiego zakończenia. Te dwie różniące się orientacje przyniosły określone rezultaty w latach osiemdziesiątych. Związek Radziecki nadal stosował do lotów załogowych nową generacje Sojuzów, Amerykanie natomiast rozpoczęli wykorzystywanie nowych pilotowanych samolotów kosmicznych. Pierwszym z nich był samolot noszący nazwę Columbia. Jego lot odbył się w okresie od 12 do 14 kwietnia 1981 r. Samolot osiągnął orbitę kołową o wysokości ponad 200 km i po dwóch dniach orbitowania załoga w składzie John Young i Robert Crippen pomyślnie wylądowała na lotnisku Edwards w Kalifornii, mającym drogę startową długości 4600 m. Kolejny lot Columbia wykonała po siedmiu miesiącach. Następne trzy jej loty odbyły się w 1982 r. Zbierane doświadczenia służyły do doskonalenia kolejnych egzemplarzy samolotów budowanych w pierwszej połowie lat osiemdziesiątych. W 1983 r. pierwszy lot odbył samolot o nazwie Challenger, w 1984 r. Discovery, a w 1985 r. - Atlantis. W latach następnych miano budować dalsze samoloty kosmiczne.

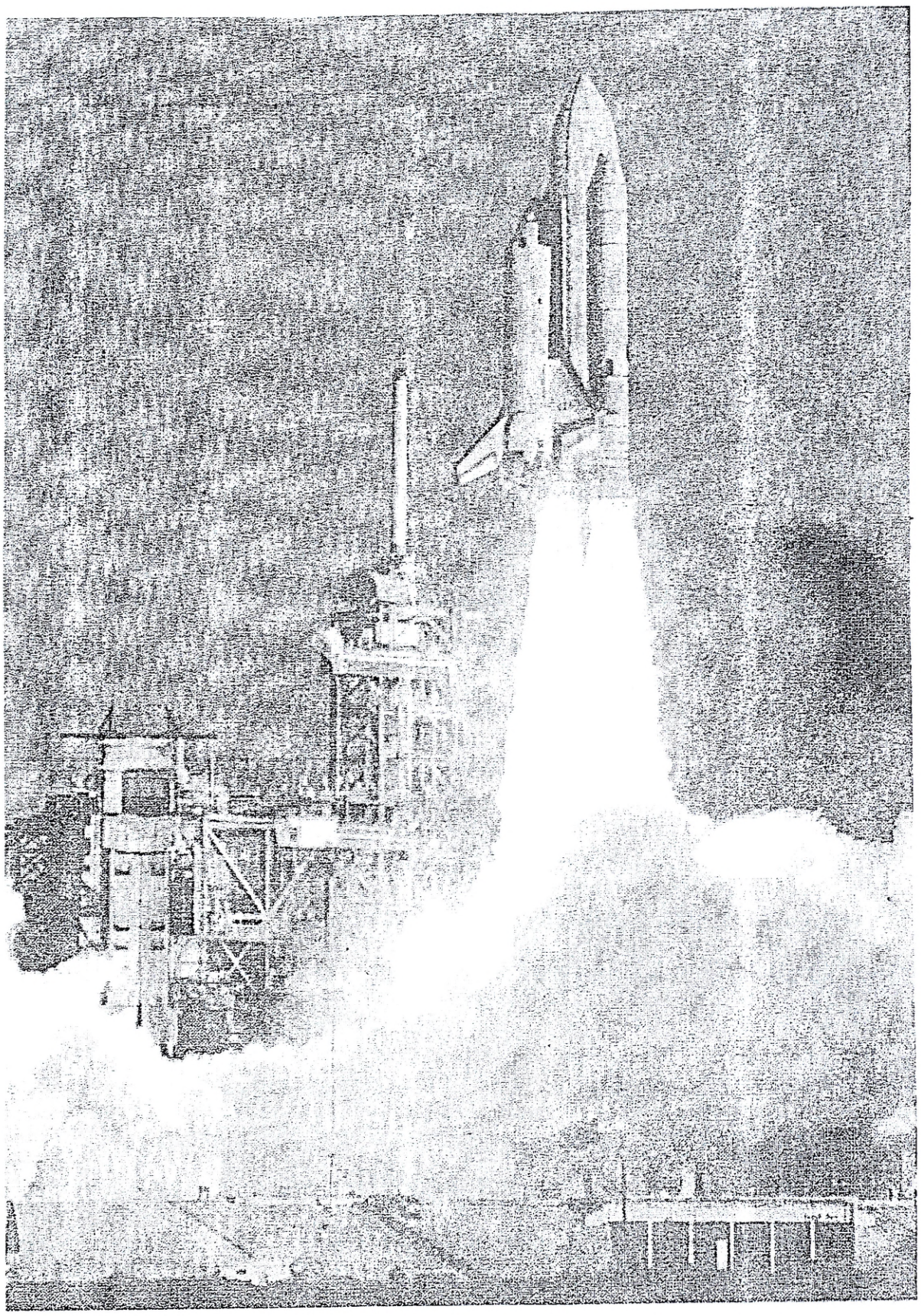
Zwraca uwagę duża masa podsystemów zapewniających wyniesienie samolotu na orbitę. Warto przytoczyć przynajmniej niektóre parametry. Masa

pustego samolotu wynosiła 73,2 t, długość - 37,19 m, wysokość - 8,7 m, rozpiętość skrzydeł - 23,79 m; udźwig w locie na niską orbitę - 29,5 t, a obciążenie dopuszczalne do lądowania - 15 t.

W położeniu startowym samolot kosmiczny łączony jest ze zbiornikiem i dwiema rakietami startowymi Saturn. Wprawdzie samolot stanowi najważniejszy element tego zestawu, ale najpotężniejszą jego częścią jest zbiornik. Masa pustego zbiornika wynosi 32 t, a napełnionego - 750 t. Zbiornik zawiera płynny tlen i wodór o objętości około 350 m^3 (rys. 1.8).

Samolot ma trzy główne silniki rakietowe oraz układ 40 rakietowych silniczków korekcyjnych. Podczas startu rakiety Saturn działają około 120 sekund, po czym są odrzucane. W tym czasie kompleks osiąga wysokość 40 km, Dalej niezbędną siłę ciągu zapewniają trzy rakietowe silniki samolotu zasilane paliwem ze zbiornika głównego, który odpada od samolotu przed upływem 20minut. Pierwsze samoloty były zdolne do osiągania orbit oddalonych od Ziemi do 500 km, w zależności od masy transportowanego ładunku użytecznego. Ciało usytuowane na takich orbitach może dosyć długo krążyć wokół Ziemi. Maksymalny czas lotu samolotu kosmicznego zależy w praktyce tylko od możliwości zapewnienia normalnego funkcjonowania organizmów kosmonautów. Na przykład Columbia po starcie w listopadzie 1983 r. lądowała po dziewięciu dniach i siedmiu godzinach lotu. Bez istotnych trudności długość lotów samolotów kosmicznych może być zwiększona, i to wielokrotnie. Dotychczas jednak nie było takiej potrzeby.

Cechy funkcjonalne samolotów kosmicznych wskazują jednoznacznie na ich przeznaczenie. Są one przystosowane do wynoszenia różnorodnych ładunków na orbity wokółziemskie i wykonywania tam wielu zadań. Nieprzypadkowo samoloty te nazywane są promami kosmicznymi. Mają komorę ładunkową o wymiarach 18x4,5 m oraz funkcjonalny wysięgnik i system korekcyjny zapewniający utrzymywanie stabilnej pozycji samolotu podczas pracy wysięgnika i przemieszczania się środka ciężkości na skutek tych czynności. Dobre warunki bytowe w kabinie sied-



Rys.1.8. Amerykański samolot kosmiczny podczas startu. Samoloty tego rodzaju zbudowano w ramach programu Space Shuttle (Kosmiczeskaja tiechnika. s.106).

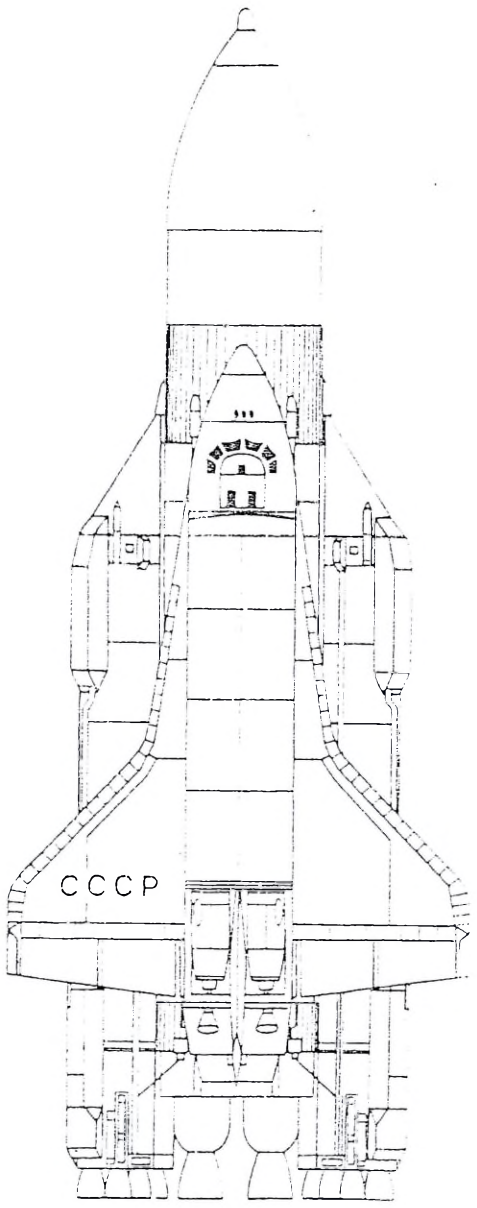
mioosobowej załogi oraz możliwość przechodzenia do komory ładunkowej i wychodzenia na zewnątrz samolotu - stanowią jego istotne walory użytkowe.

Samolot kosmiczny już obecnie umożliwia wynoszenie na orbity za jego pomocą satelitów rozpoznania kosmicznego, łączności, nawigacji i meteorologii. Instalowanie satelitów na niskich orbitach może być dokonywane bezpośrednio z ładowni samolotu lub dwufazowo: po wyniesieniu na orbitę, osiąganą przez samolot kosmiczny, satelitę można przesunąć na wyższą orbitę za pomocą indywidualnego napędu. Samolot kosmiczny ma możliwość wynoszenia w kosmos w jednym locie wielu satelitów. Możliwe jest też przywożenie na Ziemię satelitów uszkodzonych, jeżeli załoga nie jest w stanie usunąć defektu bezpośrednio na orbicie. Liczne doświadczenia potwierdzają przydatność samolotów kosmicznych do różnorodnych prac na orbitach, w tym wspomnianych prac montażowych i naprawczych, a ponadto do transportowania zaopatrzenia niezbędnego przyszłym stacjom kosmicznym. W sytuacjach awaryjnych samoloty takie będą mogły przejmować ludzi z innych statków kosmicznych i sprowadzać ich na Ziemię.

Katastrofa amerykańskiego samolotu kosmicznego Challenger, która wydarzyła się w 1986 r., odbiła się szerokim echem w świecie. Dzięki obrazom telewizyjnym duża część mieszkańców Ziemi obserwowała wstrząsające zjawiska towarzyszące unicestwieniu tego statku i śmierci jego siedmioosobowej załogi. Wydarzenie to spowodowało wstrzymanie lotów amerykańskich samolotów kosmicznych na okres dwóch lat. Sądzić można, ze inne państwa także zweryfikowały swoje zamiary budowy samolotów kosmicznych.

Dopiero w 1988 r. przystąpiono w ZSRR do oficjalnych prób samolotu kosmicznego. Pierwszy start samolotu kosmicznego Buran, z wykorzystaniem rakiety Energia, odbył się 15 listopada 1988 r. (rys. 1.9). Po jednym okrążeniu ten bezzałogowy samolot lądował na cztero i półkilometrowej drodze startowej Bajkonuru. Różni się on od samolotu amerykańskiego zautomatyzowaniem procesu manewru do lądowania. Układy pokładowe, kontrolowane z ośrodka naziemnego, automatycznie sterują samolotem także w tak złożonej fazie jego lotu, jak podejście do lądowania i przyziemienie na drodze lądowania kosmodromu. W rzeczywistości amerykańskie

samoloty kosmiczne mają również poważnie zautomatyzowane systemy pokładowe. Załoga tylko nadzoruje ich funkcjonowanie.



Rozszerzyliśmy nieco opis satelitów, którymi mogą być statki (kapsuły) bezzałogowe, pilotowane (załogowe),a nawet samoloty. Niemal wszystkie satelity mogą być wyposażone w podsystemy rozpoznawcze. Dotyczy to zwłaszcza samolotów pilotowanych, dysponujących dużym udźwigiem i zdolne do manewrowania na orbitach. Rodzaje satelitów przedstawiane niżej tworzą podsystemy i raczej nie można zmieniać ich przeznaczenia wojskowego.

Rys.1.9. Rakieta Energia wraz z samolotem kosmicznym Buran (wg: „Kosmonawtika" nr 16, 1988).

1.3. Satelity meteorologiczne

Nie ma powodu sięgania do opisów wielu generacji satelitów meteorologicznych, które przez ponad 35 lat zmieniały się. Największy postęp nastąpił w przekazywaniu obrazów stanu atmosfery w czasie bieżącym. Zainteresowane punkty naziemne mogą odbierać obrazy drogą transmisji radiowej, wprowadzać do pamięci komputerów i poddawać wielostronnemu opracowaniu oraz zobrazowywaniu. Okazuje się, że i w meteorologii satelitarnej stosuje się dwojakiego rodzaju satelity: obserwacji globalnej i szczegółowej.

Dla satelitów meteorologicznych rozpoznania szczegółowego wykorzystywane są przeważnie orbity kołowe - biegunowe lub nachylone pod kątem około 95°-110°, a wysokość orbit z reguły nie przekracza 1000 km. Spotyka się też inne parametry ruchu satelitów rozpoznania szczegółowego[36]. Satelity obserwacji ogólnej umieszczone są na orbitach geostacjonarnych, których wysokość wynosi około 35880 km. Satelity takie należą niewątpliwie do systemów wojskowych. Wyposażane są w aparaturę rejestrującą niebezpieczne zjawiska atmosferyczne. Informacje o zagrożeniu tajfunami i gwałtownymi zmianami pogody oraz innymi zjawiskami niezbędne są nie tylko siłom powietrznym i morskim, ale także wojskom lądowym. Nie trzeba udowadniać uzależnienia zdolności do prowadzenia walki i operacji przez wszystkie rodzaje sił zbrojnych i wojsk od warunków atmosferycznych. Siły zbrojne nie mogą polegać na informacjach cywilnych systemów meteorologicznych, tym bardziej że na użytek cywilny wykorzystywane są raczej międzynarodowe geostacjonarne systemy meteorologiczne[37].

Satelity meteorologiczne (tabela 1.11), zarówno geostacjonarne jak i szczegółowego rozpoznania warunków atmosferycznych, mają po części podobną aparaturę. Stanowią ją kamery telewizyjne, radiometry podczerwieni oraz aktynometry, mierniki temperatury i wilgotności (wyeliminowano kamery fotograficzne).

Dominującą pozycję w meteorologii satelitarnej zajmują radiometry. Początkowo obejmowały one niezbyt szerokie pasma widma, dzielone na kilka kanałów. Nowoczesne radiometry obejmują przedział widma promieniowania w granicach 0,2-40 μm, dzielony na kilkanaście kanałów. Satelita może być wyposażony w dwa lub więcej radiometrów o zróżnicowanych zadaniach.

---

[36] Na przykład dla satelitów typu Meteor zaplanowano orbitę kołową, nachyloną pod kątem 81°, odległą od powierzchni Ziemi o 900 km.

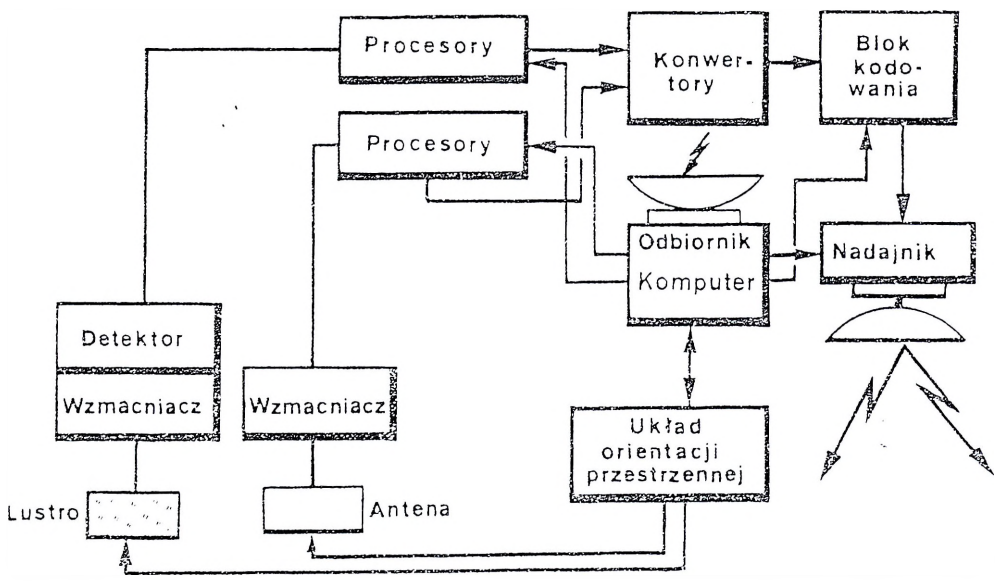
[37] Największym jest światowy system geostacjonarnych satelitów meteorologicznych (World Weather Watch), który tworzą satelity amerykańskie GOES, radzieckie GOMS, zachodnioeuropejskie Meteosat oraz japońskie GMS. Cztery satelity funkcjonujące w płaszczyźnie równika zapewniają ciągłe pokrycie pasa równikowego i obszarów przyległych. Pozycja satelity radzieckiego - 70° długości wschodniej.

Tabela 1.11

Charakterystyka wybranych satelitów meteorologicznych

Nazwa satelity	Przynależność państwowa	Przeznaczenie	Podstawowe parametry techniczne	Zakres wykorzystywania	Uwagi
1	2	3	4	5	6
DMS Block 5D1 (Defense Meteorogical Satellite)	USA	rozpoznawanie sytuacji atmosferycznej dla potrzeb sił zbrojnych	masa - 510 kg długość - 5,9 m średnica - 1,2 m rodzaj orbity -biegunowa, kołowa wysokość orbity - 830 km kąt nachylenia orbity - 99°	wykorzystywany od 1976 r.; czterokrotnie w ciągu doby obserwowana jest każda część Ziemi; dokonywane są pomiary wilgotności i temperatury powietrza; dane przekazywane są do stacji naziemnych	
DMS Block 5D2 (Defense Meteorogical Satellite)	USA	jak wyżej	masa - 747 kg długość - 6,4 m średnica - 1,8 m rodzaj orbity -biegunowa, kołowa wysokość orbity - 830 km kąt nachylenia orbity - 99°	wykorzystywany od 1982 r.	
Meteosat	państwa Europy Zachodniej	prognozowanie i analiza warunków meteorologicznych	masa - 352 kg długość - 3,3 m średnica - 3,1 m	Wykorzystywane od 1977 r.; system modyfikowany jest przez wprowadzanie nowych wersji satelitów: Meteosat 1 - 1977r. Meteosat 2 - 1981 r. (planowane były Meteosat 3,4 i 5) obecnie funkcjonują kolejne generacje Meteosat.	

Działanie radiometrów polega na dokonywaniu pomiarów fal, których propagacja zależy od stanu warunków atmosferycznych wokół Ziemi. Stwierdzono już dawno, że w określonym stanie fizycznym atmosfery następuje odpowiednie załamywanie, odbijanie, pochłanianie i rozpraszanie fal radiowych. Dokonując pomiaru tych zjawisk, można na ich podstawie określać wodność chmur i stref opadów, wilgotność powietrza, całkowitą zawartość tlenu w atmosferze i stan jej jonizacji. Stosowane współcześnie radiometry umożliwiają zbieranie informacji meteorologicznych przez pomiar promieniowania świetlnego, podczerwonego i fal radiowych. Wysoka ich czułość umożliwia pomiary nawet słabego promieniowania. Na jego podstawie tworzy się obrazy różnych rodzajów chmur, wykresy rozkładów temperatury przy powierzchni Ziemi i w poszczególnych warstwach atmosfery oraz zawartości wody, a także określa się wysokości dolnej i górnej granicy chmur. Oprócz radiometrów satelity wyposażone są w różnorodne mierniki, dokonujące pomiarów właściwości ośrodka kosmicznego. Do przekazywania zbieranych informacji stacjom naziemnym, okrętowym, statkom kosmicznym i powietrznym stosowane są nadajniki radiowe (rys.1.10.).



Rys.1.10. Schemat blokowy aparatury satelity meteorologicznego

Od wielu lat funkcjonują cywilne podsystemy meteorologii satelitarnej Stanów Zjednoczonych o nazwie NOAA i Rosji Pionier-1. Wprawdzie odbierają z nich obrazy również wojskowe stacje meteorologiczne, ale państwa duże nie chcą uzależnić swych sił zbrojnych od podsystemów cywilnych.

Satelity generacji NOAA umieszczono na wysokości 830 km i okrążają Ziemię po orbitach biegunowych. Satelity te posiadają radiometry pracujące w 5 zakresach widma. Dwa z nich obejmują zielony i czerwony zakres widma widzialnego, a pozostałe środkową i daleką podczerwień. Obrazy atmosfery ziemskiej są transmitowane do naziemnych punktów odbioru w postaci analogowej lub cyfrowej.

1.4. Satelity nawigacyjne

Aktualnie funkcjonują 2 systemy nawigacji satelitarnej o zasięgu globalnym. Pierwszym z nich jest amerykański system oznaczony skrótowo GPS[38] lub NAVSTAR[39]. Podczas jego budowy wykorzystano niewątpliwie doświadczenia, zwłaszcza eksploatacyjne, zbierane od 1969 r. podczas użytkowania pierwszego systemu nawigacyjno - geodezyjnego Transit (USA). Później był system Nowa (od 1981 r.). Oba służyły głównie siłom (okrętom i statkom) morskim.

GPS zaczęto wykorzystywać od 1978 r., początkowo miał kilka, później kilkanaście satelitów, by wreszcie osiągnąć ilość docelową 24, w tym 3 rezerwowe. Zgodnie z zapowiedziami GPS budowano z myślą o zaspokojeniu potrzeb wszystkich rodzajów sił zbrojnych USA oraz wszelkich użytkowników. Nie ma dowodów, ale można przypuszczać, że Rosja (wcześniej ZSRR) wykorzystały dostępne informacje i stworzyły własny Globalny Nawigacyjny

---

[38] Global Positioning System.
[39] Nawigation Systems with Time and Ranging.

System Satelitarny, zwany w skrócie GLONASS. Świadczą o tym zbliżone parametry techniczne i użytkowe (tabela 1.12).

Tabela 1.12

Dane taktyczno - techniczne satelitarnych systemów nawigacyjnych NAVSTAR i GLONASS

Parametry	NAVSTAR GPS	GLONASS
Masa	8160 kg	ok. 1300 kg
Średnica		2,35 m
Długość z rozwiniętym prętem magnetometru	5,1 m	7,84 m
Szerokość z rozwiniętymi bateriami słonecz.		7,23 m
Częstotliwość nadawanych sygnałów:		
- dla użytkowników wojskowych (kod L_1/L_2)	1227,6 MHz	1246-1257 MHz
- dla użytkowników cywilnych (kod L_1)	1575,42 MHz	1602-1616 MHz
Moc odbieranych sygnałów	163 dBW	156-161 dBW
Prędkość transmitowanych danych	50 bit/s	50 bit/s
Liczba satelitów na orbitach	24	24
Liczba płaszczyzn rozmieszczenia satelitów	6(A,B,C,D,E,F)	3(A,B,C)
Liczba satelitów rozmieszcz. w jednej płaszcz.	4	8
Oddalenie orbit satelitów od powierzchni ziemi	20000 km	19100 km
Kąt nachylenia orbity	55^{o40}	$64,8^{o}$
Czas obiegu satelity po orbicie	12 h	12h i 15 min.
Możliwości systemu		
Dokładność określania pozycji przez użytkownika cywilnego	poniżej 100 m	50-100 m
Dokładność określania pozycji przez użytkownika wojskowego	15-16 m	nie mniej niż kilka metrów
Dokładność pomiaru wektora prędkości	0,1 m/s	0,15 m/s
Dokładność pomiaru czasu	0,01 μs	1 μs
Czas potrzebny do określenia:		
- pierwszego położenia		1-3 min.
- kolejnych położeń		1-10 s

[40] W niektórych źródłach podaje się kąt nachylenia orbit 63°. Kąt nachylenia orbity zawarty jest pomiędzy płaszczyzną równika Ziemi, a płaszczyzną orbity satelity
Astronomia popularna. Wiedza Powszechna. Warszawa 1972. Wyd. II, s. 578-579.

Satelitarne systemy nawigacyjne NAVSTAR i GLONASS są wykorzystywane nie tylko przez siły zbrojne USA i Rosji, ale również przez użytkowników międzynarodowych. Jedną z pierwszych była Międzynarodowa Organizacja Lotnictwa Cywilnego (IATA), która podjęła decyzję opracowania koncepcji przyszłościowego ruchu powietrznego opartego na satelitarnym systemie łączności, nawigacji i obserwacji. W systemie tym NAVSRAR i GLONASS mają być wykorzystywane jako elementy globalnego satelitarnego systemu nawigacyjnego GNSS (Global Navigation Satelte System). Chodzi o podwyższenie dokładności, niezawodności i kompleksowości zabezpieczenia nawigacyjnego lotnictwa. Istnieje zgodność poglądów, że systemy te staną się podstawą nawigowania statków powietrznych w locie i w strefie lotnisk, a po odpowiednim uzupełnieniu funkcjonalnym również przy manewrze lądowania.

Celem przybliżenia problematyki nawigacji satelitarnej warto bliżej przedstawić GPS. W literaturze popularnej spotkano informacje, że spośród 24 satelitów NAVSTAR 5 umieszczono na orbicie geostacjonarnej[41].

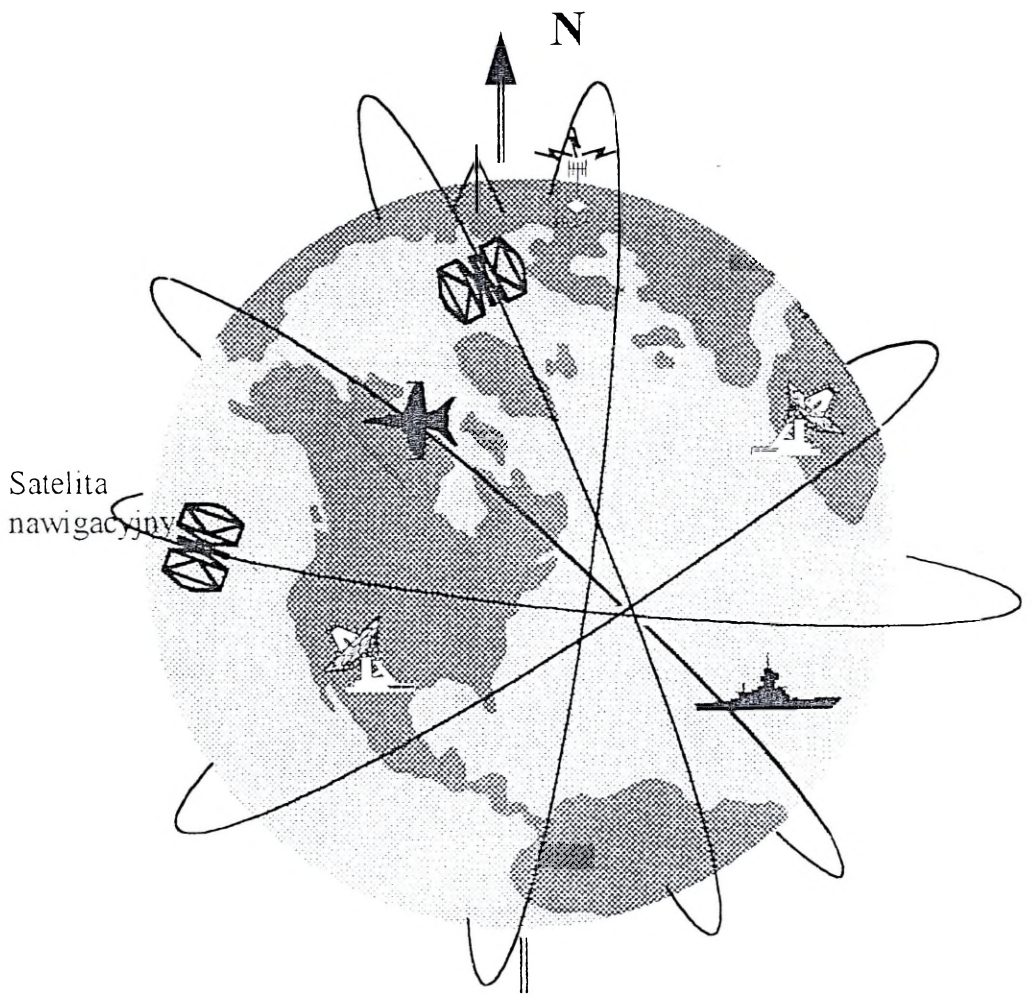
24 satelity krążące na 6 orbitach kołowych zapewniają bezpośrednią „widoczność" (pomiar) co najmniej z 4 satelitów, które umożliwiają wykonanie pomiaru i określenie pozycji użytkownika. Równocześnie ośrodek kontroli, który śledzi ruch satelitów po orbitach w każdej chwili zna ich położenie w przestrzeni z dokładnością do kilku metrów. Satelity emitują w sposób ciągły sygnał radiowy na 2 częstotliwościach. Sygnał ten zawiera zakodowaną informację, która umożliwia mierzenie czasu, jaki upływa od nadania przez danego satelitę bitu kodu do momentu jego odebrania przez odbiornik użytkownika. Pomiar tego czasu zwanego „pseudoodległościowym" jest zasadniczym pomiarem wykonywaniem w systemie GPS. Wykonanie w jednym momencie 4 takich pomiarów od jednego odbiornika do 4 satelitów pozwala rozwiązać

---

[41] Orbita geostacjonarna odległa jest od Ziemi 35880 km. Wówczas okres obiegu satelity w płaszczyźnie równika (T) wynosi 24 h, a prędkość kołowa (V_c) 3,07 km/s, a więc jest równa prędkości obrotu kuli ziemskiej.
Tamże, s. 576.

układ równań, w którym niewiadomymi są 3 współrzędne przestrzenne i 1 czasowa, a zatem wyznaczenie pozycji.

Taki system nawigacyjny bazujący na konstelacji satelitów (rys. 1.11) stwarza możliwości jednoczesnego wyznaczania miejsca położenia i momentu jednolitej skali czasu w dowolnym miejscu kuli ziemskiej z dużą i praktycznie nie osiągalną dotąd w takim zakresie dokładnością. Dokładność ta jest wystarczająca dla szeregu różnorodnych zastosowań. Zalety systemu spowodowały rosnący wzrost jego użytkowników zarówno wojskowych jak i cywilnych. Jest nieodzowny podczas praktycznego szkolenia lotniczego.



Rys.1.11. Struktura systemu nawigacji satelitarnej

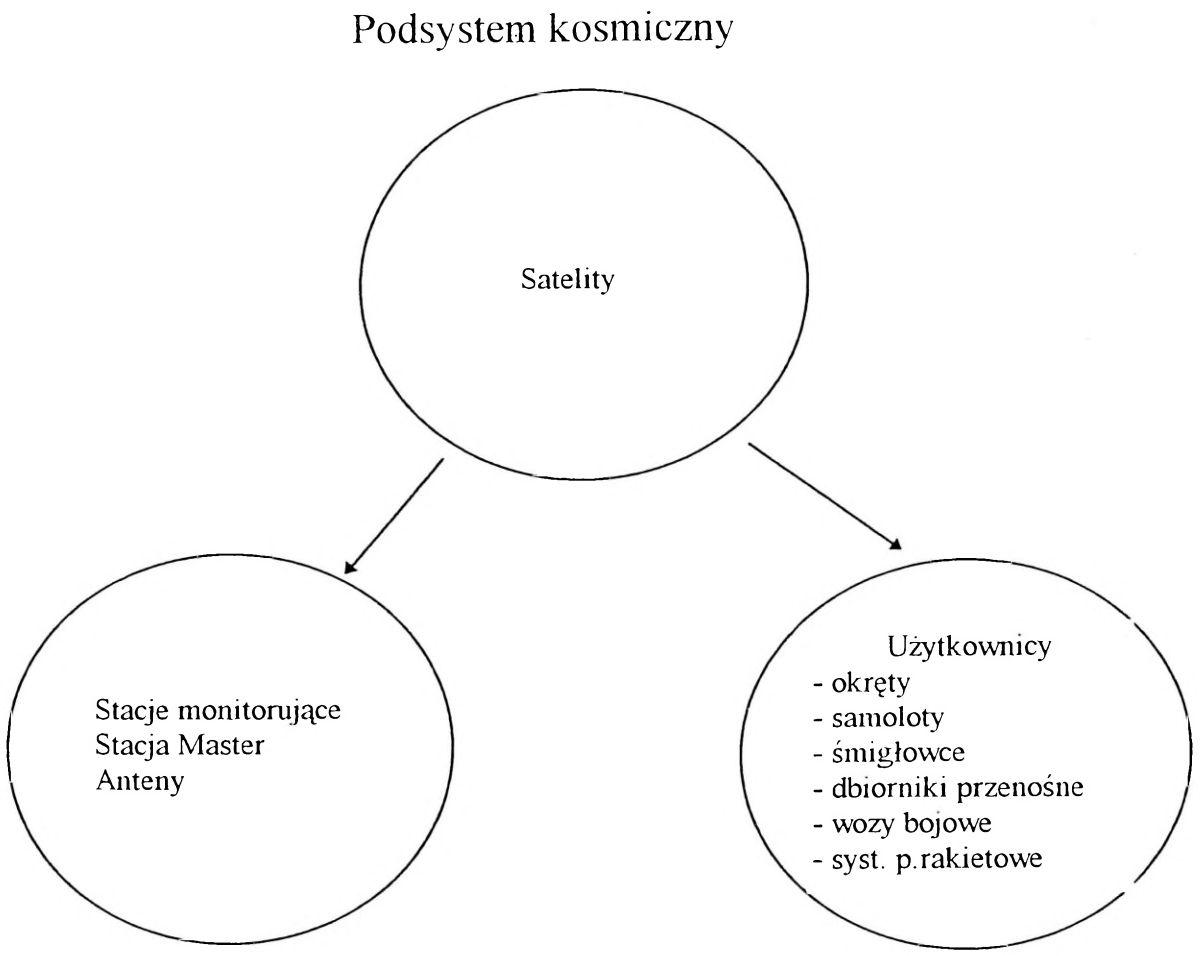
System GPS jest zarządzany i nadzorowany przez agendy podległe Departamentowi Obrony Stanów Zjednoczonych (DOD - Departament Of Defense). Został on zbudowany w celu zapewnienia siłom zbrojnym tego państwa

realizacji zadań w skali globalnej (jego przydatność została praktycznie udowodniona między innymi w trakcie konfliktu w Zatoce Perskiej.

Od 1983 roku ograniczone możliwości systemu zostały udostępnione do powszechnego użytku. Zostało to zrealizowane poprzez opublikowanie danych o tak zwanym kodzie C/A (Coarse Acguisition). Kod ten modeluje jedną z dwóch częstotliwości nośnych na jakich są nadawane sygnały z satelitów. Realizowany za jego pomocą podstawowy rodzaj pracy tak zwany SPS (Standard Positioning Service) stał się podstawą budowy, w wielu krajach, setek tysięcy odbiorników o różnych zastosowaniach. Odbiorniki dostępne aktualnie na potrzeby polskiego użytkownika mieszczą się w tej grupie. Pełna dostępność do możliwości systemu jest uwarunkowana dostępem do kodu P (Precision), który w określonych sytuacjach zagrożeń dla interesów USA jest przekształcany w dodatkowy kryptograficzny kod Y wykazując przy tym zwiększoną odporność na zakłócania nakierowane - AS - (anti - spoofing"). Posiadanie informacji o obu kodach umożliwia wykorzystanie obu częstotliwości nośnych systemu (L_1 i L_2). Pozwala to na znaczne ograniczenie wpływu opóźnień jonosferycznych (jedno ze źródeł błędów) oraz dokładniejszy pomiar pseudoodległości (dzięki 10-krotnie większej częstotliwości taktowania kodu P) do poszczególnych satelitów. Informacja o kodzie P(Y) jest dostępna poza Stanami Zjednoczonymi również dla sił zbrojnych państw NATO, Australii i Korei Południowej oraz innych licencjonowanych przez DOD użytkowników. Możliwość wykorzystywania kodu Y jest uzależniona od stałego dostępu do sieci dystrybucji fizycznie przekazywanych kodów.

Jednym z istotnych źródeł błędów jest świadomie stosowana przez administratora systemu procedura zwana SA (Selective Availability) - „selektywnej dostępności" oddziaływująca na pracę systemu, pogarszając jego dokładność dostępną dla użytkownika nielicencjonowanego (wykorzystującego kod C/A). Należy również podkreślić, że sygnał zmodulowany tym kodem

jest mniej odporny na zakłócenia. System NAVSTAR składa się z trzech układów (Rys. 1.12): podsystemu satelitarnego; podsystemu kontrolnego; podsystemu użytkownika.



Rys.1.12. Ogólna struktura systemu NAVSTAR[42]

Podsystem satelitarny składa się z 24 (wielkość zmienna) sztucznych satelitów ziemi krążących na 6 orbitach kołowych. Satelity te posiadają atomowe wzorce czasu o wysokiej dokładności. Zsynchronizowane zegary wszystkich satelitów tworzą jednolitą sieć czasu systemu GPS będącą podstawą działania całego systemu. Sygnały nadawane przez satelity są synchronizowane z wzorcami czasu. Nadawanie sygnałów użytkowych przez

[42] Z nieoficjalnych źródeł wiadomo, że GPS spełnia też drugą funkcję - „ostrzegania" o starcie rakiet i innych zjawiskach militarnych. A GLONASS? Przypis autorów.

wszystkie satelity odbywa się na dwóch częstotliwościach leżących w paśmie L. Są to częstotliwości:

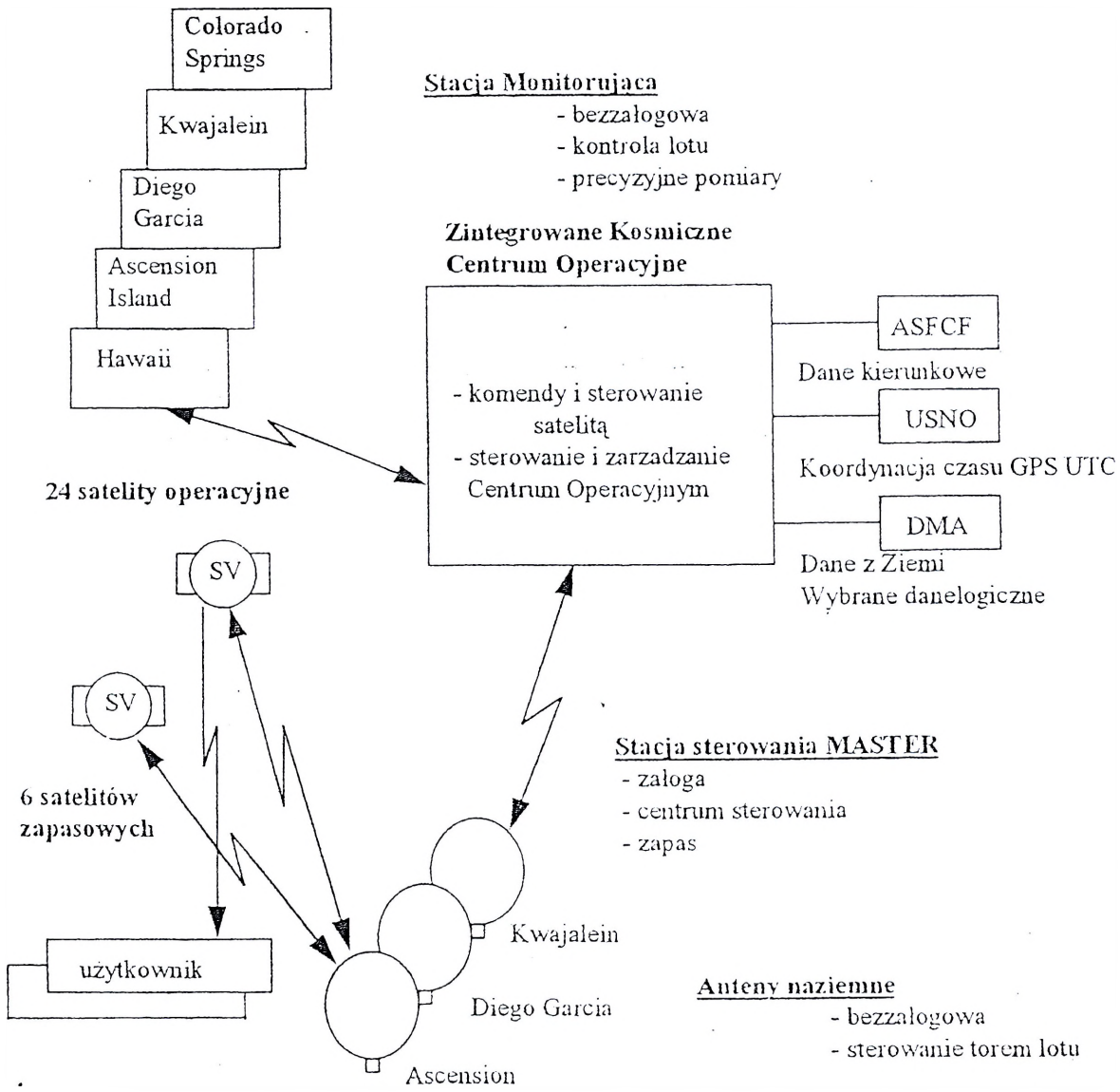
- L_1=154 f_o = 1575.42 MHz
- L_2=120 f_o = 1227,60 MHz

gdzie f_o=1-.23 MHz jest częstotliwością systemu.

Obie częstotliwości są modulowane sygnałami pseudolosowymi (PRN - pseudo-radom noise). Każdy satelita nadaje inną kombinacje kodu. Stosowane są aktualnie dwa rodzaje kodów. Kod C/A o czasie trwania 1 ms i długości kodu 1023 bity z częstotliwością taktowania 1.023 MHz oraz kod P o częstotliwości 10.234 MHz i okresie powtarzania 267 dni. Częstotliwość L_1 jest modulowana kodami C/A oraz kodem P, natomiast częstotliwość L_2 wyłącznie kodem P. Wszystkie satelity nadają na tej samej częstotliwości posługując się indywidualnymi sekwencjami kodu.

Podsystem kontrolny składa się z kilku naziemnych stacji kontrolnych rozmieszczonych w pobliżu równika, które obserwują zachowanie się systemu, przesyłając wyniki obserwacji do Centrum Obliczeniowego Systemu znajdującego się w Colorado Springs w Kalifornii. Na podstawie tych obserwacji możliwe jest stałe kontrolowanie sprawności poszczególnych satelitów, monitorowanie ich położenia na wyznaczonych orbitach oraz nadzorowanie stabilności pracy zegarów pokładowych. Informacje te pozwalają zarówno na dokonywanie fizycznej korekcji położenia satelity jak i przede wszystkim na wypracowanie danych dotyczących tych zmian.

Podsystem kontrolny oprócz rutynowych działań mających za zadanie utrzymanie sprawności i właściwej jakości pracy systemu, dokonuje zaprogramowanej okresowej degradacji jakości systemu w zakresie oddziaływującym na nielicencjonowanego użytkownika (stosowanie SA). Struktura tego segmentu została przedstawiona na rys. 1.13.



Rys.1.13. Podsystem kontrolny systemu NAVSTAR

Podsystem użytkownika stanowi zbiór zróżnicowanych urządzeń. Obejmuje on odbiorniki o różnych rozwiązaniach konstrukcyjno - technologicznych, stosowane w rozlicznych dziedzinach działalności ludzkiej. Obejmuje on zarówno odbiorniki wykorzystujące wyłącznie sygnały nadawane z satelitów jak i odbiorniki współpracujące z dodatkowymi źródłami danych. Wśród tych ostatnich występują systemy różnicowe. Obecnie zagwarantowa-

ne jest bezpłatne wykorzystanie systemu (w ograniczonym jakościowo zakresie przez wszystkich użytkowników)[43].

Odbiornik do systemu GPS dokonuje, na podstawie zawartej w swojej pamięci informacji, oceny konstelacji satelitów będących potencjalnie w zakresie widoczności. Po to aby dokonać oceny miejsca położenia w układzie 3D potrzebny jest odbiór sygnałów od co najmniej 4 satelitów. Ilość satelitów widzialnych nad obszarem Polski spełnia aktualnie ten warunek z nadmiarem w ciągu całej doby.

Starając się poprawić dokładność systemu odstępną dla użytkowników korzystających zarówno z kodu P (Y) jak i szczególnie kodu C/A zaczęto budować wersje rozwojowe systemu kontrolnego. Zostały one generalnie określone jako układy różnicowe (DGPS - Differential GPS).

Głównym źródłem błędów są błędy pomiarów, których źródło znajduje się poza odbiornikiem. Mogą być oszacowane jeżeli w miejscu o dokładnie znanych współrzędnych umieści się wzorcowy odbiornik. Informacja korekcyjna jest następnie przesyłana do użytkowników za pomocą systemu transmisji danych cyfrowych. Ogólna idea systemu różnicowego została przedstawiona na rys. 1.14. Odebrana przez użytkownika informacja zostaje wykorzystana w procesie wyznaczania miejsca położenia i kompensuje źródła błędów. Warunkiem poprawności działania systemu jest zapewnienie możliwości odbioru przez stację referencyjną sygnałów od tych samych satelitów jak odbiornik użytkownika.

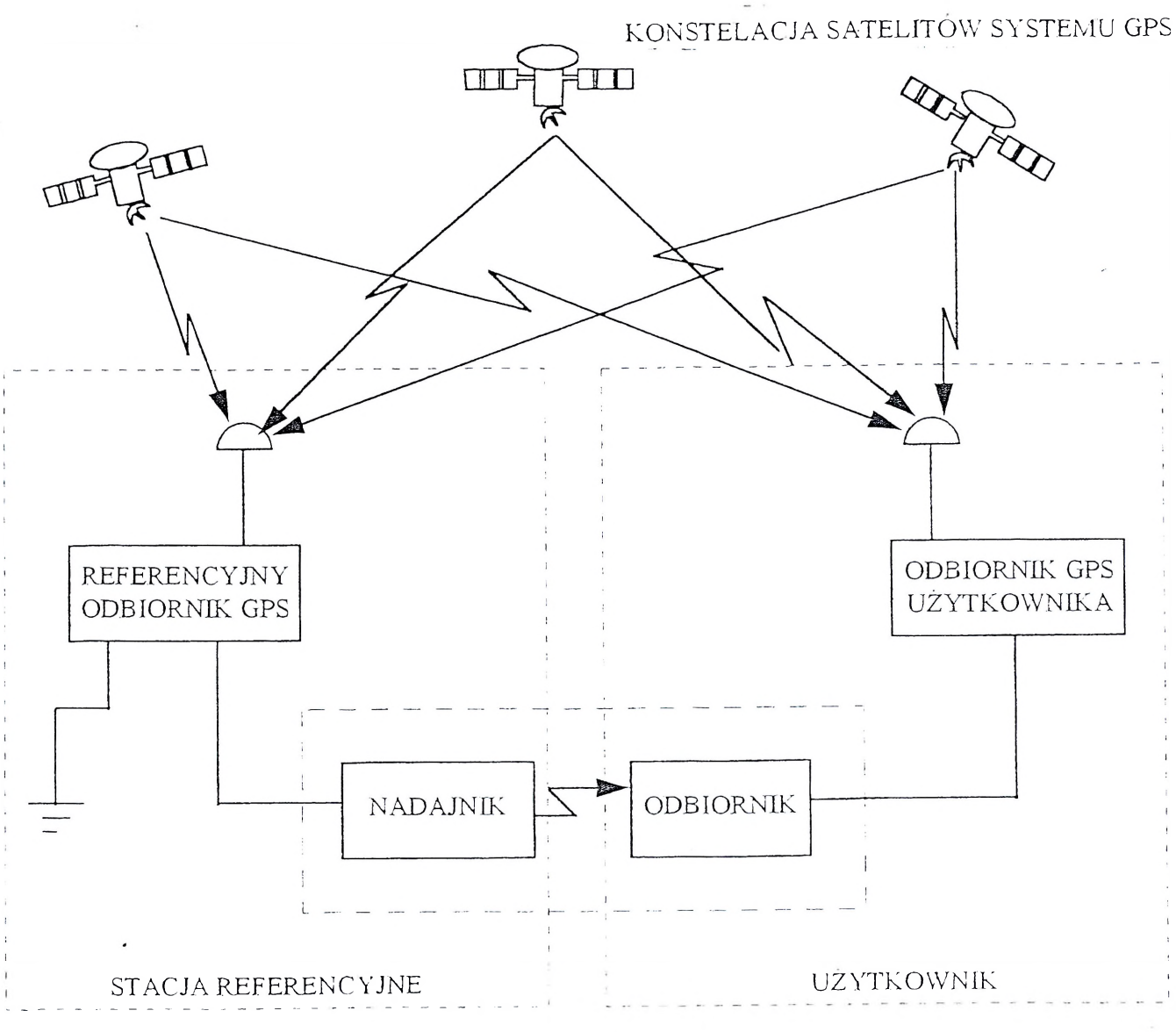
System różnicowy, w tym i DGPS, składa się z trzech elementów:

- **stacji referencyjnej** (od dokładnie znanych współrzędnych położenia środka fazowego anteny odbiorczej stacji) wypracowującej poprawki dla każdego satelity będącego w polu widzialności;

---

[43] Można liczyć, że tak będzie w okresie pokoju. Twórcy GPS nie widzieli celowości wnoszenia zastrzeżeń chcąc zapewnić licznym swoim użytkownikom dostępność systemu. Trudno zachować tajemnicę jeżeli z GPS korzysta przynajmniej kilkaset tysięcy użytkowników. Przypis autorów.

- **odbiornika użytkownika** dostosowanego do odbioru poprawek;
- **łącza telemetrycznego** którego część nadawcza znajduje się przy stacji referencyjnej, a część odbiorcza przy odbiorniku użytkownika.



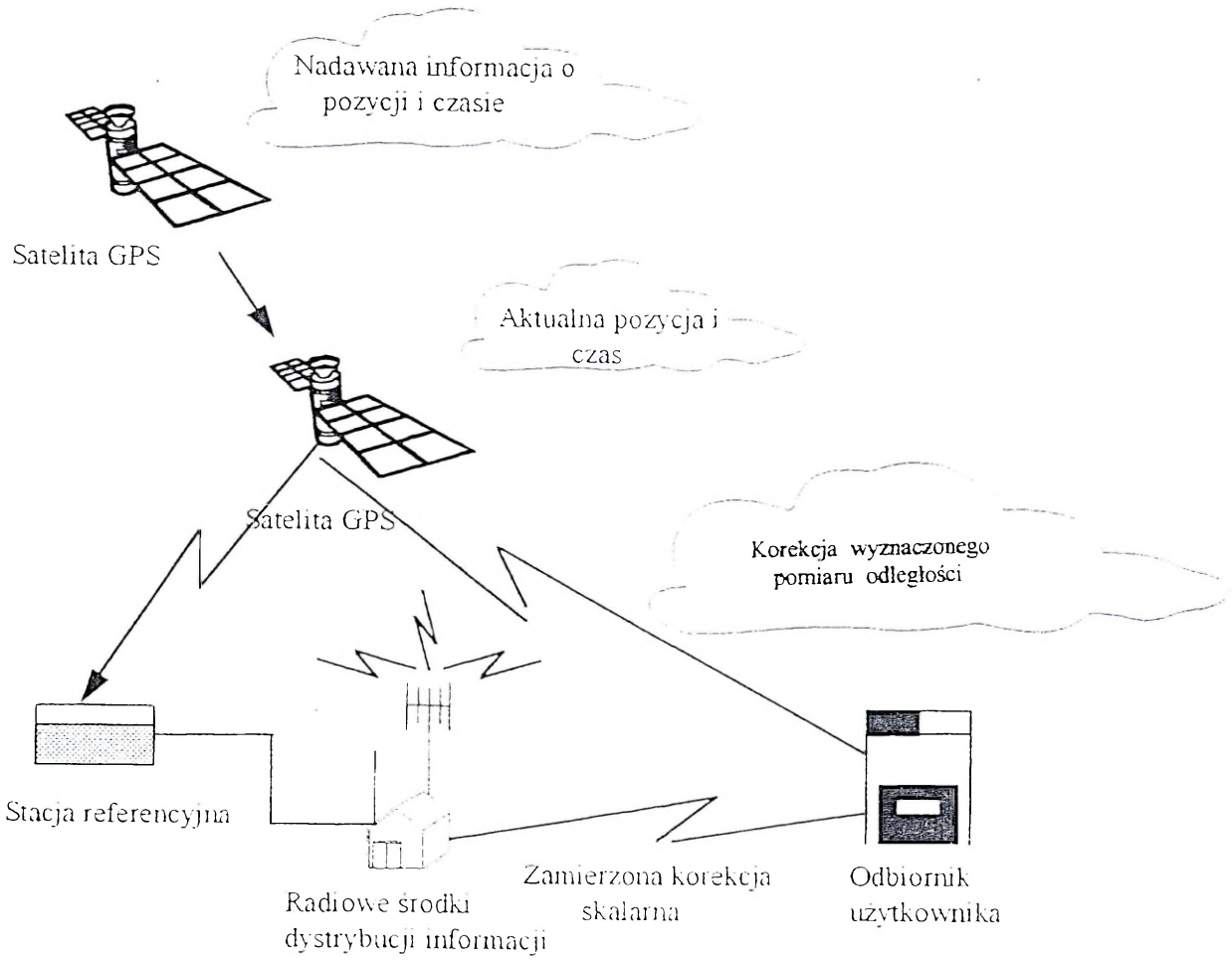
Rys.1.4. Ogólna idea zbioru elementów układu różnicowego

W armiach państw NATO są użytkowane systemu lokalne i obszarowe DGPS. Po wstąpieniu Polski do NATO kraj nasz będzie potrzebował prawdopodobnie lokalnego systemu DGPS, jeżeli parametry zapewnią dostęp do swego obszarowego.

System różnicowy o lokalnym zasięgu określany jest skrótem LADGPS[44]. W jego składzie występuje pojedyncza stacja referencyjna wy-

[44] LAD GPS - Local Area Differential GPS.

znaczająca skalarną wartość korekcji[45] pomiarów odległości do każdego widzialnego satelity (dla odbiorników wykorzystujących śledzenie fazy kodu modulującego) - rys. 1.15.

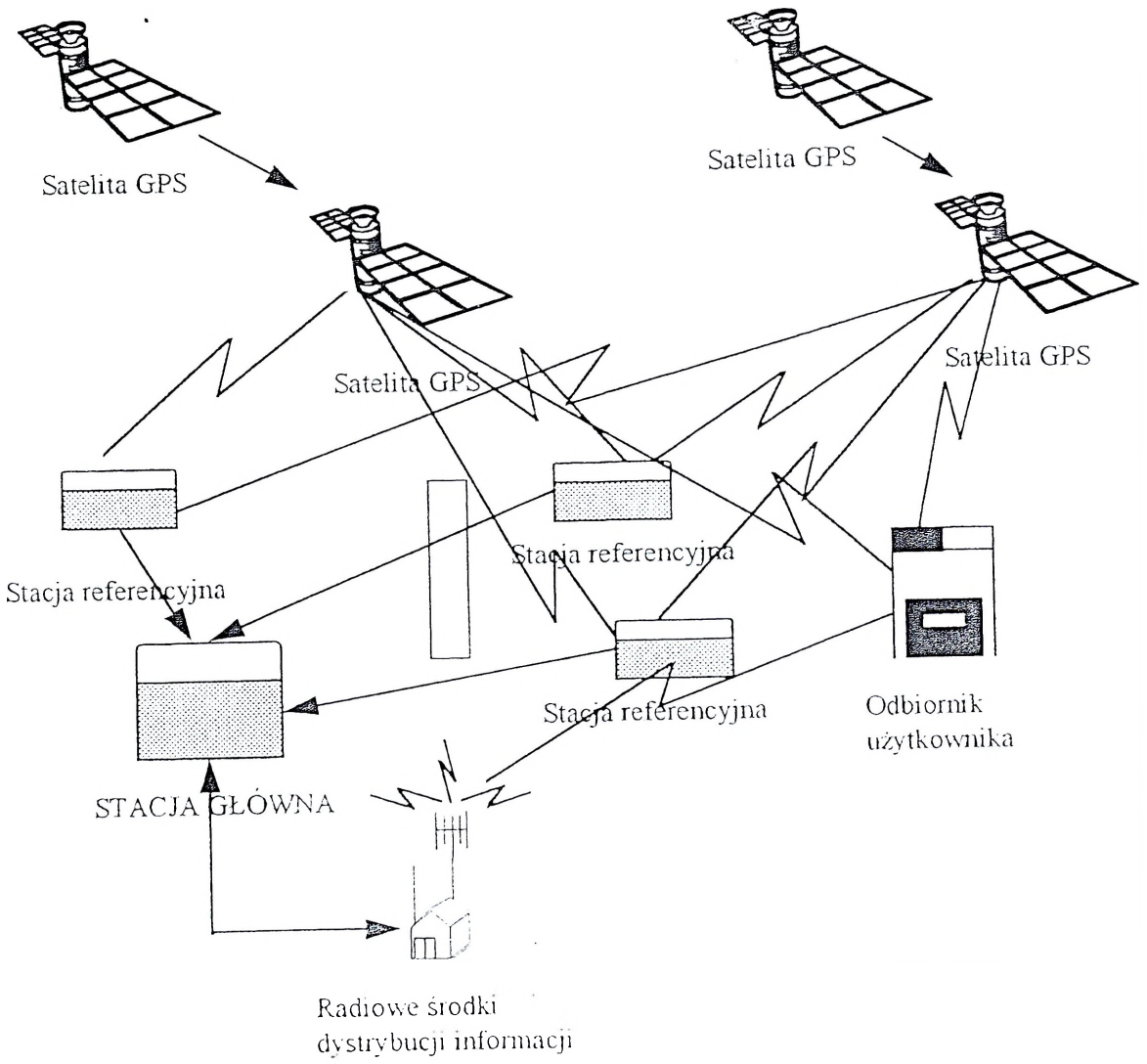


Rys.1.15. Elementy składowe lokalnego układu różnicowego LADGPS

Przekazywana korekcja poprzez łącze teletransmisyjne w zależności od czasu jaki upłynie od jej wyznaczenia do momentu wykorzystania przez odbiorcę pozwala na uzyskanie dokładności rzędu 1-10 m. Warunkiem koniecznym jest zapewnienie widzialności przez obydwa odbiorniki tego samego zbioru satelitów. Powoduje to ograniczenie obszaru stosowania systemu do nie więcej niż 100 km. Dodatkowym ograniczeniem zasięgu pracy takiego systemu jest rodzaj stosowanego łącza teletransmisji. W Polsce prowadzi się badania związane z koncepcją zastosowania DGPS dla potrzeb SZ RP.

[45] Korekcja = domniemana pseudoodległość - zmierzona pseudoodległość (wyjaśniono wcześniej). Przypis autorów.

Obszarowy system DGPS - zwany WADGPS[46]. Występuje on aktualnie w szeregu wariantach, których rozwój jest finansowany przez różnego rodzaju instytucje. Przykładowo FAA (Federal Aviation Administration) finansuje program o nazwie WASS - Wide Area Augmentation System. W systemach takich wykorzystuje się sieć stacji referencyjnych przekazujących obliczone informacje do stacji bazowej. Zostało to przedstawione na rys.1.16. Stacja bazowa wyznacza wektor korekcji dla każdego satelity. Porównując z systemem lokalnym korekcja jest użyteczna na znacznie większym obszarze. Może być stosowany więc w zasięgu kontynentalnym lub szerszym. Do transmisji poprawek wykorzystuje się satelity telekomunikacyjne.



Rys.1.16. Elementy składowe obszarowego układu różnicowego - WADGPS.

[46] WADGPS - Wide Area DGPS.

1.5. Satelity telekomunikacyjne[47]

Nazwa „satelity telekomunikacyjne" jest utożsamiana z nazwą „satelity łączności", chociaż samo wyrażenie „łączność" (bez przymiotnika) nie jest w słownikach i encyklopediach definiowane[48]. Świadomi tego proponujemy używanie wyrażenia „łączność satelitarna" jako synonim „telekomunikacji satelitarnej"[49].

Już w 1964 r. rozpoczęto praktyczne wykorzystywanie łączności satelitarnej. Z biegiem czasu konstruowano i umieszczano na orbitach coraz doskonalsze łącznościowe satelity Ziemi. Były one specyficznymi stacjami przekaźnikowymi, niebywale rozszerzającymi zasięgi systemów łączności radiowej i radiotelefonicznej. Powstała możliwość komunikowania się między dowolnymi punktami na kuli ziemskiej. Równocześnie rozwijano radiokomunikację ze stacjami kosmicznymi wysyłanymi poza sferę przyciągania ziemskiego i Układ Słoneczny. W ten sposób wyodrębniły się dwie swoiste grupy systemów łączności: łączności satelitarnej[50] z Ziemią i w dalekim kosmosie - tabela 1.13.

Bez łączności satelitarnej nie mogłyby funkcjonować kosmiczne.Można to twierdzenie sprawdzić w wielu sferach działalności. Na przykład, rozpoznanie kosmiczne straciłoby swój priorytetowy charakter, którym jest przekazywanie aktualnych informacji. Podobne znaczenie mają systemy łączności wykorzystywane w meteorologii oraz geodezji kosmicznej. Obrazy tworzone na orbitach wokółziemskich mogą być ewentualnie dostarczane na Ziemię w postaci zdjęć lub zapisów elektronicznych, jako alternatywa przekazów radiowych.

---

[47] Telekomunikacja, dziedzina techniki dotycząca przesyłania na odległość informacji (zawartych w mowie , dźwiękach, znakach pisma,obrazach itp.) za pomocą sygnałów elektronicznych; rozróżnia się t. przewodową (telefonia,telegrafia) i bezprzewodową (radiotelefonia, radiofonia,radiotelegbrafia,radiotelekopia, telewizja). Mała encyklopedia wojskowa. MON, 1971. T. 3, s. 315.
[48] Tamże, T. 3. s. 226-227.
[49] Leksykon wiedzy wojskowej. MON, 1979, s. 204.
[50] Leksykon wiedzy wojskowej, Warszawa 1979, s. 204.

Tabela 1.13

Byłe i obecne systemy łączności satelitarnej

Nazwa satelity	Przynależność państwowa	Przeznaczenie	Podstawowe parametry techniczne	Zakres wykorzystywania	Uwagi
1	2	3	4	5	6
DSCS-2 (Defense Satellite Communications System)	USA	łączność dalekosiężna sił lądowych - dowództw i sztabów oraz w sieciach satelitów rozpoznawczych i wczesnego ostrzegania	masa - 589 kg długość - 3,95 m średnica - 2,75 m rodzaj orbity - geostacjonarna czas funkcjonowania aparatury - 5 lat satelita ma 1300 kanałów łączności w zakresach częstotliwości od 14 do 16 GHz	wykorzystywany od 1971 r.; system składa się z 4 satelitów czynnych, rozmieszczonych co 90°, oraz 2 rezerwowych	
DSCS-3	USA	jak wyżej	masa - 1087 kg rodzaj orbity - geostacjonarna czas funkcjonowania aparatury - 5 lat system jest doskonalszą wersją DSCS-2	wykorzystywane od 1982 r.; system składa się z 4 satelitów podstawowych i 2 zapasowych; zapewnia łączność między wyższymi dowództwami oraz w sieciach satelitarnego rozpoznania i ostrzegania	z systemu tego korzysta dyplomacja USA
AFSATCOM (Air Force Satellite Communications System)	USA	łączność strategiczna (głównie lotnictwa) i dla potrzeb kierownictwa państwowego, łączność	masa - 987 kg rodzaj orbity - geostacjonarna czas funkcjonowania aparatury - 5 lat	wykorzystywane od 1978 r.; system obejmuje 400 stacji odbiorczych umieszczonych na strategicznych samolotach bombowych i rozpoznawczych oraz naziemnych i powietrznych stanowiskach dowodzenia; współpracuje z systemem FLSATCOM	w latach dziewięćdziesiątych ma być zastąpiony przez satelity Milstar

1	2	3	4	5	6
		między ośrodkami kontroli startu rakiet międzykontynentalnych			
SDS (Satellite Data System)	USA	jak wyżej	rodzaj orbity - skrajnie eliptyczna wysokość orbity-200-40000 km kąt nachylenia orbity - 63° czas funkcjonowania aparatury - 10 lat system stanowi uzupełnienie systemu AFSATCOM	satelity mają analogiczne zadania jak satelity systemu AFSATCOM, tyle że wypełniają je w obszarach leżących powyżej 70° szerokości geograficznej (południowej i północnej)	w latach dziewięćdziesiątych ma być zastąpiony przez satelity Milstar
FLT-SATCOM (Fleet Satellite Communications System)	USA	łączność sił morskich - między dowództwami na lądzie i jednostkami pływającymi oraz między jednostkami pływającymi	masa - 987 kg długość - 4,9 m średnica - 2.4 m rodzaj orbity - geostacjonarna czas funkcjonowania aparatury - 5 lat	wykorzystywane od 1978 r.; system składa się z 4 satelitów, ma 12 kanałów zabezpieczonych przed zakłóceniami; stacje naziemne znajdują się w USA, we Włoszech, na Guam i Hawajach; w skład systemu wchodzi 14 ośrodków dowodzenia podwodnymi siłami uderzeniowymi; współpracuje z systemem AFSATCOM	może być wykorzystywany dla potrzeb łączności taktycznej sił lądowych
Leasat	USA	jak wyżej	masa - 6800 kg długość - 4,3 m średnica - 4.3 m rodzaj orbity - geostacjonarna	wykorzystywane od 1984 r.; mają przejąć zadania satelitów FLTSATCOM; system współpracuje z systemem AFSATCOM	
Milstar (Military Strategic Tactical and Relay)	USA	łączność kierownictwa politycznego i wojskowego USA; łączność wszystkich rodzajów sił	masa - 2300 kg rodzaj orbity - geostacjonarna lub skrajnie eliptyczna	w skład systemu wchodzi 8 satelitów, w tym 4 na orbitach geostacjonarnych (3 na orbitach i 1 rezerwowy) i 4 na orbitach skrajnie eliptycznych; duża odporność na zakłócenia, duże możliwości przesyłowe	na przełomie lat 80. i 90. ma zastąpić systemy FLTSATCOM, AFSATCOM i SDS

1	2	3	4	5	6
		zbrojnych na szczeblu strategicznym, operacyjnym i taktycznym			
NATO-3	NATO	łączność strategiczna między USA i europejskimi państwami NATO	masa - 376 kg długość - 3,1 m średnica - 2,2 m rodzaj orbity - geostacjonarna czas funkcjonowania aparatury - 7 lat	wykorzystywane od 1976 r.; system składa się z 2 satelitów obsługujących łączność telefoniczną i dalekopisową oraz teletransmisję	
Skynet-3	Wielka Brytania	łączność między Wielką Brytanią a bazami wojskowymi i okrętami wojennymi na Dalekim Wschodzie	masa - 235 kg długość - 2,1 m średnica - 1,9 m rodzaj orbity - geostacjonarna czas funkcjonowania aparatury - 3 lata	wykorzystywane od 1974 r.	przystosowane do współpracy z amerykańskimi satelitami DSCS

Łączność satelitarna na Ziemi zdominowała radiokomunikacje długodystansową. Wykorzystywane są w niej systemy składające się z urządzeń umieszczanych w sztucznych satelitach Ziemi i aparatury współpracującej z naziemnymi stacjami łączności oraz abonentami. Sztuczne satelity mogą obiegać Ziemię lub inne ciała niebieskie. Bez wyraźnego sprecyzowania, nie wiadomo, o jakie satelity chodzi. Wprawdzie interesują nas wojskowe systemy łączności satelitarnej na Ziemi, ale nie powinniśmy zupełnie pomijać systemów cywilnych, ponieważ w razie potrzeby mogą one z powodzeniem być wykorzystywane do celów wojskowych. Nadrzędność celów wojny dominuje i w tej dziedzinie. Prawidłowość ta odnosi się do cywilnych systemów łączności, którymi dysponuje określone państwo[51] lub grupa państw[52] mających wspólne interesy polityczne czy gospodarcze. Mniej prawdopodobne jest wykorzystywanie do celów wojskowych globalnych systemów łączności satelitarnej[53] tworzonych przez państwa nie zainteresowane współpracą wojskową. Wspólnie ponoszone koszta dają możliwość stawiania warunków co do wykorzystywania tych systemów. Struktura techniczna oraz idea funkcjonowania systemów cywilnych i wojskowych mają wiele podobnych cech, z tym że systemy wojskowe są bardziej specjalizowane i chronione przed ingerencją nie wtajemniczonych. Znając nowoczesne systemy satelitarnej łączności komercyjnej można wnioskować o ich pierwowzorach lub odpowiednikach wojskowych.

Pod względem przestrzennym wyróżniane są systemy łączności globalne i o znaczeniu regionalnym. Z uwagi na zakres zastosowania wojskowego

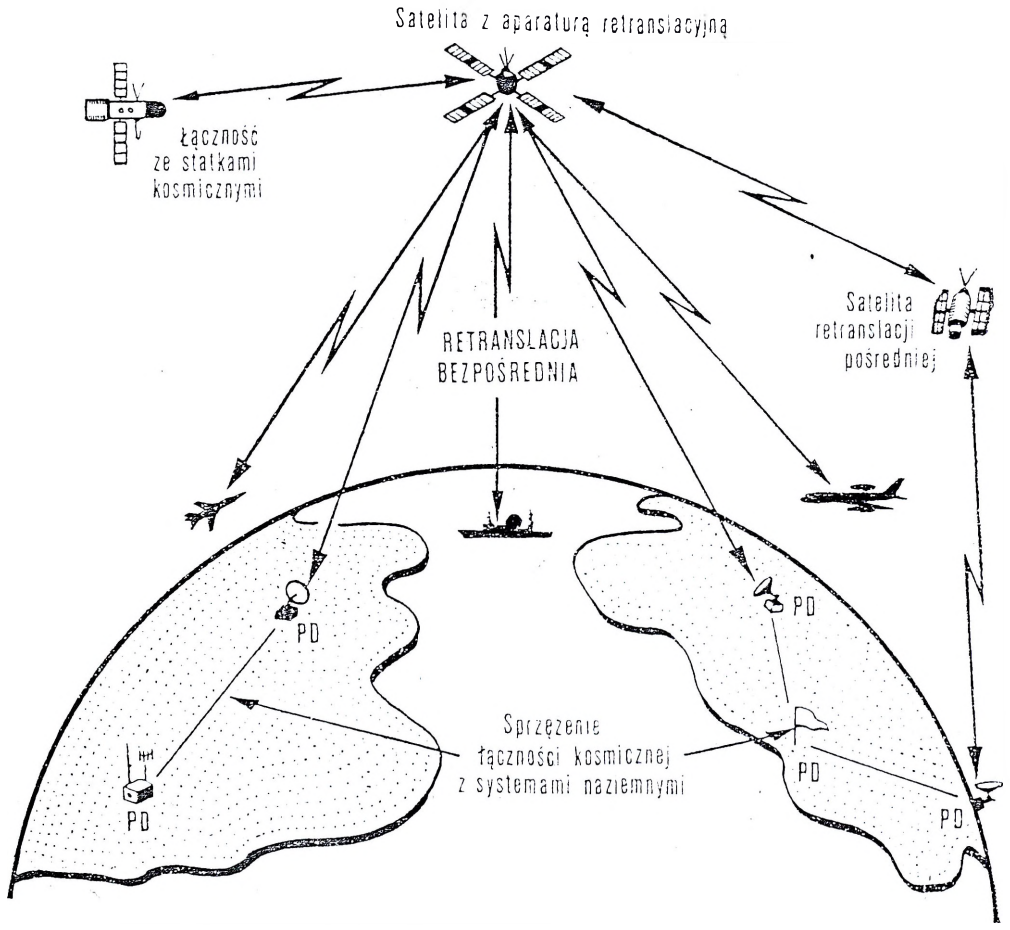
---

[51] Na przykład systemy łączności wewnątrzkrajowej w Stanach Zjednoczonych noszące nazwy Westar, SATCOM , Comstar.

[52] Na przykład porozumienie podpisane w 1971 r. przez Bułgarię, Czechosłowację, Kubę, Mongolię, byłą NRD, Polskę, Rumunię, Węgry i były ZSRR w sprawie utworzenia międzynarodowego systemu łączności satelitarnej Intersputnik.

[53] W globalnym systemie łączności satelitarnej Intelsat partycypuje ponad 100 państw, niezależnie od ich orientacji politycznych, wojskowych i gospodarczych. Jednym z tych państw jest Polska.

tworzone są odrębne systemy przeznaczone do dowodzenia strategicznego[54], o zasięgu globalnym, oraz systemy taktyczne[55], zapewniające dowodzenie ograniczone przestrzennie do najniższego szczebla. Swoimi systemami dowodzenia mogą dysponować także poszczególne rodzaje sił zbrojnych[56]. Łączność satelitarna może być wykorzystywana na Ziemi w dowodzeniu siłami zbrojnymi działającymi na lądzie, na morzach i w powietrzu. Relacje te obrazuje rys. 1.17.



Rys.1.17. Idea funkcjonowania globalnej łączności satelitarnej

---

[54] Na przykład amerykański system DSCS mający co najmniej 4 satelity i do 100 stacji naziemnych.

[55] System TACSATCOM zapewnia utrzymywanie łączności z najmniejszymi pododdziałami różnych rodzajów wojsk, a nawet pojedynczymi samolotami i okrętami. Stosowane są przenośne lub przewoźne stacje naziemne, umożliwiające radiokomunikację za pośrednictwem satelitów.

[56] Amerykańska marynarka wojenna wykorzystuje system łączności satelitarnej FLTSATCOM, a siły powietrzne - system AFSTACOM.

Aparatura satelitów łączności spełnia funkcje bezpośredniej lub pośredniej retranslacji[57]. Polega to na odbieraniu sygnałów emitowanych przez nadajniki użytkowników systemu, odpowiednim wzmacnianiu i zwrotnym emitowaniu ich w przewidzianych relacjach. Jeżeli w zasięgu „widoczności horyzontalnej" danego satelity znajdują się stacje korespondentów, to mogą one prowadzić wymianę informacji za pośrednictwem jednego satelity. Mamy wówczas do czynienia z **retranslacją bezpośrednią**. Mimo to sygnały pokonują drogę z Ziemi w kosmos i z powrotem na Ziemię. Fakt ten ma istotne znaczenie, ponieważ fale radiowe ulegają dwukrotnemu tłumieniu w troposferze i jonosferze, a co za tym idzie - znacznemu osłabieniu. Absorpcja jonosfery jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu wykorzystywanych częstotliwości. Ta warstwa atmosfery praktycznie eliminuje możliwość stosowania częstotliwości poniżej 0,1-1,0 GHz. Natomiast troposfera ogranicza wykorzystywanie częstotliwości w pasmach 22 GHz, 5-70 GHz, 119 GHz i 200 GHz. W łączności satelitarnej wykorzystywane jest głównie tak zwane drugie okno kosmiczne, obejmujące częstotliwości 1-10 GHz.

Globalne systemy łączności satelitarnej obsługują całą kulę ziemską lub większą jej część. W takich systemach w wymianie informacji między korespondentami usytuowanymi, na przykład, na różnych półkulach muszą pośredniczyć co najmniej dwa satelity. Dla odróżnienia retransmisję taką nazywamy pośrednią. Droga sygnałów jest wówczas bardzo długa i zależy od wysokości orbit, po których poruszają się satelity.

Z teoretycznego punktu widzenia dla satelitów łączności mogą być wykorzystywane dowolne orbity. Względy praktyczne wskazują, że najbardziej przydatne są orbity geostacjonarne oraz półsynchroniczne, nachylone, elip-

[57] Wyrażenia „retranslacja" i „retransmisja" stosowane są zamiennie i oznaczają czynność pośredniczenia w wymianie informacji między stacjami (korespondentami), które nie są w stanie utrzymywać ze sobą łączności bezpośredniej.

tyczne. Satelita wyposażony w anteny o szerokich wiązkach promieniowania może z orbity geostacjonarnej pośredniczyć między stacjami rozmieszczonymi w granicach ±75° długości i tyle samo szerokości geograficznej. Pozostają wówczas nie pokryte obszary podbiegunowe, do których obsługi dogodne są właśnie satelity na orbitach nachylonych o siedemdziesiąt kilka stopni w stosunku do równika. Retransmisje na ograniczonym obszarze może zapewnić jeden satelita, jeśli jest umieszczony na orbicie geostacjonarnej, a minimum trzy satelity umożliwiają pokrycie pasa równikowego.

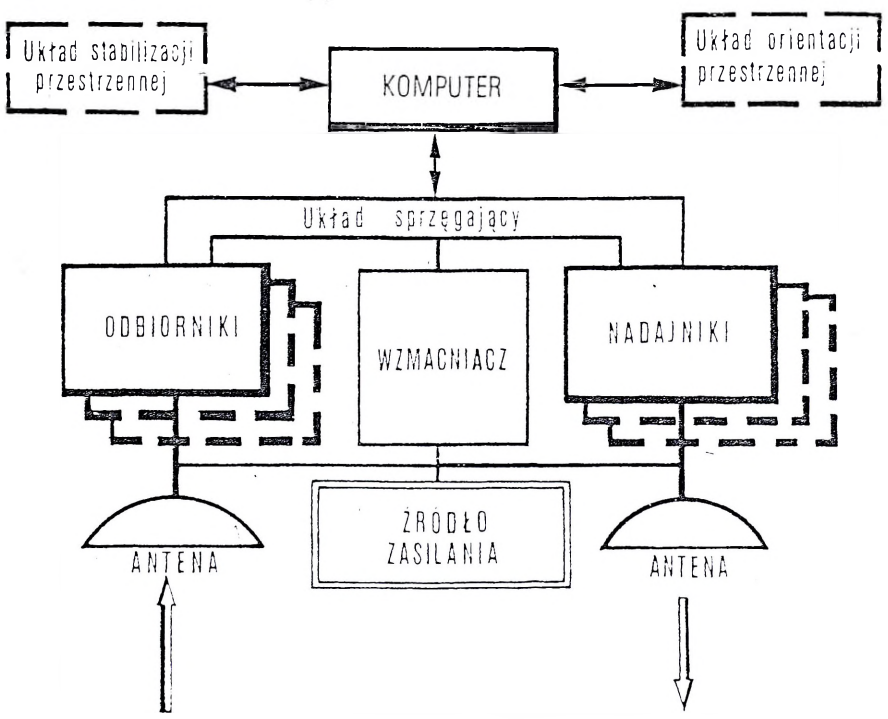
Satelity łączności na orbitach eliptycznych mają apogeum zaplanowane nad obszarem, gdzie rozmieszczone są stacje abonentów. Prędkość ruchu satelity w apogeum jest tyle razy mniejsza od prędkości ruchu w perygeum, ile razy jest większa wysokość orbity w apogeum od wysokości w perygeum. W efekcie czasu jednego obiegu Ziemi po orbicie półsynchronicznej, wynoszącego 12 godzin, aż 8-10 godzin przypada na lot w zasięgu stacji rozmieszczonych na obszarze, nad którym przypada apogeum. Kolejny raz satelita osiąga apogeum po 12 godzinach. W tym czasie Ziemia obróci się o 180° wokół osi i o taką wartość przemieści się rzut poprzedniego apogeum satelity na powierzchnię Ziemi. Jeśli umieści się minimum trzy satelity na orbitach synchronicznych, przesuniętych względem siebie o 120°, wówczas zostanie zapewniona możliwość ciągłego pośredniczenia między stacjami naziemnymi określonego rejonu za pomocą jednego z satelitów. Z wysokości orbity półsynchronicznej satelita obejmuje maksymalny obszar o rozpiętości do 120°.

Aparatura stanowiąca wyposażenie satelitów łączności jest zróżnicowana, odpowiednio do ich przeznaczenia i spełnianych funkcji[58]. Klasyczne satelity łączności mają aparaturę przedstawioną na rys. 1.18.

---

[58] Rozważane jest tworzenie, na przykład, różnych satelitarnych systemów ostrzegania o zaistnieniu klęsk ekologicznych, pożarów, włamań do obiektów itp. Systemy łączności mają samoczynnie alarmować odpowiednie organa o powstających zagrożeniach. Przypis autorów.

Satelity muszą spełniać wiele wymagań - zapewniać zainstalowanie w nich aparatury oraz odpowiednie warunki jej funkcjonowania, samoczynnie utrzymywać na orbicie odpowiednio zorientowane położenie własne, aby umożliwić właściwe skierowanie anten ku przewidzianemu obszarowi kuli ziemskiej lub kosmosu. Korekta położenia musi być prowadzona systematycznie. Dryfowanie satelity mogą wywoływać różne przyczyny. Układ orientacji sygnalizuje odchylenia i uruchamia działanie stabilizatorów, którymi mogą być silniczki korekcyjne, platformy żyroskopowe i balasty.



Rys. 1.18. Schemat aparatury satelity telekomunikacyjnej

W celu zapewnienia maksymalnego wykorzystywania możliwości aparatury retransmisyjnej stosowane są anteny kierunkowe, których wiązki promieniowania zawierają się w kątach od kilku do kilkunastu stopni. Przy kącie około 17° wypromieniowywane fale elektromagnetyczne docierają do punktów leżących na granicy horyzontu „widzialności" radiowej. Kierunkowa retransmisja, oprócz korzyści energetycznych, zapewnia wyższą odporność urządzeń na zakłócenia.

Układy odbiorników i nadajników składają się z wielu kompletów, stosownie do spełnianych funkcji. Część z nich stanowi rezerwę.

Miarą przydatności satelity łącznościowego jest głównie liczba obsługiwanych korespondentów wymieniających informacje. Parametr ten wyraża się też liczbą kanałów lub łączy[59]. Wymagania korespondentów co do treści i formy retransmitowanych informacji są różnorodne. Dlatego aparatura poszczególnych satelitów wojskowych zwykle zapewnia łączność telefoniczną, telegraficzną, telekopiową oraz teledacyjną. Systemy cywilnej łączności satelitarnej wykorzystywane są ponadto do retransmisji programów radiowych i telewizyjnych.

Trudno sobie wyobrazić, aby tak złożona aparatura łączności i jej nosiciel, a więc satelita wraz z układem orientacji i stabilizacji, funkcjonowała bez odpowiedniego sterowania. Ważny jest przy tym cel i skutki sterowania, a nie sposób jego realizacji. Nietrudno jednak zauważyć, że komputer lub zespół komputerów może sterować synchronizacją położenia przestrzennego satelity i ukierunkowywaniem anten aparatury odbiorczo - nadawczej, a ponadto nadzorować funkcjonowanie całej aparatury.

Zasilanie aparatury satelitów łączności jest wprawdzie problemem elementarnym, ale ciekawym z wielu względów. Przewiduje się użytkowanie systemu przynajmniej przez kilkanaście lat, a poszczególnych generacji satelitów przez około 5 lat. W ciągu takiego czasu, a nawet dłuższego, powinny pracować wszystkie elementy satelity, w tym zasilanie. Naprawy i uzupełnienia satelitów są przedsięwzięciem bardzo kosztownym.

Zasilanie aparatury energią elektryczną wymaga jej wytwarzania na pokładzie. Największe doświadczenia uzyskano w stosowaniu ogniw fotoelektrycznych. Pojedyncze ogniwa wytwarzają z energii słonecznej prąd o niedużej mocy. Dopiero co najmniej kilkadziesiąt tysięcy ogniw umożliwia two-

[59] Na przykład satelity typu Intelsat IV mają 4000 łączy.

rzenie baterii fotoelektrycznych, zdolnych do wytwarzania prądu o mocy kilku kW. Baterie takie mogą mieć postać ramion wynoszonych na orbity w stanie złożonym i tam odpowiednio rozkładanych. Brak oporu czołowego umożliwia stosowanie baterii o dużych rozmiarach powierzchni roboczej, dochodzących do kilkudziesięciu metrów.

Obok ograniczonej mocy baterii fotoelektrycznych ich właściwością są przerwy w pracy wtedy, kiedy satelita jest przesłaniany przez Ziemię lub inne ciało niebieskie. Musi zatem istnieć rezerwowe zasilanie urządzeń satelity. Dotychczas stosowane są akumulatory kadmowo - niklowe, cechujące się najwyższą sprawnością przy ustalonej masie własnej.

Pod względem trwałości urządzeń i ilości wytwarzanej energii bezkonkurencyjnymi są reaktory jądrowe. W celu ich użytkowania niezbędne jest, niestety, spełnienie określonych warunków technicznych. Do czynników najważniejszych zalicza się zabezpieczenie urządzeń radioelektronicznych przed promieniowaniem przenikliwym oraz odpowiednie chłodzenie reaktora. Wiąże się to ze wzrostem masy takiego źródła zasilania.

W ciągu wielu dziesięcioleci satelity użytkowe, w tym łączności kosmicznej, były wynoszone na orbity za pomocą rakiet. Wiele z nich udawało się umieszczać planowo na pożądanych orbitach, ale były też liczne niepowodzenia[60]. W latach osiemdziesiątych stworzono możliwość wynoszenia satelitów na niższe orbity za pomocą samolotów kosmicznych. Satelita wyniesiony najpierw na orbitę niską może być z kolei wprowadzony na orbitę półsynchroniczną przez zwiększenie prędkości do określonej wartości za pomocą stosunkowo niewielkich silników. W takim wypadku występuje niejako dwuetapowe instalowanie w kosmosie satelitów łączności.

---

[60] Na podstawie doniesień prasowych państw zachodnich można wnioskować, że spośród ich satelitów wystrzeliwanych w latach 1960 - 1980 jeden na dziesięć nie osiągał zaplanowanej orbity, a ponadto niektóre z nich powodowały inne perturbacje.

Bierna rola satelitów łączności jest aż nadto oczywista. Wymiana informacji odbywa się między korespondentami dysponującymi odpowiednim sprzętem, nazywanym stacjami. Jest to nazwa ogólna, obejmująca klasyczne radiostacje oraz urządzenia specyficzne, zapewniające transmitowanie lub odbiór informacji w różnorodnych formach.

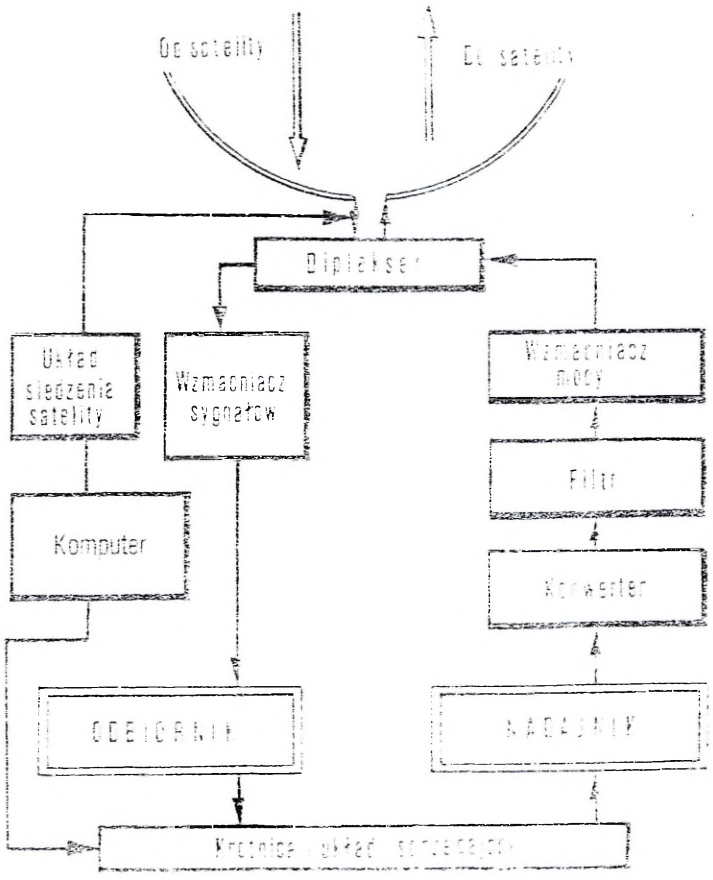
Stosownie do przeznaczenia, warunków stosowania i poziomu nowoczesności, kosmiczne stacje łączności różnią się budową, masą i warunkami technicznymi ich użytkownika.

Różnice masy i gabarytów są wielkie. Potężne stacje stacjonarne mogą mieć masę setek ton[61], natomiast przenośne - kilkunastu lub do kilku kilogramów. Ogólna jednak idea ich budowy jest wspólna, przynajmniej w odniesieniu do zasadniczych elementów. Można wyróżnić takie typowe elementy, jak: nadajniki, odbiorniki, źródła zasilania oraz układy programowania i sterowania stacją. Te ostatnie układy nie należą do struktury stacji, ale są niezbędne do sterowania jej aparaturą, zwłaszcza jeśli ta stacja jest wielkim obiektem lub jest zautomatyzowana. Główne elementy aparatury stacji łączności zobrazowano na rys. 1.19.

Ze względu na wcześniej omówione odległości między elementami systemów łączności satelitarnej, wysokie wymagania musi spełniać aparatura stacji. Zwraca uwagę fakt, że bezpośrednio z systemem antenowym łączy się wzmacniacz mocy sygnałów wypromieniowywanych. Otóż chodzi w tym wypadku o uniknięcie strat, które występują w liniach przesyłowych. Wzmacnianie emitowanych sygnałów następuje do niezbędnego poziomu mocy wyjściowej - od 1 do 10 W na jeden kanał telefoniczny i do 500 W - w kanale przekazu obrazowego. Pomimo to do odbiorników adresatów docierają sygna-

[61] Na przykład nasza stacja naziemna umożliwiająca wykorzystywanie łączności satelitarnej Intersputnik i Intelsat rozmieszczona jest w Psarach pod Kielcami na powierzchni około 30 ha. Część tej powierzchni zajmują urządzenia łączności z abonentami na obszarze kraju.

Średnica anteny do łączności w systemie Intersputnik wynosi 12,5 m, a masa - 55 t. W systemie Intesat antena ma średnicę 30 m i masę 300 t.



Rys.1.19. Schemat blokowy aparatury stacji łączności kosmicznej

ły o bardzo małych mocach[62], zrównujące się z poziomem szumów własnych układów wejściowych odbiorników. Wobec tego w stacjach tego rodzaju czyni się wszystko, co możliwe, aby poziom szumów zredukować do minimum. Przede wszystkim obniżana jest temperatura układów wejściowych, co radykalnie zmniejsza szumy. Stosowane są też na wejściu toru odbiorczego wzmacniacze wstępne o minimalnych szumach własnych. Są nimi najczęściej masery chłodzone ciekłym helem, którego temperatura dochodzi do -270°C.

Jest oczywiste, że o efektywności pracy stacji decyduje sprawność nadajników i odbiorników, w tym ich modulatorów, demodulatorów i wzmac-

[62] Gęstość mocy sygnałów docierających do Ziemi z pojazdów wysyłanych w daleką przestrzeń kosmiczną waha się w granicach od 10^{-10} do 10^{-26} W/m^2. Najpotężniejsze stacje naziemne wyróżniają sygnały radiowe nawet o gęstości mocy tylko 10^{-18} W/m^2.

niaczy. Natomiast nie zawsze docenia się rolę systemów antenowych stacji naziemnych i satelitów. Mówimy o tym, gdyż systemy antenowe poważnie wpływają na warunki taktycznego wykorzystywania takich sytuacji. Budowa systemu antenowego przesądza o wielokanałowości stacji. Anteny o bardzo dużym zysku energetycznym zapewniają wielokanałową łączność satelitarną w złożonych łańcuchach telekomunikacyjnych.

Anteny stacji, także anteny satelitów, emitują sygnały kierunkowo. Ich położenie jest korygowane stosownie do zmian zachodzących na skutek ruchu satelity i stacji, które obsługują. Częstotliwość zmiany kierunku ustawienia anteny zależy głównie od liczby satelitów pracujących w systemie oraz szerokości wiązki promieniowania i kąta odbioru. W praktyce stosowane są anteny: o szerokich wiązkach promieniowania w granicach 50°, wiązkach średnich 20° - 30° i wiązkach wąskich o szerokości około 1° - 5°[63] . Szerokie wiązki promieniowania są charakterystyczne dla okrętowych stacji łączności, które zwykle nie mają precyzyjnych układów kompensacji przechyłów okrętów. Kołysanie poprzeczne okrętów jest zmienne w czasie, zarówno co do częstotliwości, jak i wielkości odchyleń od położenia pionowego. Najprostsze jest ręczne orientowanie anteny. Lecz jest to metoda zbyt prymitywna i może być stosowana tylko w sytuacjach awaryjnych. Praktyczne zastosowanie ma mechaniczne stabilizowanie położenia anteny za pomocą przeciwwagi i odpowiedniego sterowania elektrycznego. Natomiast najbardziej skuteczne stabilizowanie zapewniają urządzenia żyroskopowe.To ostatnie rozwiązanie jest stosunkowo kosztowne,ale często konieczne,zwłaszcza na okrętach i samolotach.

Ustawianie anteny w kierunku satelity daje korzystny efekt dla wszystkich stacji, także wielkich stacji stacjonarnych. Może zachodzić potrzeba orientowania anteny na kolejne satelity. Dokonuje się tego na podstawie wyników obserwacji odrębnego układu śledzenia ruchu satelitów lub wyliczeń

---

[63] Wspomniane wcześniej stacje naziemne R-440, które miały Siły Zbrojne RP, miały szerokość wiązki 7°. Przypis autorów na podstawie opisu technicznego R-440.

komputera, który w nowoczesnych stacjach kontroluje i koryguje ich funkcjonowanie. Komputer analizujący moc sygnałów odbieranych z satelity jest w stanie określać poprawki do takiego ustawienia anteny, aby maksimum głównego listka wiązki promieniowania skierowane było ku satelicie. Nowoczesne układy zapewniają dokładność ukierunkowywania anten w granicach kilku minut kątowych.

*
* *

Wiedza o systemach satelitarnych prezentowana w rozdziale pierwszym została dobrana pod kątem przydatności dla organizatorów i realizatorów szkolenia taktyczno - operacyjnego sił powietrznych. Bez tej wiedzy nie można byłoby oceniać możliwości stosowania satelitów w tym szkoleniu, co zostało przedstawione w rozdziale kolejnym.

2. POTRZEBY I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTYWANIA SATELITÓW W SZKOLENIU TAKTYCZNO-OPERACYJNYM SIŁ POWIETRZNYCH

Praktycznie nie można oceniać obiektywnie potrzeb i możliwości obronnych państwa, w tym układów koalicyjnych, bez uwzględniania ogólnego położenia militarnego tegoż państwa. Nadzieja, że zawarcie „dobrego" paktu wojskowego uchroni kraj od nieszczęść wojennych jest co najmniej dyskusyjna w erze istnienia swoistego pata militarnego.

Pozycję państwa na arenie międzynarodowej, także militarną wyznaczają różne czynniki: nie tylko liczebność ludności, powierzchnia obszaru, bogactwa naturalne, poziom rozwoju ekonomicznego i cywilizacyjnego, ale przede wszystkim potęga militarna. Stworzenie straszliwej broni jądrowej nie zadowoliło jej twórców, zwłaszcza kiedy kolejne państwa zaczęły podważać ukształtowany parytet. Dwubiegunowy układ państw posiadających broń jądrową wytworzył właśnie **pat militarny**. Przez pojęcie to rozumie się niemożność rozstrzygania sprzeczności, pomiędzy posiadaczami broni jądrowej, poprzez wojnę.

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych wyścig zbrojeń, szczególnie w dziedzinie rozwoju broni rakietowo - jądrowej nie przyniósł rozstrzygnięcia. Dwubiegunowy pat militarny tworzyły nadal USA i ZSRR. Arsenały nuklearne innych państw „przedłużały" te dwa bieguny.

Czy globalna sytuacja militarna na świecie obecnie zmiania się? Pytanie retoryczne. Arsenał nuklearny byłego ZSRR istnieje nadal. USA i Rosja dys-

ponują obecnie wielkimi potencjałami nuklearnymi. Podczas zawierania układu o redukcji zbrojeń strategicznych START-1 (w 1991 r.) ujawniono stany głowic nuklearnych USA i Rosji. Łączna liczba głowic oraz międzykontynentalnych środków ich przenoszenia (rakiet ziemia - ziemia i morskich oraz bombowców strategicznych) wynosi: w USA 12 082 i w Rosji 11 212. Strony uzgodniły, że w wyniku docelowej redukcji, liczba głowic zostanie zmniejszona do poziomu 5992 w USA i 6000 w Rosji. Porozumienia Rosja dotychczas nie ratyfikowała.

Nawet sześciotysięczne (razem prawie 12 000) arsenały głowic jądrowych, użyte na ziemi, zniszczyłyby naszą cywilizację. Być może pozostałyby jakieś mutanty, ale taka perspektywa nie interesuje ludzi, zdrowych psychicznie.

Bieg spraw międzynarodowych świadczy, że - najprawdopodobniej - z piętnem pata militarnego wkroczymy w XXI wiek. Posiadacze potężnych arsenałów nuklearnych nie będą nadal mogli ich użyć, a to oznacza wykluczenie możliwości znaczącego naruszania wzajemnych interesów militarnych. Broń nuklearna prawie już pół wieku stanowi prerogatywę mocarstwowości państw i swym istnieniem kształtuje stosunki polityczno - militarne na kuli ziemskiej. Inicjatywa Obrony Strategicznej[64] budziła nadzieje na zniesienie militarnego pata. Wydano na ten program ogromne sumy, ale rezultaty są nikłe. Nie ma nadal skutecznej tarczy osłaniającej przed atakiem z kosmosu.

Czy państwa, niezależnie od ich wielkości, pod względem polityczno - militarnym są niezależne? To jest kolejne pytanie retoryczne. Niezależność państw ma charakter względny. Wprawdzie państwo potężne może ignorować, do pewnego stopnia, interesy państwa małego. Lecz jeśli robi to na-

---

[64] Strategic Defense Initiative (SDI). Amerykański program obrony przed atakami nuklearnymi z kosmosu (międzykontynentalnymi rakietami wystrzeliwanymi z wyrzutni naziemnych lub okrętów oraz ze stacji orbitalnych). W. Świątnicki, Z. Świątnicki. Wojna w kosmosie? MON, 1990, s.14-19.

gminnie, wówczas zyskuje „międzynarodową" wrogość. Państwa wielkie nie mają takiej możliwości i „muszą" traktować się z respektem.

Wszystko to wydaje się oczywiste, ale bardziej w teorii. Nie mają należytego odzwierciedlenia w praktyce. Rozliczne fobie, iluzje i bezzasadne nadzieje przesłaniają ludziom obrazy rzeczywistości. Tymczasem **doniosłość spraw militarnych zmusza do odrzucania czynników irracjonalnych w wyborze strategii obrony państwa**. Teza ta dotyczy wszystkich państw, a uznawanie istniejących stref wpływów - to pierwszy warunek zachowania pokoju. Każda próba zmiany układu sił może być porównywana ze znanym prawem fizycznym „każdej akcji towarzyszy reakcja o tej samej sile, skierowanej w przeciwną stronę".

Nie twierdzimy, że należy poniechać jakichkolwiek akcji. Chcemy jednak aby skutki akcji były uświadamiane przed jej podjęciem.

Brak zrozumienia i uszanowania dla subtelności uwarunkowań strategii militarnej mocarstw przez państwa trzecie (małe i średnie), narazić może te ostatnie na retorsje bezpośrednie ze strony mocarstwa antagonistycznego, a ponadto retorsje pośrednie, zawoalowane ze strony „upragnionego" sojusznika. Natręctwo dowolnej strony, w dobie pata militarnego, spotykać się będzie ze stanowczą odprawą.

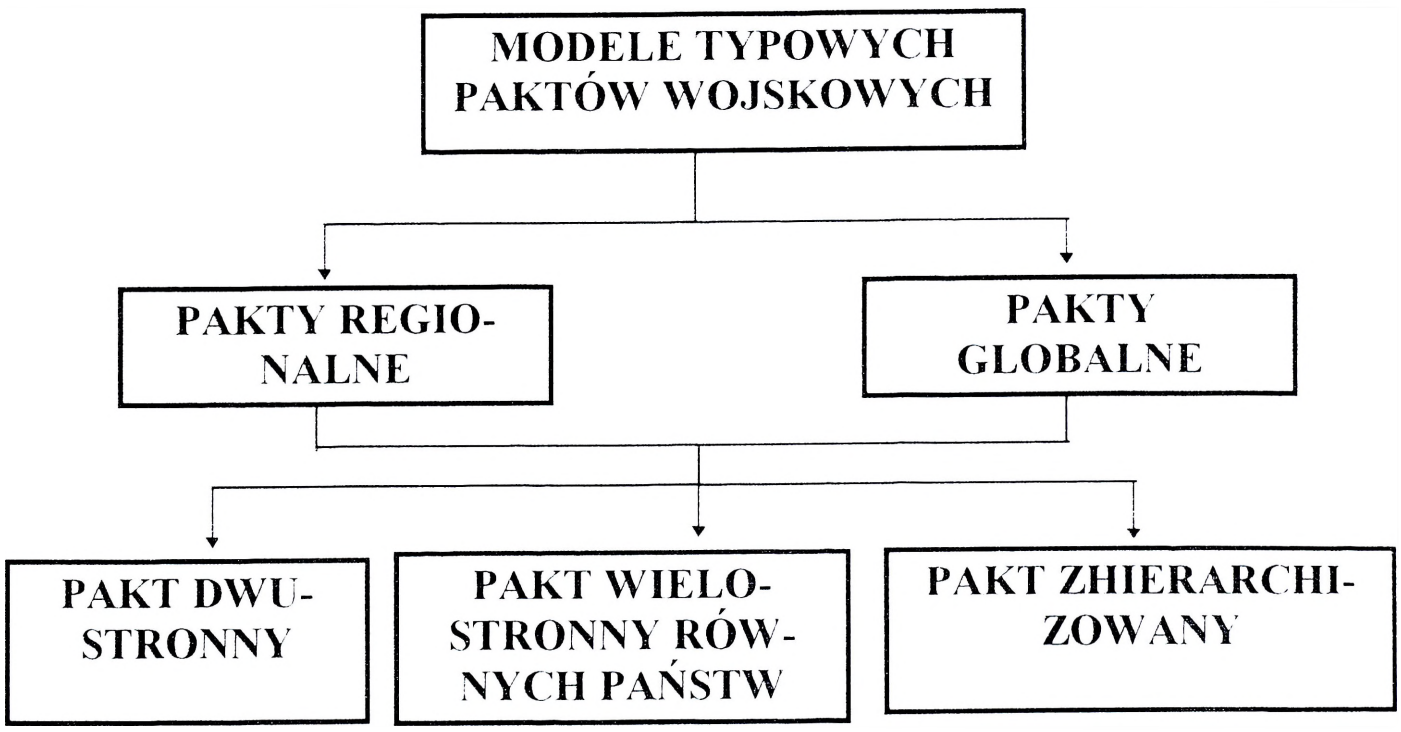
Zbliża się koniec XX wieku i nie ma symptomów świadczących o możliwości zniesienia atomowego pata. Uwalniał on świat, przez pół wieku, od wojen na wielką skalę. W tym czasie, wystąpiło sto kilkadziesiąt drobnych konfliktów zbrojnych. W latach 1958-59 - problemy Berlina oraz w 1962 - Kuby, stanowiły wiarygodne testy skuteczności militarnego pata. Oba mocarstwa uchyliły się od konfrontacji nuklearnej na wielką skalę. Później unikano nawet podobnych stresów militarnych.

Przełom wieków zdaje się zwiastować nową rundę dziejów militarnych pod hasłem: **pakty wojskowe.**

W historii nie są znane pakty wojskowe, których twórcy głosiliby, że tworzą je w celach agresywnych. Między deklaracjami a rzeczywistością bywały jednak zasadnicze różnice. Doświadczenia historyczne są dziedzictwem całej ludzkości i poszczególne narody mają prawo z nich korzystać. Nie ma podstaw aby jakiś naród narzucał innemu własne interpretacje.

Pakty wojskowe nigdy nie służyły celom „dekoracyjnym". Zawierano je w określonych celach militarnych - do obrony przed kimś, ale nie do obrony przed sobą. Można przekonywać zainteresowanych, że określony pakt służy wszystkim, całej ludzkości. Jeśli tego nie zdoła się osiągnąć, wówczas - wcześniej bądź później - pakt zyska przeciwnika. Niektórzy znawcy dziejów paktów wojskowych twierdzą, że najpierw jest przeciwnik, a pakt - zjawiskiem wtórnym.

Pakty militarne, zwane też wojskowymi, mogą mieć różny charakter - rys. 2.1.



Rys.2.1. Typologia paktów wojskowych

Pakt militarny, jak każda wspólnota, wymaga świadomego i dobrowolnego przyjęcia, przez sygnatariuszy, zobowiązań natury materialnej, ale też

wyrzeczenia się prerogatyw absolutnej niezależności. Sygnatariusze paktu zyskują na ogół większe bezpieczeństwo militarne, które wzmaga połączony potencjał obronny. Byłoby jednak naiwnością sądzić, że przynależność do paktu przynosi tylko korzyści. **Oprócz świadczeń na rzecz wspólnej obronności, jest jeszcze aspekt zagrożeń, generowanych przez możliwe uwikłania militarne różnych członków paktu.**

Prawdopodobieństwo niepożądanych (i groźnych) uwikłań militarnych jest wprost proporcjonalne do wielkości przestrzennej oraz liczebności państw i zhierarchizowania paktu. Taka sama relacja występuje w odniesieniu do współczynnika bezpieczeństwa wobec zagrożenia konfliktami zbrojnymi, nie mającymi charakteru wojny globalnej.

Z wielu względów, korzystny jest model paktu wielostronnego równych państw, którego interesy militarne mają charakter regionalny. Pakt taki może nie wzbudzać nieufności i nie powodować radykalnego przeciwdziałania antagonistów. Teza ta wynika z ograniczonego zasięgu oddziaływania tego paktu i niegroźnego potencjału militarnego. Potencjał ten powinien mieć moc odstraszania militarnego - nawet mocarstwa, ale nie powinien stanowić wyzwania wobec danego mocarstwa.

Pakt zhierarchizowany stanowi odwrotność dwóch pozostałych modeli. W składzie takiego paktu występują państwa przywódcze - z racji swej potęgi oraz państwa średnie i małe. Sygnatariusze paktu zhierarchizowanego mogą mieć równe prawa i przywileje, przy zróżnicowanych świadczeniach. Zróżnicowany wkład potencjałów musi pociągać za sobą zróżnicowanie wpływów (wpływów rzeczywistych, a nie werbalnych).

Odmianą szczególną paktu zhierarchizowanego jest dwubiegunowość wewnątrz paktu: **mocarstwo - członkowie paktu.** W takim układzie mocarstwo ma nieuchronne globalne interesy militarne. Tworzy swą potęgą globalny „parasol" obronny, ale też może niezamierzenie „wciągnąć" pozostałych

członków paktu w nuklearny lub nienuklearny konflikt globalny, wykraczający absolutnie poza interesy członków paktu.

Nie można wykluczyć ewentualności zaistnienia konfliktu zbrojnego pomiędzy dwoma członkami wielostronnego paktu wojskowego. Problem ten ilustrują dzieje stosunków polityczno - militarnych pomiędzy Grecją i Turcją (problem Cypru). Oba państwa polegają na swoich siłach militarnych i w długim sporze - NATO nie pomogło im radykalnie. Nie neguje się roli perswazji, ale jej rola kończy się po wyczerpaniu i odrzuceniu wzajemnych argumentów. Absolutyzowanie zbawiennego znaczenia paktu nie ma podstaw merytorycznych. Nie można wykluczyć ewentualności konfliktu zbrojnego pomiędzy dwoma członkami wielostronnego paktu wojskowego. Państwo członkowskie, które dokonałoby błyskawicznego zaboru części ziem sąsiada, mogłoby liczyć na łagodne potraktowanie i korzyści gry na zwłokę. Teoretycznie, wyobrażalna jest nawet sytuacja dramatyczna. Pakt mógłby nie wszcząć wojny w obronie członka, jeżeli mogłaby ona przerodzić się w wojnę totalną. Pat atomowy powstrzymuje decydentów od działań stanowczych, które grozić mogą zagładą całej ludzkości. Nie chciano „umierać" za Gdańsk i „korytarz"- bez istnienia militarnego pata[65]. **Skąd pewność, że mocarstwa współczesne podjęłyby decyzje ostateczne?** Formułowane twierdzenia kategoryczne w tej kwestii byłyby tylko hipotezami.

Przykład „ocieplania" stosunków politycznych i rozszerzania współpracy ekonomicznej pomiędzy Chinami a Rosją - jest wielce symptomatyczny (zwłaszcza zamówienia w przemyśle zbrojeniowym Rosji). Zapowiedzi Rosji o ewentualnym zawieraniu sojuszy (paktów) z państwami arabskimi oraz inne groźby - to przykład „reakcji" na znane „akcje".

Rozwój cywilizacyjny i demokratyzacja państw świata wnoszą nowe zjawiska do sztuki wojennej. Społeczeństwa nie wyrażają zgody na szafowa-

[65] Aluzja do „dziwnej" wojny na zachodzie we wrześniu 1939 r., kiedy Sojusznicy Polski nie uważali za stosowne uderzyć na Niemcy. Przypis autora.

nie ich mieniem, a zwłaszcza życiem. Podczas II wojny światowej, spośród Sprzymierzonych Państw Zachodnich największy ciężar prowadzenia wojny przeciwko Niemcom i Japonii poniosła Ameryka. Jej siły zbrojne walczyły w Afryce, Europie, Azji oraz na Pacyfiku i Atlantyku. Podczas całej wojny zginęło „zaledwie 322 188 żołnierzy amerykańskich i około 700 000 zostało rannych[66]. Państwa totalitarne mogły jeszcze wówczas szafować życiem swych obywateli. Współzwycięski ZSRR stracił około 20 milionów ludzi, a pokonane Niemcy około 5 milionów[67]. Według nowszych źródeł, straty ludzkie Niemców, a szczególnie narodów ZSRR, były w rzeczywistości znacznie większe. Wręcz monstrualne straty materialne poniosły państwa na terytoriach, których prowadzono przewlekłe działania wojenne. Przy obecnym potencjale nuklearnym i niszczycielskich systemach uzbrojenia konwencjonalnego - położenie geostrategiczne kraju urasta do rangi problemu zasadniczego.

POŁOŻENIE STRATEGICZNE KRAJU

Położenie geograficzne Polski jest czynnikiem obiektywnym. Przez wieki pustoszyły nasz kraj armie, przechodzące ze wschodu na zachód i odwrotnie. Naród Polski przywykł do cierpień. Nic dziwnego, że jesteśmy „dumni" ze swych strat (6 milionów zabitych obywateli), poniesionych w ludziach i mieniu, traktując je jako nasz „wkład" w dzieło zwycięstwa nad faszyzmem. W podtekstach spotykano przypuszczenia, że być może osiągnięć wojennych „zazdrości" nam południowy sąsiad. Istotnie, tam Niemcy zniszczyli tylko wioskę Lidice (27.5.1942 r.), zabili 173 mieszkańców tej wioski, a ponadto zamordowali 19 mężczyzn i 7 kobiet w Pradze[68]. Nieliczni Polacy zdobywają się na odwagę trzeźwej oceny poczynań militarnych. Taką odwagę

---

[66] Dwight D. Eisenhower. Krucjata w Europie. MON, 1959 s. 11.
[67] Mała encyklopedia wojskowa. MON 1967. T.1, s. 336.
[68] Tamże. T.2. s. 182.

zademonstrował prof. Jan Karski, mówiąc: „Cała działalność podziemna w okupowanej Polsce nie skróciła ani o jeden dzień II wojny światowej"[69].

Czcząc bohaterską przeszłość powinniśmy czerpać wnioski z zachowań nowoczesnych państw. Te, które mają możliwości ekonomiczne, dążą do utrzymywania swych sił zbrojnych wręcz na innych kontynentach, tworząc trwałe przesłanki wykluczające ich kraj z potencjalnego teatru wojny. Inne kraje, mniej zamożne, usiłują pozbywać się ze swego terytorium obiektów, które stałyby się przedmiotami ataku potencjalnego przeciwnika. Tezy pierwszej nie będziemy uzasadniali przykładem. Czytelnicy znają stan faktyczny. Natomiast warto przypomnieć wydarzenie sprzed wielu lat, kiedy to usunięto z Europy wyrzutnie rakiet skrzydlatych typu Cruise. Istnieją podstawy aby twierdzić, że usunięcia tych wyrzutni domagały się również kraje w których były one rozmieszczone. Chodziło im o zmniejszenie zagrożenia prawdopodobieństwem zagłady nuklearnej.

Niektóre społeczeństwa europejskie żyły dziesiątki lat ze świadomością, że w razie wojny globalnej - zginą bezpowrotnie. Są one gotowe ponieść nawet olbrzymie koszty, aby zmienić swój status „państw frontowych" i znaleźć się poza hipotetyczną rubieżą hipotetycznego starcia militarnego przeciwstawnych stron. **Czy są amatorzy na przyjęcie roli „państw frontowych"?**

Najnowsze dzieje Wietnamu, Afganistanu i Czeczenii zdają się przeczyć tezie, że współczesne narody nie życzą sobie niszczycielskiej wojny na obszarze swego kraju. Istotnie, fanatyzm powyższych narodów wyzwolił masowe poświęcenia. Trzeba wszakże zauważyć, że przeciwnicy tych narodów mogli je zniszczyć doszczętnie. Nie uczynili tego z różnych względów. Były to, ponadto, konflikty lokalne. Mylne wnioski wyciągają z tych konfliktów ci, którzy snują rozważania o wojnie partyzanckiej w środku Europy. Przypisują

[69] Wywiad z Janem Karskim: Polacy potrzebują realizmu. Trybuna. 27.12.1995 r., s. 1 i 7.

wielką rolę wojskom obrony terytorialnej, usiłując wskazywać wzory szwajcarskie.

Chcemy zaznaczyć, że argumentacja zawarta powyżej nie została przywołana w celu odradzania inicjatyw tworzenia paktów wojskowych lub luźniejszych form bezpieczeństwa militarnego. Chcemy natomiast ukazać konsekwencje wyborów, **aby dokonywano ich z pełną świadomością skutków**.

W interesie ludzkości leży uchronienie kuli ziemskiej od zagłady (pat militarny). Na drugim miejscu są interesy globalne mocarstw, na miejscach kolejnych - interesy państw średnich i małych.Warto o tych przyjaźniach i interesach pamiętać. Pierwsze bywają zmienne, drugie - raczej trwałe. W obu formach stosunków partnerzy nie mogą popełniać błędów. Przyjaźnie i interesy kwitną w atmosferze wzajemności. Przekraczanie dobrych obyczajów przynosi skutki fatalne. **Zarówno przyjaźń, jak i militarne interesy - nie nadają się do totalnej afirmacji.**

Jedno nie ulega wątpliwości sojusznicy z NATO będą nas niewątpliwie wspierali swymi systemami satelitarnymi w każdej sytuacji.

Spośród potencjalnych kierunków obrony Polski prawdopodobny może być kierunek południowo - wschodni. Przedmiotem obrony może być znaczny obszar, do którego zaliczamy ziemie po Wisłę na kierunku Sandomierza i całe Bieszczady.

W wypadku zdecydowania się któregokolwiek z sąsiadów na zagarnięcie naszych ziem, wówczas starałby się on osiągnąć ten cel błyskawicznie, z wykorzystaniem zaskoczenia. Unicestwić taki zamiar mogą nasze siły zbrojne posiadając efektywny system rozpoznania oraz wysoką gotowość bojową i manerwowość. Lotnictwo powinno posiadać bieżące informacje o agresorze oraz zdolność działania na dowolnym kierunku, a wojska OP zdolność natychmiastowego reagowania.

W składzie naszych sił zbrojnych muszą dominować wojska o wysokiej zdolności do natychmiastowego działania, a więc oprócz lotnictwa i wojsk OP - również wojska lądowo - powietrzne, zwane też rajdowymi. Przeciwnik wtargnąwszy w nasz obszar, działaniem desantów powietrznych (i być może morskich), dążyłby do opanowania przepraw (mostów) i węzłów drogowych zabezpieczając w ten sposób szybkie przenikanie swoich wojsk lądowych w głąb obszaru Polski. Równocześnie musiałby podjąć działania zmierzające do wyeliminowania z ewentualnej walki naszych sił zbrojnych. Przeciwnik dążyłby do nieprzekraczania granicy roszczeń terytorialnych, ograniczając się do izolacji naszych wojsk podchodzących z głębi i paraliżowania lotnictwa, które bazując głębiej mogłoby stawiać opór. Działania przeciwnika, w zamyśle obliczone na możliwie bezogniową akcję, nieuchronnie doprowadziłyby do starć zbrojnych. Przeciwnik działałby na wybranych kierunkach, manewrując w kolumnach po drogach, w ślad za lądowo - powietrznymi oddziałami rajdowymi.

W dążeniu do ograniczenia skali starć zbrojnych przeciwnik podjąłby niezwykle intensywne działania zmierzające do zdezorganizowania naszego systemu rozpoznania i dowodzenia, w tym alarmowania i powiadamiania; sparaliżowania ruchu naszych wojsk; udaremniania naszego przeciwdziałania poprzez obchodzenie punktów oporu i unikanie starć. Byłaby oczywista dla przeciwnika konieczność takiego działania.

Wskazaliśmy na potrzebę posiadania przez nas lotnictwa współmiernego ilościowo i jakościowo do stanu lotnictwa potencjalnego przeciwnika. Jakość naszych samolotów jest niestety niska. Oczekujemy stworzenia szczególnego systemu obrony powietrznej właśnie w przestrzeni, która może być broniona. Nasycenie rakietami przeciwlotniczymi skutecznymi w niszczeniu celów powietrznych na małych wysokościach, powinniśmy kalkulować tak, aby były one zdolne samodzielnie zadać straty potencjalnemu przeciwnikowi

obniżając wydatnie opłacalność działań jego lotnictwa nawet na małych wysokościach.

Nie tylko wojska OP, ale i lotnictwo musi być zdolne do podjęcia działań od pierwszych chwil ewentualnej agresji. Nie może spełnić tego warunku nie dysponując niezawodnymi systemami.

Konieczne będzie precyzyjne rażenie wybranych celów przeciwnika i to poza skupiskami ludzkimi. Jest to problem niebagatelny, gdyż mielibyśmy prawo uderzać tylko na agresora, który przekroczył naszą granicę, a więc na naszym terenie. Dopiero w toku walk musielibyśmy izolować obszar starć zbrojnych i uderzać na wojska przeciwnika oraz na newralgiczne obiekty przeciwnika w głębi jego kraju. Zadania te mogą być pomyślnie realizowane jeżeli siły powietrzne będą posiadały łatwy dostęp do satelitarnych systemów rozpoznawczych, nawigacyjnych, łączności i meteorologii.

Nie jesteśmy w stanie nie tylko określić jak duże jest prawdopodobieństwo trafności naszych przewidywań co do scenariusza działań w ramach ewentualnej próby aneksji, ale nie możemy też określić czy potencjalny przeciwnik podjąłby działania latem, czy w innej porze, w dzień, czy w nocy, w zwykłych bądź trudnych warunkach atmosferycznych. Rozpatrujemy tylko prawdopodobieństwo i wobec tego musimy liczyć się z koniecznością przygotowania obrony sprawnej do działań w dowolnych warunkach. Wynikają z tego konkretne wymagania taktyczno - techniczne wobec przyszłego sprzętu jakim muszą dysponować nasze siły powietrzne.

Analizując rolę i zadania sił powietrznych oraz warunki wykonywania zadań w ewentualnych działaniach obronnych dochodzi się do następujących wniosków:

1. Siły powietrzne Polski powinny być jakościowo współmierne do potrzeb wynikających z możliwego zagrożenia, celów polityki militarnej i warunków ich osiągania w wypadku narzucenia Polsce konfliktu zbrojnego. Sko-

ro nie przewidujemy klasycznej wojny lecz co najwyżej specyficzną operację krótkotrwałą w zamiarze przeciwnika, to skład naszych sił powietrznych powinien odpowiadać możliwym potrzebom operacyjnym. Lotnictwo i OP korzystające z systemów satelitarnych są w stanie zapewnić naszemu systemowi obrony niezbędnie krótki czas reakcji i pozbawić potencjalnego przeciwnika nadziei osiągnięcia zaskoczenia w potrzebnej mu skali. Pozbawienie potencjalnego przeciwnika takiej nadziei może być istotnym czynnikiem kalkulacji strategicznych skłaniających go do zaniechania agresji.

2. Siły powietrzne muszą pierwsze wykrywać agresje i stawiać zbrojny opór na kierunkach głównych obrony. Mogą być użyte w składzie sojuszniczym do obrony na dowolnym kierunku operacyjnym, w razie zmiany sytuacji militarnej Polski w przyszłości. Zdolność lotnictwa do pojawiania się po kilkunastu minutach w dowolnym punkcie obszaru kraju i wykonywania zadań samodzielnie (rozpoznanie, zabezpieczenie swych działań), czynią ten rodzaj sił zbrojnych szczególnie przydatnym w walkach krótkotrwałych, gwałtownych, zaskakujących, trudnych do wcześniejszego prognozowania.

3. Wysiłek sił powietrznych, a więc i ugrupowanie, powinny być skupione w pasie 100-200 km od granicy państwowej. Cele powietrzne na małych wysokościach muszą zwalczać głównie wojska rakietowe OP, a na wysokościach średnich LM. Obok LM specjalizowanego w przechwytywaniu celów powietrznych, zdolnego operować nad całym obszarem kraju, są nam potrzebne samoloty łączące cechy samolotów myśliwskich i myśliwsko - bombowych. Mamy na uwadze podobieństwo do taktycznego lotnictwa myśliwskiego państw NATO, gdzie rozróżnia się taktyczne LM i LM obrony powietrznej. Wszystkie rodzaje lotnictwa NATO korzystają z systemów satelitarnych NATO.

4. Stan ilościowy naszego lotnictwa, powinien odstraszać ewentualnego przeciwnika, a w razie nieszczęścia umożliwiać skuteczną obronę kraju. Ob-

niżanie stanu naszego lotnictwa powinno być uzależniane od działań w tym kierunku sił zbrojnych sąsiadów.

5. Warunki działań lotnictwa i obrony powietrznej w razie wybuchu konfliktu zbrojnego, zwłaszcza jego krótkotrwałość, zmuszają do utrzymywania tego rodzaju sił zbrojnych w możliwie najwyższej gotowości bojowej. Jeśli doszłoby do konfliktu zbrojnego to nasza obrona skupiałaby się głównie na granicach i w rejonach bezpośrednio przyległych. Lotnictwo i WR byłyby wykorzystywane także do rażenia newralgicznych obiektów agresora w głębi jego państwa.

6. Posiadane lotnictwo można będzie użyć na dowolnym kierunku, jeśliby powstała nowa sytuacja w położeniu militarnym Polski. Nie możemy postulować tworzenia lotnictwa na stałe przywiązanego do różnych kierunków obrony, bowiem jest to nierealne ze względów ekonomicznych i nieracjonalne ze względów operacyjnych. Nie oznacza to braku zainteresowania lotniskami w głębi kraju, na wschodzie i południu oraz konieczności ich utrzymywania w gotowości do natychmiastowego wykorzystywania. Mając tak zarysowane potrzeby obronne przed i po wstąpieniu do NATO trzeba poddać przynajmniej ocenie ogólnej sfery sił powietrznych, które mogą być zasilane satelitami.

O potrzebach wykorzystywania satelitów świadczy najdobitniej niezadowalający stan uzbrojenia i wyposażenia Sił Powietrznych RP. Skazany na likwidacje już w 1994 r. ostatni[70] pułk lotnictwa rozpoznania taktycznego praktycznie przestał istnieć. Formalnie istnieje pułk lotnictwa bombowo - rozpoznawczego. Posiada on samoloty Su-22M4, których kilka przystosowano do przenoszenia zasobników rozpoznawczych typu KKR[71]. Zasobniki te sta-

---

[70] Do 1968 r. istniał 33 pułk lotnictwa rozpoznania operacyjnego, a po jego zlikwidowaniu powstała 7 brygada lotnictwa bombowo - rozpoznawczego. Od 1963 r. istniały 2 pułki lotnictwa rozpoznania taktycznego. Jeden z nich (21 plrt) rozwiązano w 1985 r.

[71] KKR zawiera aparat fotograficzny nocny, dzienny oraz stację rozpoznania radioelektronicznego (rejestruje częstotliwość promieniowania, prędkość obrotu anten radiolokatorów, przybliżone miejsce w terenie).

nowiły wyposażenie złomowanych już samolotów Su-20R. Mieliśmy tylko 6 zasobników KKR. Ile z nich zachowa przydatność taktyczną? Faktycznie nie posiadamy lotnictwa rozpoznawczego. Jednocześnie brak jest perspektyw na zakup sprzętu i odtworzenie lotnictwa rozpoznawczego. Tymczasem już stanowimy wysuniętą rubież obrony demokracji zachodniej i oczekujemy na wstąpienie do NATO. Oczywistym jest, że nie można polegać na wywiadzie agenturalnym w sytuacji kiedy określone połacie wschodnie kraju mogłyby stać się przedmiotem agresji i ewentualnie błyskawicznie zagarnięte. W myśl karty podpisanej przez NATO z Rosją nie możemy oczekiwać aby wojska NATO strzegły bezpośrednio naszej wschodniej granicy. Powinnością naszą jest troska o zapewnienieszybkiego wykrycia, w porę przygotowania się do agresji i stawianie zbrojnego oporu ewentualnemu najeźdźcy. Niedopuszczenie do powstania tak zwanych faktów dokonanych oraz „danie" sojusznikom czasu na zareagowanie polityczne i wojskowe. Wobec takiej konieczności ciągłe śledzenie i ostrzeganie satelitarne potencjalnego agresora nie ma alternatywy.

Posiadamy około 80 samolotów myśliwsko - bombowych (Su-22M4), 23 MiG-29 oraz około 100 szkolno - treningowych typu Iskra z resursami na kilka do kilkunastu lat eksploatacji. Około 200 MiG-21 i MiG-23 w najbliższym czasie trzeba będzie złomować (resurs eksploatacyjny posiada około 50 MiG-21 bis). Wszystkie wymienione samoloty, także kilkanaście posiadanych samolotów transportowych[72], wyposażone są w przestarzałe podsystemy nawigacyjne. Podsystemy inercyjne samolotów Su-22M4 umożliwiają określanie ich położenia przestrzennego z dokładnością do kilkuset metrów. Potrzebna jest przynajmniej dziesięciokrotnie wyższa precyzja nawigowania, a do manewru lądowania błędy w określaniu pozycji samolotów nie mogą przekraczać

[72] Tylko samoloty Tu-154 w 36 specjalnym pułku lotnictwa transportowego są wyposażone we wskaźniki określające pozycję tych samolotów w locie na podstawie namiarów w systemie GPS (NAVSTAR). Pojedyncze wskaźniki posiada WSOSP, 13 plt i eskadra śmigłowców Marynarki Wojennej.

l m. Obecne urządzenia nawigacyjne na samolotach nie mogą konkurować z „nawigacją satelitarną". Wskaźniki wskazujące współrzędne na podstawie namiarów satelitarnych są gabarytowo niewielkie, łatwe w montowaniu na pokładach dowolnych statków powietrznych i w porównaniu z innymi urządzeniami pokładowymi „ekstremalnie" tanie.

Informacje o stanie atmosfery ziemskiej (pogodzie) siły powietrzne od wielu lat czerpią z obserwacji satelitarnej. Zbieranie informacji meteorologicznych od dziesiątków stacji krajowych i setek zagranicznych przeszło do historii. Proces zbierania informacji, a następnie „ręcznego" opracowywania map synoptycznych trwał od kilku do kilkunastu godzin. Na „wyjściu" otrzymywano nieaktualne mapy synoptyczne. Pomijamy błędy w uogólnianiu informacji i prognozowaniu na „oko". Siły powietrzne mają możliwość czerpania informacji wprost z satelitów meteorologicznych lub z kanałów transmitujących przetworzone informacje. Tak jest w okresie pokoju. W razie wojny współpraca meteorologów i dostęp do szerokiej informacji meteorologicznej mogłyby ulec poważnym zakłóceniom, a informacje ewentualnie transmitowane mogłyby zawierać programowe zniekształcenia.Korzystanie z nich mogłoby spowodować ciężkie następstwa, ponieważ zamiast ostrzeżenia o oblodzeniach czy wichurach, siły powietrzne uzyskałyby informacje na przykład o bardzo korzystnym stanie warunków atmosferycznych.

Wreszcie problem potrzeb i możliwości łączności sił powietrznych. Potrzebują one systemów łączności o dużym zasięgu. W skali tylko sił powietrznych RP do 1000 km, a po wstąpieniu do NATO do kilku tysięcy kilometrów. W sieciach dowodzenia powietrznego (relacja - naziemne punkty dowodzenia - statki powietrzne), osiąga się zasięgi obecnie na małych wysokościach lotu rzędu 100-200 km, na dużych wysokościach do 400 km. Nie lepiej jest w sieciach radiowych dowodzenia naziemnego (kierunkach). Tylko nieliczne stacje „troposferyczne" osiągają zasięgi ponad 1000 km, ale wówczas nie są wystar-

czająco efektywne w zasięgu „horyzontalnym". Skuteczne podsystemy retranslacyjne w łączności radiowej praktycznie nie istnieją. W przeszłości posiadaliśmy egzemplarze prototypowe (ograniczona przydatność taktyczna). Podsystemy obrony powietrznej wykorzystują praktycznie tylko stałe łącza (łączność przewodowa). Posiadają stare środki radiowe ale one nie zapewniają niezbędnego obiegu informacji. Z sąsiadami (przyszłymi partnerami w NATO) nie posiadamy łączności wojskowej. Dodajmy, że łączność przewodowa (obecnie podstawowa) wykorzystywana w siłach powietrznych może być podczas wojny sparaliżowana przez agresora minimalnym nakładem sił. Zespół autorski jest w stanie uargumentować, że zainteresowani znają bardzo dobrze sieć łączy stałych i minimalnymi nakładami mogliby je zniszczyć (rezydenci żyjący w pobliżu punktów niszczenia, grupy rozpoznawczo - dywersyjne).

Ze względu na gryf studium (do użytku służbowego) zespół autorski ograniczył opisy aspektów potrzeb sił powietrznych w zakresie rozpoznania, nawigowania (bombardowania i strzelania powietrznego) oraz łączności. Powołano się na fakty powszechnie znane. Nie jest wskazane powoływanie się na dokumenty niejawne, wszakże jedną wypowiedź znaczącej osoby[73] trzeba przytoczyć.

W świetle powyższych faktów można sformułować konkluzje, że siły powietrzne zyskując możliwość szerszego korzystania z systemów satelitarnych, zdołają przetrwać kryzys techniczny niedopuszczając do rażącego upadku potencjału bojowego[74]. Możliwości korzystania z systemów satelitarnych przedstawiono w kolejnych podpunktach tego rozdziału.

---

[73] Szef Sztabu Generalnego WP w dniu ..... na spotkaniu z kadrą AON stwierdził „Wojska Lotnicze i Obrony Powietrznej znajdują się w stanie głębokiej zapaści sprzętowej". Cytat nie autoryzowany. Autorzy znają optymistyczne opinie o stanie uzbrojenia SZ RP (opinie znaczących osób) i umiarkowanych potrzebach finansowych w związku z wstąpieniem Polski do NATO, ale opinii tych nie podzielają.

[74] Poseł prof. Longin Pastusiak wraz z zespołem opracował „Raport" o osiągnięciu gotowości Sił Zbrojnych RP do NATO.

Raport ten ogłoszono w skrocie w środkach masowego przekazu 7.06.1997 r. A oto jego treść:

1. Istnieje „współoperacyjność Sił Zbrojnych RP i NATO.

2.1. Rozpoznanie satelitarne

Za pomocą rozpoznania satelitarnego mogą być zdobywane niemal wszystkie informacje, natury wojskowej i gospodarczej, o potencjalnym przeciwniku. Dotyczy to oczywiście dowolnie wybranych obszarów kuli ziemskiej. Dominują w rozpoznaniu satelitarnym cele wojskowe, do których zaliczamy głównie:

a) **Ostrzeganie o zagrożeniu bezpieczeństwa państw** lub koalicji państw jednym lub wieloma zjawiskami, które twórcy satelitarnego systemu ostrzegania uważają za niebezpieczne. Na pierwszym miejscu stawiane jest ostrzeganie, możliwie wczesne, o ataku nieprzyjaciela za pomocą rakiet, lotnictwa, sił morskich i lądowych. Ostrzeganie może dotyczyć także innych zjawisk, na przykład gwałtownego narastania sytuacji kryzysowych, powstawania skażeń chemicznych lub promieniotwórczych oraz zagrożeń atmosferycznych.

b) **Rozpoznanie ogólne,** nazywane też **wstępnym.** Ma ono na celu dostarczanie informacji z dużych obszarów o obiektach znacznych rozmiarów, o wyraźnych cechach demaskujących. Zakłada się z góry, że nie jest ono ostateczne, a szczegółowe informacje będą uzyskiwane stosownie do potrzeb użytkowników i możliwości zapewnianych przez inne techniki rozpoznania[75].

---

2 Obrona powietrzna RP spełnia standardy NATO.
3 Marynarka Wojenna RP może wykonywać zadania zlecone przez NATO.
4 System dowodzenia siłami zbrojnymi RP jest przygotowany do integracji z NATO.
5 Otrzymaliśmy z NATO mapy cyfrowe w skali 1:1000 000 (komputerowe).
Zespół opracowujący niniejsze studium jest usatysfakcjonowany dobrym prezentowaniem Sił Zbrojnych RP wobec świata, w tym NATO. Surowce oceny kreowane przez zespół wobec sił powietrznych (obecnie WLOP) mają służyć użytkownikowi wewnętrznemu. Dostrzega się też istotną różnicę pomiędzy ekspertyzami politycznymi i ściśle wojskowym (dyplomatycznymi, taktyczno - operacyjnymi).

[75] W wojnie nad Zatoką Perską stosowano rozpoznanie satelitarne, ale obok tego wrócono do powietrznego rozpoznania wzrokowego. Taktykę jego prowadzenia nazwano „Zabójcze loże". Przypis autorów.

Rozpoznanie takie prowadzone jest w zaplanowanych odstępach czasu, periodycznie.

c) **Rozpoznanie szczegółowe,** prowadzone na ograniczonych obszarach, często ukierunkowane informacjami z satelitarnego rozpoznania ogólnego. Wyniki uzyskiwane w ramach tego rozpoznania mogą być wykorzystywane do planowania uderzeń środków ogniowych i dlatego nazywa się je **bezpośrednim.**

Swoistą odmianą rozpoznania szczegółowego może być satelitarne **rozpoznanie kontrolne**, mające na celu ustalenie skutków spowodowanych przez środki rażenia użyte przeciw nieprzyjacielowi. Nie mówi się w literaturze o takim celu rozpoznania, słusznie uważając, że w razie „wymiany" zmasowanych uderzeń jądrowych dalsze działania nie miałyby sensu.

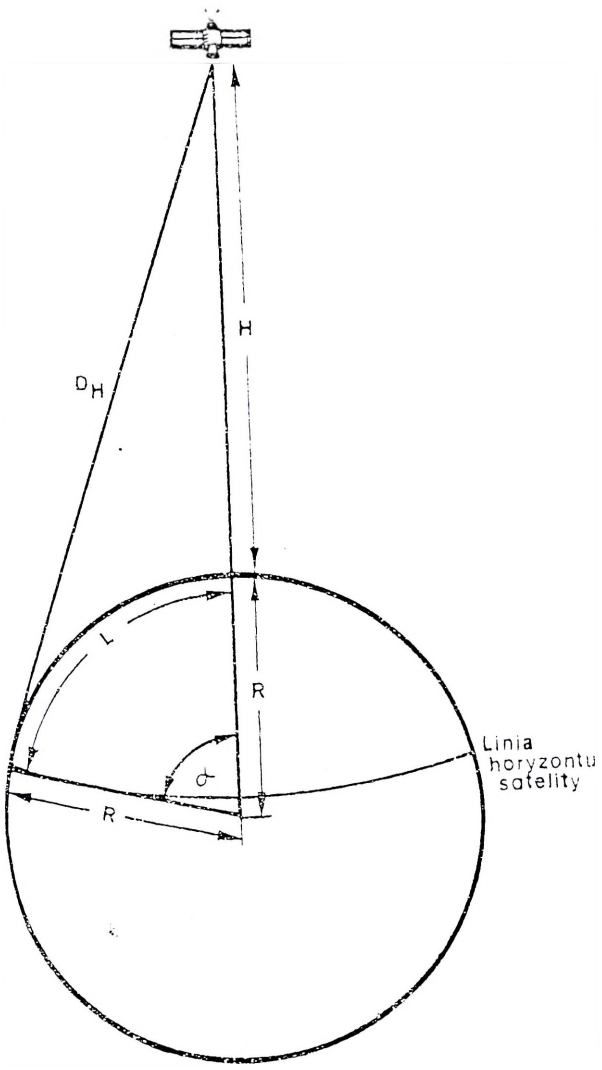
Używane są zamiennie terminy „systemy śledzenia" i „systemy wczesnego ostrzegania". Jest to następstwem dążeń do wyrażenia już w samej nazwie przeznaczenia i zadań tych systemów satelitarnych.

Siły powietrzne potrzebują znacznie więcej czasu na zaatakowanie przeciwnika niż wojska rakietowe. Czas ich użycia nie kieruje więc niezbędnej szybkości reagowania systemów ostrzegania.

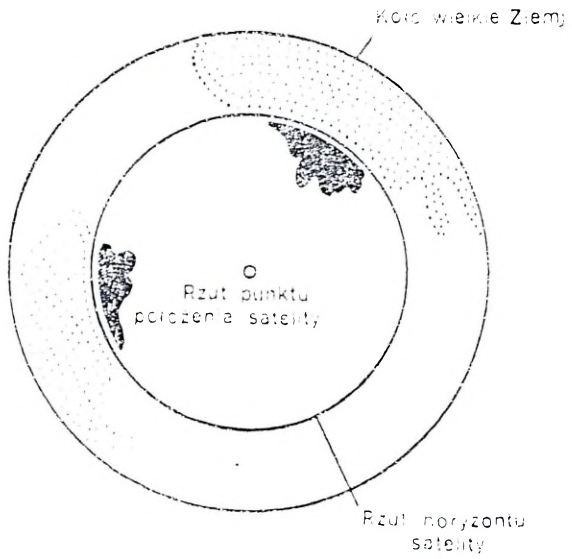
Satelita umieszczony na pewnej wysokości H nad powierzchnią Ziemi (rys.2.2) ma możliwość kontrolowania obszaru ograniczonego linią horyzontu. Obszar ten jest więc częścią powierzchni Ziemi ograniczoną okręgiem (rys.2.3).

Promień strefy obserwacji satelity L można wyznaczyć z zależności:

$$L = 2\prod R \frac{\alpha}{360}$$



Rys.2.2. Zasięg obserwacji satelity



Rys.2.3. Obszar obserwacji satelity - rzut na płaszczyznę koła wielkiego Ziemi

Kąt α ma wartość:

$$\alpha = \text{are sin} \frac{D_H}{H + R}$$

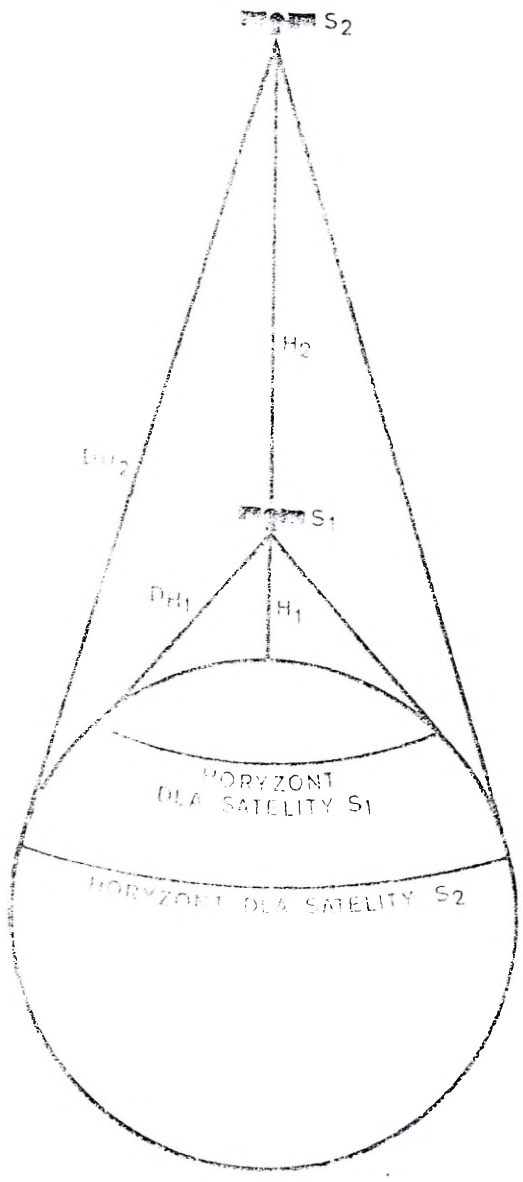
a odległość od horyzontu:

$$D_H = \sqrt{(R+H)^2 - R^2}$$

Tak, na przykład, dla satelity stacjonarnego (H=35 880 km) odległość od horyzontu wynosi 41 774 km. Z kolei promień kontrolowanego obszaru Ziemi ma wartość 9052 km.

Oczywiście, warunki obserwacji z satelity zależą od wysokości, na jakiej znajduje się on nad powierzchnią Ziemi. Im wyżej umieszczony jest satelita, tym większy obszar może kontrolować (tabela 2.1). Jednakże wzrost wysokości orbity związany jest ze zwiększeniem odległości obserwacji (rys. 2.4).

Rys.2.4. Wielkość kontrolowanego obszaru i odległość obserwacji dla różnych orbit



Jest oczywiste, że niecały kontrolowany obszar może być obserwowany z tej samej odległości. Zmienia się ona od H (wysokość orbity) - dla punktu leżącego bezpośrednio pod satelitą, do D_H - dla punktów leżących na horyzoncie[76].

Warto tu zwrócić uwagę na jeszcze jeden problem - niejednakowych warunków obserwacji w kontrolowanym obszarze. Nie dość, że poszczególne fragmenty obszaru widziane są z różnej odległości, co ma szczególne znaczenie dla niskich orbit, to jeszcze obserwuje się je pod różnymi katami. I tak, obszar pod satelitą obserwowany jest pod kątem 90°, natomiast w miarę oddalania się od środka kontrolowanego obszaru ku linii horyzontu, kąty obserwacji maleją aż do 0°.

Tak więc warunki obserwacji najlepsze są w środku obszaru (najmniejsza odległość, największy kąt), a najgorsze na horyzoncie (największa odległość, zerowy kąt). W środku obszaru kąty obserwacji maja wartości od 0° do 90°, a odległości obserwacji zmieniają się od D_H do H.

[76] Obszar kontrolowany nie zmienia się tylko w wypadku satelity na orbicie geostacjonarnej (H=35 880 km). Rejon obserwowany z innych orbit „przesuwa się" zgodnie z ruchem sztucznego satelity względem powierzchni kuli ziemskiej

Tabela 2.1.

Odległości do horyzontu i promienie strefy kontrolowanej dla różnych orbit satelitów

Wysokość orbity H [km]	Odległość do horyzontu D_H [km]	Promień strefy kontrolowanej L [km]
100	1134	1122
1000	3709	3359
10000	15085	7467
35880	41774	9052
100000	106187	9636

Z wielu względów najdogodniejszymi są satelity wczesnego ostrzegania umieszczone na orbitach synchronicznych, zwanych też geostacjonarnymi. Ich pozytywnymi cechami są: potencjalnie wielki obszar śledzenia, wyrażający się nawet milionami kilometrów kwadratowych; zajmowanie tego samego położenia względem określonych punktów kuli ziemskiej oraz praktycznie nieograniczony czas pozostawania i ruchu na orbicie. Mówimy o potencjalnie wielkim obszarze śledzenia, ponieważ nie na całym dozorowanym obszarze satelita może skutecznie rejestrować straty rakiet i eksplozje znacznej mocy. Satelity pierwszych generacji były wyposażone w zespoły liczące prawdopodobnie po kilkaset lub kilka tysięcy elementów czułych na promieniowanie podczerwone. Kąt widzenia każdego elementu był znikomy, odpowiadający fragmentowi powierzchni Ziemi rzędu 4-8 km^2. Nawet przy dziesięciu tysiącach zainstalowanych czujników całkowita powierzchnia wykrywanych zjawisk wynosiła zaledwie 4-80 tysięcy km^2. Liczby te obrazują rzeczywiste możliwości jednego satelity wyposażonego w czujniki rejestrujące podczerwone promieniowanie cieplne. Podczas startu rakiet temperatura gazów opuszczających silniki osiąga poziom 2000°K, a długość fal podstawowej masy wypromieniowywanej energii oscyluje wokół 1,5 μm, część zaś fal ma dłu-

gość około 3 μm. Czujniki rejestrują fale dłuższe, pomimo mniejszej ilości energii wypromieniowywanej przy tej długości fali. Dzieje się tak dlatego, że atmosfera ziemska pochłania intensywnie promieniowanie cieplne emitowane w postaci fal krótszych od 3 μm., przepuszczając promieniowanie na falach od 3 do 5 μm.

Znacznie niższą temperaturę osiągają gazy wylotowe silników turboodrzutowych (zaledwie 700-800°K), jest więc oczywiste, że odległość, z której czujniki mogą rejestrować starty samolotów, musi być wielokrotnie mniejsza niż w wypadku rakiet. Natomiast temperatura towarzysząca eksplozjom atomowym, wynosząca co najmniej kilkaset tysięcy stopni, zapewnia ich bezbłędne rejestrowanie.

Użytkownicy satelitów wczesnego ostrzegania stwierdzili występowanie różnorodnych zakłóceń w ich funkcjonowaniu (łącznie z fałszywym alarmowaniem). Najwięcej zakłóceń powoduje promieniowanie słoneczne. Odbijanie promieni słonecznych od obłoków i powierzchni wód jest czasami tak bardzo intensywne, że w rezultacie powoduje „oślepianie" czujników lub sygnalizowanie miejscowego natężenia promieniowania, zbliżonego do zjawisk niebezpiecznych. Zakłócenia takie występują periodycznie, możliwe jest więc podejmowanie przedsięwzięć zaradczych.

Warto przypomnieć, że na przykład powierzchnia Oceanu Spokojnego wynosi 179 679 000 km^2, a Oceanu Atlantyckiego 106 463 000 km^2. Natomiast obszar Stanów Zjednoczonych ma 9 363 000 km^2, a Rosji powierzchnię 22 402 000 km^2. Chcąc nieustannie śledzić cały Atlantyk, należałoby użyć do tego celu od 1325 do 2650 satelitów, a nad obszarem Rosji mieć od 250 do 500 satelitów wczesnego ostrzegania. Liczby te wskazują, iż stałe śledzenie ogromnych obszarów jest niemożliwe ze względów ekonomicznych i technicznych. Dlatego też niewątpliwie planowane jest wybiórcze śledzenie obszarów o szczególnym znaczeniu, do których zaliczają się wcześniej rozpoznane

lub domniemane rejony rozmieszczenia baz rakietowych oraz operowania okrętów rakietowych. Można przypuszczać, że stosowana jest także metoda kolejnego kontrolowania dużego obszaru za pomocą jednego satelity.

Obieg informacji w systemie ostrzegania cechuje się wysokim zautomatyzowaniem. Cechy zjawisk, na które zaprogramowano czujniki, przekazywane są do komputera, tam przetwarzane w odpowiednio szyfrowane sygnały, a następnie transmitowane drogą radiową do stacji naziemnych. Niewątpliwie w przekazywanych informacjach mieszczą się dane umożliwiające odtwarzanie charakteru zaobserwowanego zjawiska (na przykład start rakiet czy eksplozja jądrowa). Określane są ponadto współrzędne geograficzne lub przynajmniej rejon, w którym zaobserwowane zjawisko powstało, a także kierunek i prędkość jego ruchu. Precyzyjne określanie współrzędnych występujących zjawisk nie jest sprawą prostą, zważywszy ogromnie skomplikowane orientowanie, w stosunku do układu odniesienia i obserwowanych zjawisk, nie tylko satelity, ale przede wszystkim jego czujników.

Ciągle trwają intensywne prace mające na celu podnoszenie skuteczności aparatury satelitów ostrzegawczych. Duży postęp zanotowano podobno w stosowaniu scalonych detektorów podczerwieni wraz z czujnikami mozaikowymi zatopionymi w warstwie krzemu, stanowiącej układ przenoszenia ładunków elektrycznych. Niezwykle wysoka czułość czujników mozaikowych uzyskuje się przez zastosowanie w satelitach odpowiednich układów chłodzenia. Wprowadzenie układów przenoszenia ładunków elektrycznych umożliwia przekazywanie obrazów podczerwonych w postaci sekwencji impulsów elektrycznych, nadających się wprost do transmisji, co znakomicie upraszcza i skraca całą operację. Wszystkie te zabiegi umożliwiają radykalne rozszerzenie zdolności śledzenia, także obiektów wydzielających nieznaczne promieniowanie cieplne - nieznaczne w porównaniu z eksplozjami jądrowymi, startami rakiet lub samolotów. Potrzeby taktyczno - operacyjne wskazują na

to, że śledzeniem powinny być objęte także przemieszczające się okręty, większe masy sprzętu bojowego wojsk lądowych, a także pojazdy powracające z głębi kosmosu oraz satelity obiegające Ziemię i inne ciała Układu Słonecznego. Zainteresowanie obiektami kosmicznymi jest zasadne w świetle dążeń do dalszego rozwijania wojskowej logistyki kosmicznej i systemów obronnych[77]. Obiekty kosmiczne wydzielają niewielkie promieniowanie, i to głównie na falach długości około 10 μm, co jest zbliżone do naturalnego promieniowania Ziemi. W związku z tym nie mogą one być śledzone na tle Ziemi. Trzeba zapewnić możliwość ich śledzenia na tle zimnej pustki kosmosu, umieszczając satelity na stosunkowo niskich orbitach i odpowiednio orientując kierunki obserwacji aparatury.

Doskonaleniu podlegają także naziemne stacje odbioru sygnałów ostrzegania. Wysiłki zmierzają w dwóch kierunkach: upraszcza się proces odbioru i przetwarzania sygnałów oraz tworzy się stacje mobilne, lżejsze i bardziej operatywne.

Wszyscy zainteresowani zdają sobie sprawę z niebezpieczeństwa powstawania fałszywych alarmów, jakie są następstwem błędnego sygnalizowania zagrożenia ze strony przeciwnika. Przy nieszczęśliwym zbiegu okoliczności, wskutek fałszywego alarmu, może być podjęta decyzja o odpaleniu rakiet przez stronę, której system ostrzegania zawiódł. Nie jest to niebezpieczeństwo wyimaginowane. Wszak między innymi ta ewentualność skłoniła ZSRR i Stany Zjednoczone do utworzenia tak zwanej gorącej linii. Ludzie obdarzeni wyobraźnią usiłują sugerować podjęcie działań na rzecz stworzenia wielu progów zabezpieczenia przed katastroficznym dla obu stron sprowokowaniem wymiany zmasowanych uderzeń jądrowych. Proponuje się, na przykład, przystosowanie rakiet międzykontynentalnych do ich odwoływania, gdy

---

[77] Zainteresowania wojskowe kraju wielkości Polski nie sięgają tak daleko. Jeśli jednak zostaniemy członkami NATO, to interesy zbiorowe (paktu) będą szersze. Amerykanie rozważali taką modernizację swych rakiet AMX aby w razie pomyłkowego ich odpalenia można było wprowadzić je na orbity kołowe a potem przywieźć na Ziemię. Co zrobili - niewiadomo.

są już w drodze do przydzielonych im obiektów. Podczas kilkunastominutowego lotu rakiet mogłoby się okazać, że alarm był fałszywy i wobec tego twórcy pomysłu widzą szansę ratunku w odwołaniu ataku, a następnie odzyskaniu głowic bojowych rakiet. Trudno odmówić tym pomysłodawcom dobrych chęci. Czy jednak jest to realne? Pod względem technicznym tak. Jednakże strona zagrożona lecącymi rakietami nie mogłaby biernie czekać na ewentualne odwołanie ataku. Natychmiast po ustaleniu rzeczywistego zagrożenia musiałaby wykonać uderzenie odwetowe. Tak więc przedstawiony pomysł wydaje się naiwny, jeśli uwzględni się kwestię zagłady obu stron w globalnym konflikcie zbrojnym. Wobec tego nie mogą być przydatne zawodne systemy wczesnego ostrzegania, szczególnie nie kontrolowane przez inne systemy rozpoznania.

Fotografowanie z kosmosu może być prowadzone tylko w dzień, przy braku pokrywy chmur i silnego miejscowego zanieczyszczenia atmosfery ziemskiej. Obrazy fragmentów rzeźby i pokrycia Ziemi mogą być tworzone na błonach fotograficznych czarno - białych, barwnych, strefowo - spektralnych i podczerwonych, analogicznie jak w fotografowaniu powietrznym.

Cechami szczególnymi błon fotograficznych stosowanych w rozpoznaniu kosmicznym są niezwykle cienkie podłoża i warstwy światłoczułe, wysoka zdolność rozdzielcza, dochodząca do 200 linii/mm, oraz przystosowanie do błyskawicznego wywoływania i przekazywania obrazu na podłoże pozytywowe. Ostatnia cecha jest nieodzowna do radiowego przekazywania obrazów fotograficznych naziemnym punktom odbioru.

Zdolność rozdzielcza błon, podłoża pozytywowego i obiektywów wpływa na ilość i jakość informacji możliwych do zarejestrowania i odróżnienia na danej powierzchni obrazu, co wyraża się zależnością:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_m} + \frac{1}{R_o} \qquad (8)$$

gdzie: R_e - efektywna zdolność rozdzielcza obrazów fotograficznych.

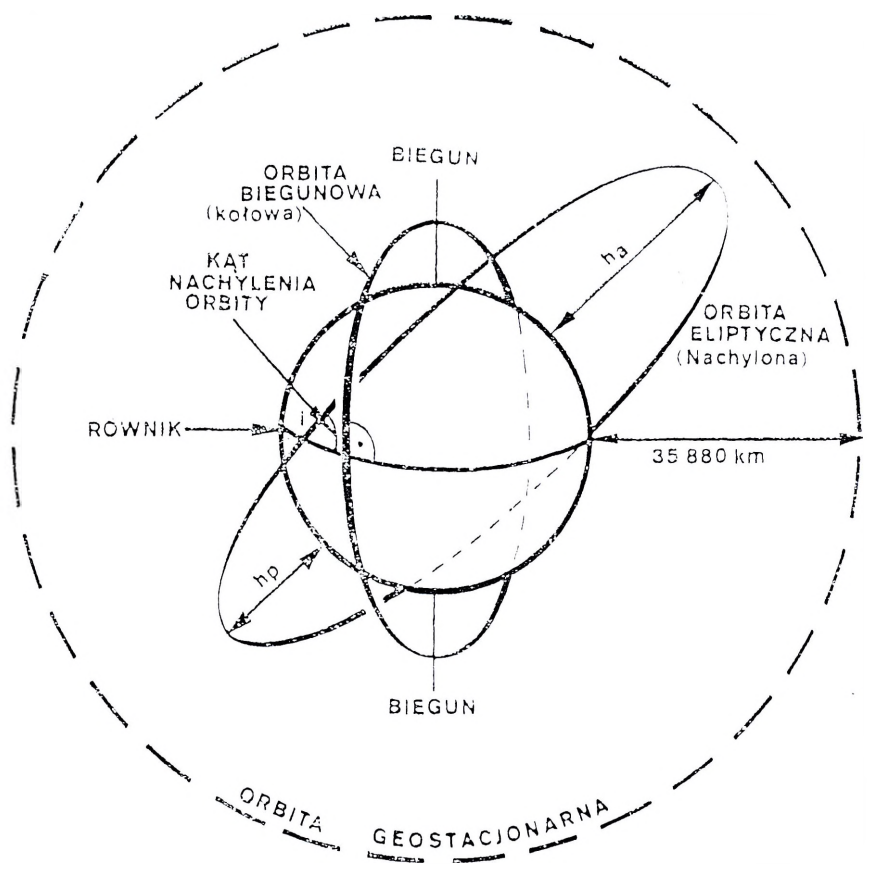
R_m - zdolność rozdzielcza materiałów światłoczułych.

R_o - zdolność rozdzielcza obiektywów.

Zdajemy sobie sprawę, że w powyższym rozumowaniu pominięto czynniki zewnętrzne, na przykład wpływ atmosfery, jakość oświetlenia lub kontrastowość fotografowanych obiektów. Te i inne czynniki zewnętrzne mają istotny wpływ na jakość obrazów fotograficznych. Wiadomo, że z teoretycznego punktu widzenia odległość nie ma wpływu na jakość obrazu, jeśli zostanie zachowana odpowiednia głębia ostrości. W praktyce występują różne zakłócenia natury optycznej, pogarszające efekty fotografowania z dużych odległości. Taką sytuacje mamy właśnie podczas fotografowania z kosmosu. Perygeum orbity satelity fotograficznego zależy od celów, jakie mają być osiągnięte przez fotografowanie, koniecznego czasu pozostawania satelity na orbicie oraz rodzaju orbity. Czas utrzymywania się satelity na orbicie jest proporcjonalny do jej wysokości. W sporadycznych wypadkach mogą być wykorzystywane orbity kołowe i o małej wysokości (około 150 km). Wówczas czas działania satelity, zwłaszcza na orbicie kołowej, byłby bardzo krótki - od kilku godzin do kilku dni. Dłuższy czas funkcjonowania miałby satelita obiegający ziemię po o orbicie eliptycznej, której perygeum, w granicach 130-150 km, położone byłoby nad obszarami fotografowanymi. Nawet przy tak niskim perygeum satelita może krążyć po orbicie do kilkudziesięciu dni i w części orbity fotografować wybrane obszary Ziemi. Przy stosowaniu orbit eliptycznych perygeum mieści się zwykle w przedziale wysokości 150 - 500 km, natomiast wysokość apogeum wynosi 4000-8000 km.

Parametry orbit są odpowiednio dobierane, stosownie do celów zamierzonych w rozpoznaniu kosmicznym (rys. 2.5). Gdy kąt nachylenia orbity $i=90^o$, mamy do czynienia z tak zwaną orbitą biegunową. Satelita fotograficz-

ny w każdym okrążeniu kuli ziemskiej przelatuje nad oboma biegunami Ziemi w odstępach czasu wynikających z wysokości orbity.



Rys.2.5. Orbity stosowane w fotografowaniu satelitarnym

Przewidując umieszczenie satelitów fotograficznych w kosmosie planuje się ich orbity i funkcjonowanie tak, aby fotografowały niezbędne obszary w czasie odpowiednim z punktu widzenia potrzeb operacyjno - strategicznych, korzystnych warunków atmosferycznych oraz możliwości wykonania zdjęć. Odstępy liniowe między śladami kolejnych przelotów satelity powinny mieć wartości mniejsze od szerokości pasa fotografowania satelity, jeśli konieczne jest pokrycie między kolejnymi szeregami zdjęć.

W fotografowaniu mogą być stosowane aparaty o długich ogniskowych i małych kątach „widzenia", rzędu kilku stopni, lub szerokokątne, których kąt „widzenia" osiąga wartość 180°. Odpowiednio do tego fotografowany jest obszar o szerokości od 0,1 do 10 wysokości (odległości) fotografowania. Praktycznie z orbity, której wysokość wynosi 200 km, może być fotografowany pas o szerokości od 20 do 2000 km, a z orbity 1000 km - pas o szerokości od 100 do 10000 km.

Z przytoczonych liczb wynika, że z satelitów krążących po niskich orbitach tylko za pomocą aparatów wyposażonych w obiektywy szerokokątne można utrzymać styk między szeregami zdjęć wykonywanych w kolejnych okrążeniach Ziemi. W miarę wzrostu wysokości orbit, korzystniej kształtuje się pokrycie fotografowanego obszaru, lecz maleją skale uzyskiwanych obrazów.

Skala zdjęć jest wprost proporcjonalna do długości ogniskowej aparatu i odwrotnie proporcjonalna do wysokości orbity. Zależności te obrazują dane zawarte w tabeli 2.2.

Tabela 2.2

Przykładowe skale zdjęć wykonywanych z kosmosu

Wysokość orbity (km)	Skala zdjęć w zależności od ogniskowej			
	f_1=0,5 m	f_2=3 m	f_3=6 m	f_4=25 m
100	1: 200 000	1: 33 333	1: 16 667	1: 4 000
200	1: 400 000	1: 66 667	1: 33 333	1: 8 000
1000	1: 2 000 000	1: 333 333	1: 166 667	1: 40 000
35 880	1:71 760 000	1:11 960 000	1:5 980 000	1: 1 435 200

Nośnikiem informacji o wszelkich obiektach rozpoznania kosmicznego są różnej długości fale elektromagnetyczne. Rozpoznanie obrazowe, a więc fotograficzne, radiolokacyjne, w podczerwieni lub telewizyjne, polega na odbiorze widzialnych (świetlnych) lub niewidzialnych (podczerwień, mikrofale, radiofale) fal elektromagnetycznych i tworzeniu na ich podstawie obrazów

fotograficznych (światło) lub zobrazowań elektronicznych na oscyloskopach i monitorach.

Zasadniczym miernikiem przydatności obrazów obiektów zdobywanych przez rozpoznanie satelitarne jest tak zwana **zdolność rozdzielcza zobrazowania**. Obrazy tworzone za pomocą soczewek optycznych (kamery telewizyjne, fotograficzne) bądź anten odbiorczych (radiolokatory) mają charakter dyfrakcyjny. Ma to duże znaczenie, gdy trzeba rozróżniać, a więc widzieć oddzielnie, zobrazowane obiekty, między którymi odległość kątowa (Θ) jest bardzo mała. Wykorzystuje się w tym wypadku tak zwane kryterium Rayleigha[78], wynikające z założenia, że maksimum obrazu jednego obiektu powinno przypadać na pierwsze minimum dyfrakcyjne obrazu drugiego obiektu. Odległość kątową, przy której rozróżnia się położone obok siebie obiekty, można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Theta_R = 1{,}22 \frac{\lambda}{d}$$

gdzie:

Θ_R - kątowa zdolność rozdzielcza zobrazowania.

λ - długość fali będącej nośnikiem informacji.

d - średnica czynna obiektywu (anteny).

Jeśli odległość kątowa między obiektami na danym zobrazowaniu (Θ) jest większa od obliczonej Θ_R, to można rozróżnić te dwa obiekty; jeśli jest mniejsza - wówczas nie jest to możliwe. Ze wzoru wynika też, że wykorzystywanie fal krótszych jako nośnika informacji wpływa dodatnio na wzrost zdolności rozdzielczej zobrazowania. Fakt ten wzbudza zainteresowanie promieniowaniem nadfioletowym jako nośnikiem informacji w rozpoznaniu satelitarnym.

---

[78] D. Halliday, R. Resnick, Fizyka, Warszawa 1974, s. 549-551.

Wzrost rozróżnialności obiektów na zobrazowaniach można osiągać także przez zwiększanie średnicy soczewek kamer rozpoznawczych lub długości anten stacji rozpoznawczych. Przestrzeń kosmiczna stwarza możliwość wyposażenia satelitów w anteny o długości nawet setek metrów. Mogą one być wynoszone w stanie złożonym i instalowane na satelicie pozostającym na wybranej orbicie.

W świetle teorii, ilość i jakość informacji zawartych w obrazach rozpoznania satelitarnego nie zależy od rodzaju aparatury, lecz tylko od długości fal (λ) i średnicy obiektywu lub długości anteny odbiorczej. W rzeczywistości tak nie jest. Możliwości zobrazowywania, rozróżniania i rozpoznawania obiektów obniżane są przez takie czynniki, jak: szczątkowa aberracja układów optycznych, zniekształcenia wywoływane przez atmosferę ziemską, niewystarczający kontrast między tłem a rozpoznawanymi obiektami, niedokładne działanie urządzeń kompensujących (i zabezpieczających przez to przed „rozmazaniem" obrazu na skutek ruchu satelity), ograniczona zdolność rozdzielcza układów optycznych, ekranów oraz materiałów światłoczułych. O ostatnim problemie mówiliśmy wcześniej.

Z treści tabeli 2.2 wynika też wniosek, że im większa jest ogniskowa aparatów fotograficznych, tym większą skalę mają zobrazowania na zdjęciach przy danej wysokości fotografowania. Niestety, wydłużanie ogniskowej nastręcza nie tylko rozliczne trudności w procesie budowy aparatów długoogniskowych, lecz także wydatnie ogranicza ich kąty „widzenia". W efekcie aparaty o bardzo długich ogniskowych umożliwiają fotografowanie pasów terenu o szerokości równej od 10% do 50% wysokości fotografowania. Można więc fotografować (skanować) takimi aparatami tylko wybrane, stosunkowo niewielkie obszary, na których trzeba zidentyfikować obiekty o małych rozmiarach, ewentualnie częściowo maskowane.

Istnieją możliwości techniczne skanowania lub wykonywania obrazów pionowych i skośnych, przy czym skośne mogą być wykonywane przez wychylenie osi aparatów prostopadle lub równolegle w stosunku do kierunku ruchu satelity. Obrazy skośne są szczególnie przydatne przy rozpoznawaniu obiektów o znacznych rozmiarach, wypiętrzonych na tle podłoża.

Wysoką efektywność osiąga się w przekazywaniu wyników rozpoznania drogą radiową. Analizator obrazu, zamienia go w ciąg sygnałów elektromagnetycznych, odpowiadających swym charakterem różnym stopniom zaczernienia lub zabarwienia. Sygnały odbierane przez stacje naziemne zamieniane są z kolei na obrazy pierwotne. Mogą być one odtwarzane na ekranach elektronicznych, zapisywane na nośnikach magnetycznych lub kopiowane na materiałach fotochemicznych. Potrzebne są zatem naziemne stacje odbioru, które przeciwnik może zakłócać. Prędkość przekształcania obrazów w sygnały elektromagnetyczne i odwrotnie jest tak duża, że nie występuje licząca się zwłoka w ich przesyłaniu z satelity do odbiorców. Początkowo informacje były transmitowane podczas przelotu satelitów nad obszarami, na których istniało bezpośrednie połączenie ze stacjami naziemnymi. Obecnie możliwe jest przesyłanie sygnałów radiowych przez satelitę z dowolnego punktu orbity. Zapewniają to systemy łączności satelitarnej, eliminujące wpływ naturalnego zjawiska, którym jest tak zwany horyzont słyszalności radiowej.

Odczytywanie wyników rozpoznania satelitarnego jest procesem złożonym, który w poważnym stopniu został zautomatyzowany. Na pojedynczym obrazie mogą znaleźć się, zwłaszcza podczas wojny, tysiące pojazdów o różnym przeznaczeniu. Analizowanie przez człowieka każdego szczegółu zajęłoby wiele dni, a nawet miesięcy. Ocenę tę potwierdzają doniesienia o długotrwałych analizach zdjęć innych planet. W okresie pokoju analizy takie mogą być dopuszczalne, natomiast niedopuszczalne są w okresie zagrożenia wojną lub podczas jej prowadzenia. Dlatego też coraz szerzej stosowana jest zauto-

matyzowana analiza obrazów satelitarnych. Obszary, na których przeciwnik może zmieniać sytuację militarną, fotografuje się w odstępach czasu zapewniających uchwycenie wszystkich tych zmian. Kolejne generacje obrazów poddawane są automatycznej analizie komputerowej. Każdą zmianę komputer natychmiast sygnalizuje i szczegół taki jest poddawany dokładnej analizie.

Automatyzowanie odczytywania obrazów satelitarnych może odbywać się różnymi metodami. Szerokie zastosowanie znajduje metoda wyszukiwania, rozpoznawania i opisywania zobrazowanych rodzajów, klas a nawet typów obiektów. Na przykład odpowiednio zaprogramowany układ komputer - perceptron automatycznie rozpoznaje poszczególne zbiory rakiet, czołgów, samolotów i okrętów. Wyniki analizy mogą być przedstawione w formie zestawień z wyszczególnieniem numeracji, nazwy i typu obiektu, współrzędnych i cech charakterystycznych jego działalności. Poszczególne obrazy poddawane są różnorodnym zabiegom polegającym na powiększaniu, zmianie kontrastu lub porównywaniu z innymi zobrazowaniami uzyskanymi za pomocą odmiennych systemów rozpoznania obrazowego.

Odczytywanie obrazów dokonywane wzrokowo przez człowieka czy też w sposób zautomatyzowany odbywa się na podstawie dostrzegalnych cech obiektów. Możliwe jest rozróżnianie na obrazach satelitarnych obiektów, których średnica lub długość i szerokość wynosi tylko nawet 15 cm. Jest to wielkość przybliżona, ponieważ praktyka dowodzi, że różne obiekty mają zmienną kontrastowość. Błyszczące szyny kolejowe, odbijające promienie słoneczne, mogą być widoczne z kosmosu, mimo że jednocześnie niedostrzegalne są znacznie szersze obiekty, lecz o mniejszej kontrastowości.

Czasami mylone są dwa pojęcia, używane zamiennie - „rozróżnianie" i „rozpoznawanie". Określenie pierwsze rozumiemy jako postrzeganie i widzenie oddzielne, natomiast rozpoznanie to określenie tego, co się postrzega, i cech postrzeganego obiektu. Na obrazach rozpoznania szczegółowego moż-

na rozróżniać większość obiektów taktycznych, z niewielkimi pojazdami wojskowymi włącznie. Określenie rodzajów obiektów zwykle jednak nie zaspokaja potrzeb. Na przykład stwierdzenie, że na zdjęciu widoczne są pojazdy samochodowe, zazwyczaj nie jest wystarczającą informacją. Pojazd samochodowy może być wyrzutnią rakiet, transporterem opancerzonym, działem samobieżnym lub radiostacją. Rozpoznanie czym obiekt jest w istocie, opiera się na cechach właściwych danemu rodzajowi pojazdu. Czołg może być zidentyfikowany, jeśli widoczne są gąsienice, wieża, lufa armaty. Wyrzutnię rakiet można rozpoznać na podstawie charakterystycznych szczegółów łoża rakiety. Z przykładów tych wynika, że elementy demaskujące rodzaj i typy obiektów nie mają wielkich gabarytów. Ukrycie lub zniekształcenie cech charakterystycznych uniemożliwia najczęściej rozpoznanie obiektu. Wszelkie osłony czynią obiekty niewidocznymi dla zwykłych aparatów fotograficznych, w których wykorzystuje się klasyczne błony fotograficzne. Nawet ustawianie sprzętu po 2-3 egzemplarze bardzo blisko siebie poważnie utrudnia dostrzeżenie cech demaskujących. Jest oczywiste, że znane od dawna przedsięwzięcia maskujące, jak barwy zmniejszające kontrastowość obiektów, siatki maskujące lub zadymianie, w poważnym stopniu obniżają efektywność rozpoznania satelitarnego.

Organa dowodzenia sił zbrojnych NATO, a siły powietrzne faktu w szczególności, otrzymują (odbierają) prawdopodobnie transmitowane obrazy z satelitów rozpoznawczych. Oczywiście odbierają obrazy obszarów stanowiących przedmiot ich zainteresowania. Kiedy wstąpimy do NATO znajdziemy się również w roli dysponenta informacji uzyskiwanych z rozpoznania satelitarnego. Do problemu tego wracamy w punkcie 3.1. studium.

2.2. Prognozowanie warunków atmosferycznych za pomocą obrazów satelitarnych

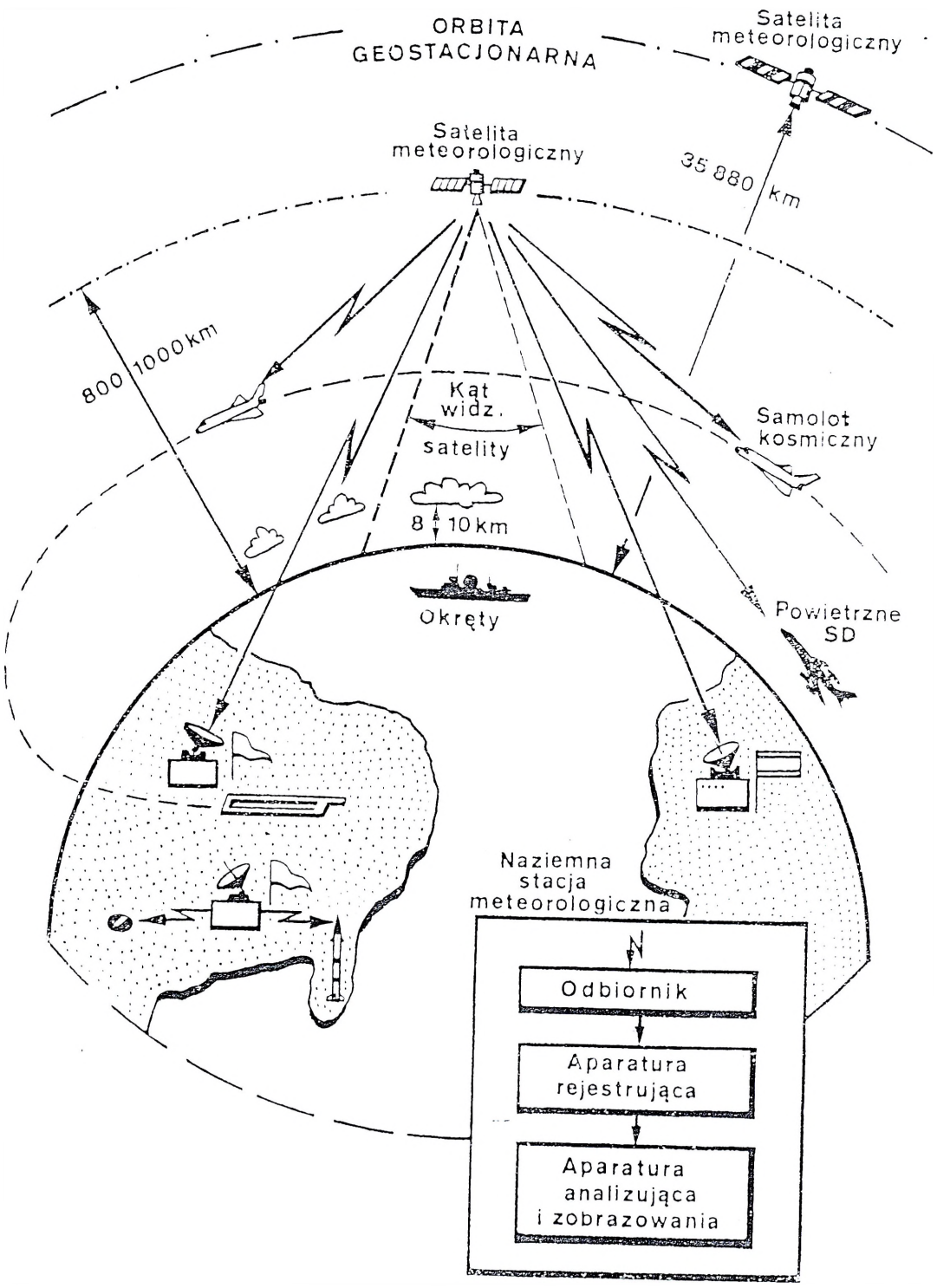
Prognozowanie[79] „pogody", szczególnie dla sił powietrznych ma doniosłe znaczenie. Odbywa się równolegle z programowaniem szkolenia lub działań bojowych sił powietrznych. To oczywiste stwierdzenie przytoczyliśmy aby wykazać specyfikę prognozowania warunków atmosferycznych na podstawie obrazów satelitarnych. Otóż za pomocą obrazów przedstawiających stan atmosfery ziemskiej można prognozować pogodę (warunki atmosferyczne) nie tylko z o wiele wyższym prawdopodobieństwem „trafności", ale też na dłuższy okres. Ponadto za pomocą satelitów można rozpoznawać wpływ zewnętrzny na atmosferę ziemską[80].

Podczas wojny współpraca służb meteorologicznych by łaby wykluczona. Przeciwnicy byliby zainteresowani wzajemnym paraliżowaniem funkcjonowania wszelkich systemów informacyjnych wrogiej strony. Wobec tego informacje meteorologiczne z obszarów przeciwnika oraz z rejonów nie objętych wojną praktycznie byłyby nieosiągalne tradycyjnymi metodami. Własny system satelitarny, oprócz niezawodności operacyjnej wyrażającej się ciągłością funkcjonowania, wyróżnia się i innymi dodatnimi cechami. Otóż satelity meteorologiczne mają zdolność jednoczesnego objęcia obserwacją wielkich obszarów. Ma to istotne znaczenie dla prognozowania warunków atmosferycznych i rozpoznawania ogólnych tendencji pogodowych. Do szczegółowego prognozowania mogą być tworzone obrazy w większej skali, obrazy łączone w sekwencje i przesyłane do adresatów (rys. 2.6).

---

[79] Prognoza 1. przewidywanie przyszłych faktów, zdarzeń itp. oparte na uzasadnionych przesłankach, formułowane przez specjalistów w danym zakresie. Prognoza meteorologiczna. Prognoza społeczna. Prognoza pogody. Opracować prognozę czegoś.
2. ...
Słownik języka polskiego. PWN, 1988. T. 2, s. 931.

[80] Encyklopedia powszechna PWN. Warszawa 1973. T. 1, s. 154 i 155.



Rys.2.6. Schemat funkcjonowania systemu meteorologii kosmicznej

W czasie transmisji z pokładu satelity obrazy chmur zamieniane są przez aparaturę na sygnały radiowe i transmitowane do odbiorców. Na ich podstawie dokonuje się bezpośredniej analizy informacji - za pomocą komputerów odbiorców, w czasie bieżącym lub dopiero po zrekonstruowaniu obrazów w stacjach meteorologicznych. Sytuacja pierwsza jest raczej wizją, chociaż już obecnie systemy samosterujące oraz samoloty kosmiczne potrzebują bieżących informacji meteorologicznych.

Z obrazów odczytuje się makroskopową strukturę chmur oraz stan atmosfery ziemskiej. Wykrywa się niszczycielskie strefy opadów, huragany i tajfuny[81] we wczesnych stadiach ich powstawania. Zobrazowania przekazywane przez satelity meteorologiczne cechuje stosunkowo wysoka rozdzielczość. W zależności od wykorzystywanego pasma promieniowania rozróżniane są obiekty o wymiarach od kilkuset metrów w widzialnym zakresie widma do kilku kilometrów w paśmie podczerwonym. W paśmie widzialnym obrazy mogą być tworzone za pomocą kamer fotograficznych i telewizyjnych. O warunkach stosowania pierwszych z nich już mówiliśmy. Natomiast kamery telewizyjne mają istotne walory użytkowe w porze dziennej. Dostarczając obrazów dużych obszarów, umożliwiają meteorologom prognozowanie cyrkulacji atmosfery, określanie kierunków i prędkości wiatrów oraz charakteru spodziewanych opadów i poziomu temperatur. Określony stan atmosfery powoduje powstawanie właściwych mu chmur oraz zjawisk im towarzyszących. Znajomość obiektywnych uwarunkowań umożliwia wnioskowanie o wielu parametrach meteorologicznych na podstawie widoku chmur.

Abonenci systemów łączności satelitarnej muszą mieć odbiorniki pracujące na częstotliwościach transmisji. Odbiorniki małych stacji naziemnych,

[81] Tajfuny powstają w większości wypadków nad oceanami. Na tych obszarach jest najsłabsza obserwacja meteorologiczna za pomocą stacji naziemnych. Z doświadczeń wynika, że satelity ostrzegają o powstawaniu i zbliżaniu się tajfunów nawet na 2-3 dni przed ich nadejściem. Umożliwia to odpowiednie przygotowanie się ludzi do spotkania z żywiołem. Praktykowano nawet ewakuację dużych mas ludzkich z najbardziej zagrożonych obszarów.

samolotowe, małych okrętów oraz statków kosmicznych wykorzystują ograniczony zasób transmitowanych informacji. Odbiorców takich interesują jedynie niebezpieczne dla nich zjawiska i wielkości warunkujące ich bieżącą działalność. Duże stacje naziemne i okrętowe odbierają całe zbiory danych transmitowane z satelitów i przekształcają je w obrazy fotograficzne lub odtwarzają na ekranach monitorów zapisując równocześnie na nośnikach informacji. Przekształcenie obrazów przez satelitę, w układzie analogowym lub cyfrowym, oraz ich odbiór i rekonstrukcja w stacjach meteorologicznych odbywa się automatycznie z wykorzystaniem komputerów. Także odczytywanie treści obrazów oraz interpretacja danych pozaobrazowych są w dużym stopniu zautomatyzowane.

Siły zbrojne potrzebują do bieżących działań wojennych aktualnych informacji meteorologicznych, ale nie mniej istotne są prognozy długoterminowe. Przykłady historyczne[82] świadczą o tym, że prognozy meteorologiczne stanowiły podstawę do podejmowania decyzji o działaniach bojowych nawet w skali strategicznej.

Istnieje powszechne przekonanie, że w miarę rozwoju techniki wojskowej staje się ona coraz bardziej niezależna od warunków atmosferycznych. Pod wieloma względami teza ta jest prawdziwa. Na przykład niska temperatura, a nawet intensywne opady deszczu lub śniegu nie paraliżują ruchu współczesnych środków walki. Natomiast opady te mogą wykluczać użycie środków rażenia naprowadzanych laserowo, a lotnictwo i rakiety nie mogą startować przy prędkości wiatru powyżej dopuszczalnej granicy. Ewentualne użycie ładunków jądrowych bez wcześniejszych analiz rozkładu prognozowanych stref skażenia mogłoby okazać się bardziej groźne dla atakującego niż dla atakowanego.

---

[82] Dwight D. Eisenhower, Krucjata w Europie. Warszawa 1959, ss. 315, 328.

Trudna jest ocena wpływu meteorologii satelitarnej na rezultaty działalności ogólnoludzkiej. Nie ma też jednoznacznych mierników oceny jej wpływu na skutki działalności militarnej. Że jest on duży, w to nikt nie wątpi. Informacje meteorologiczne przesyłane z kosmosu dotyczą na razie głównie Ziemi i jej najbliższego otoczenia. Ich podstawowymi zaletami są szeroki zakres przestrzenny oraz wczesne ujawnianie przyszłych stanów atmosfery. Informacje takie mają fundamentalne znaczenie w procesie planowania walki i operacji wojennych. Trafny wybór miejsca, czasu i warunków atmosferycznych to główne czynniki, od których zależą sukcesy w wojnie.

2.3. Możliwości wykorzystywania nawigacyjnych namiarów satelitarnych

Aby odpowiedzieć na pytanie zawarte w powyższym podtytule trzeba wziąć pod uwagę składowe sił powietrznych. Ten rodzaj sił zbrojnych[83] tworzy lotnictwo, a w nim różne rodzaje lotnictwa oraz rodzaje wojsk[84]: wojsk obrony powietrznej; wojska radiotechniczne; wojska łączności; wojska logistyczne. W słownikach i encyklopediach nie ma nazwy „wojska logistyczne". Zdaniem naszym istnieją one w rzeczywistości, a tworzą je siły i środki służby inżynieryjno - lotniczej; służby lotniskowej; służby zakwaterowania; służby zdrowia i szereg innych.

Wszystkie wojska, z wyjątkiem lotnictwa, potrzebują wsparcia przez systemy nawigacji satelitarnej w precyzyjnym i szybkim określaniu położenia

---

[83] Rodzaj sił zbrojnych, główna część składowa sił zbrojnych zdolna do mniej lub bardziej samodzielnego wykonywania zadań strategicznych i operacyjnych ...
... Najczęstszymi rodzajami sił zbrojnych są: wojska lądowe, wojska lotnicze, marynarka wojenna. Ponadto w niektórych armiach ...
Mała encyklopedia wojskowa. MON, 1971. T. 3, s. 58-59.

[84] Rodzaje wojsk: 1) w dosłownym znaczeniu jednostki (oddziały i związki) o jednakowym podstawowym uzbrojeniu i zasadach prowadzenia działań ...; 2) w ogólnym znaczeniu również jednostki zabezpieczające oraz uzupełniające działalność rodzajów wojsk przeznaczonych do bezpośredniego zwalczania nieprzyjaciela ...
Tamże, s. 59.

(współrzędnych) swych obiektów stałych i ruchomych. A priori można ocenić, że na takie wsparcie wojska te mogą liczyć. W poniższej ocenie możliwości wykorzystywania systemów nawigacji satelitarnej do rozwiązywania zadań nawigacji lotniczej zostały wyłuszczone uzasadnienia stanowiące dowody zasadności oczekiwania, że wszystkie rodzaje wojsk sił powietrznych mogą liczyć na wsparcie nawigacyjne.

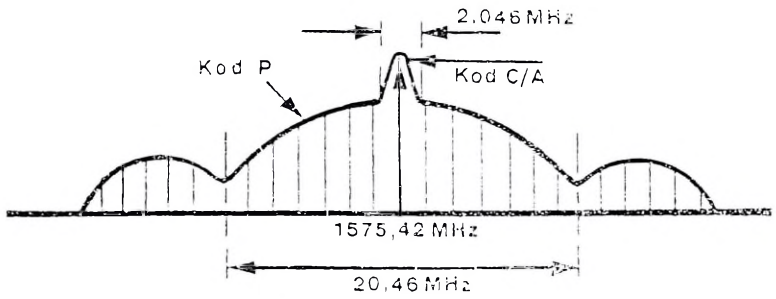
Systemy nawigacji satelitarnej powinny zapewniać lotnictwu rozwiązywanie wszystkich zadań przypisywanych nawigacji lotniczej[85]. Czy zapewniają ? Na pytanie to nie można odpowiedzieć kategorycznie w formie „tak" lub „nie" Dlaczego? Otóż Amerykanie sądzą, że ich globalny system nawigacyjny Navstar GPS, pokrywający całą kulę ziemską, stale dostępny i dokładny, jest atrakcyjny dla państw im nieprzyjaznych. W związku z tym uważają, że szeroki ogół odbiorców nie powinien mieć możliwości określania położenia za pomocą GPS dokładniej niż 200 m. Ocenia się przy tym, że dokładność taka nie będzie potęgować zagrożenia dla Stanów Zjednoczonych. Problem ten jest corocznie weryfikowany i przewiduje się wprowadzanie zmian w kierunku podnoszenia dokładności GPS. Oceniamy, iż w miarę rozwijania dokładnych systemów nawigacji satelitarnej przez inne państwa, zanikać będzie sens ochrony PGS. Na razie jednak w systemie tym były stosowane sygnały zobrazowane na rys. 2.7.1.

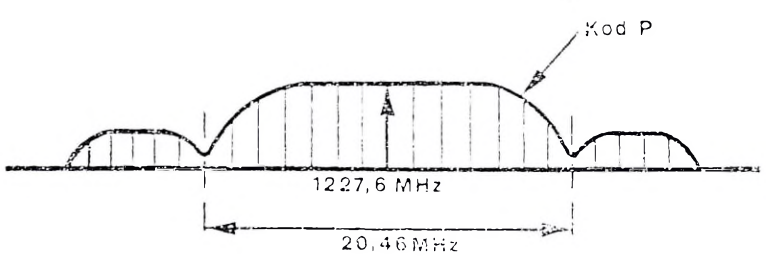
O zróżnicowaniu urządzeń odbiorczych użytkowników już wspominaliśmy. Wspólnymi elementami różnych typów aparatury użytkowników są odpowiednie odbiorniki i procesory nawigacyjne dokonujące obliczeń oraz urzą-

---

[85] Nawigacja lotnicza, aeronawigacyjna, dział nawigacji dotyczący zagadnień żeglugi powietrznej ... w lotnictwie znalazła szersze zastosowanie nawigacja bezwładnościowa, astronawigacja i radioastronawigacja, a także radioelektronika ... Nawigacja lotnicza może obecnie zapewnić: 1) prowadzenie samolotów (pocisków rakietowych) do celu w dowolnych warunkach i po dowolnej trasie; 2) powrót samolotu na lotnisko po wykonaniu zadania; 3) bezpieczeństwo ruchu na trasie, w rejonie lotniska itp.; 4) bezpieczeństwo podejścia samolotów do lądowania oraz wykonanie lądowania w nocy lub w trudnych warunkach meteorologicznych; 5) naprowadzanie samolotów na cele powietrzne i naziemne oraz prawidłowy zrzut bomb, odpalenie pocisków rakietowych itp
Tamże, T. 2, s. 388.

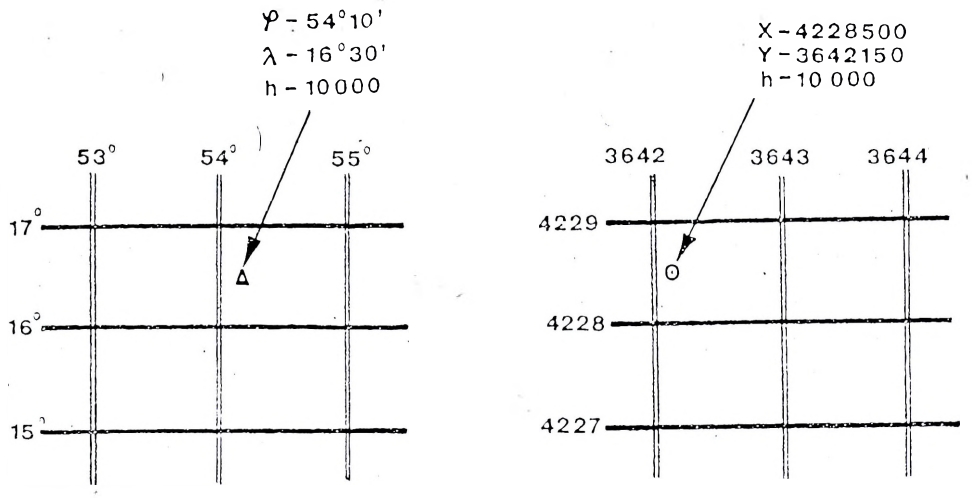
dzenia zobrazowujące dane. Cechy tych urządzeń uzależnione są od wymagań użytkowników - inne warunki funkcjonowania mają urządzenia instalowane w obiektach małych, szybko poruszających się, a inne w dużych i powolnych. Duża dokładność pomiarów niezbędna jest większości użytkowników. O tym, jak trudne jest to zagadnienie, świadczy wpływ dokładności pomiarów czasu na określanie położenia nawigowanych obiektów. Położenie to jest określane na podstawie pomiaru odległości nawigowanego obiektu od 3-4 satelitów, których sygnały odbiera aparatura danego obiektu. Odległości te oblicza się na podstawie mierzonego czasu biegu fal elektromagnetycznych emitowanych z satelitów. Na przykład, błąd w rejestracji czasu biegu fal wynoszący 1/100 000 s powoduje błędne określenie położenia obiektu o 3000m.





Rys.2.7. Sygnały satelitów GPS Navstar:
a) sygnał lokalizacji przybliżonej i odnajdywania sygnału lokalizacji dokładnej L_1; b) Sygnał lokalizacji dokładnej L_2.

Każde określenie położenia nawigowanego obiektu odbywa się przez rozwiązanie dla poszczególnych satelitów równania z czterema niewiadomymi. Trzy niewiadome wyrażają położenie obiektu, czwarta - czas. Położenie może być opisywane długością i szerokością geograficzną oraz wysokością względem poziomu morza lub innego punktu odniesienia. Czwartą niewiadomą jest czas, który określa się na podstawie przesunięcia wskazań zegara użytkownika. Urządzenie odbiorcze może być przygotowane do automatycznego przeliczania danych o położeniu i ich zobrazowywania w dowolnym układzie odniesienia, na przykład we współrzędnych prostokątnych lub według dowolnej siatki kodowej (rys. 2.8).



a)Według współrzędnych geograficznych; b) Według współrzędnych prostokątnych

Rys.2.8. Idea określania i zobrazowywania położenia nawigowanych obiektów:

Dla zobrazowania istoty problemu określanie parametrów nawigowanych obiektów przedstawiliśmy jako akt jednorazowy, niejako w statyce. Tymczasem urządzenia użytkowników, szczególnie poruszających się z dużymi prędkościami, przetwarzają i zobrazowują dane niemal bez opóźnienia, a nawet mogą prognozować i zobrazowywać drogę nawigowanych obiektów w przestrzeni i czasie na podstawie ekstrapolacji danych.

Ciekawe wnioski wynikają z porównania cech różnych systemów nawigacyjnych. Przy pobieżnej ocenie może się wydawać, że nawigacyjne systemy inercyjne i dopplerowskie mogą konkurować z kosmicznymi; tę wysoką ocenę uzasadnia wiele ich cech użytkowych. Nie dorównują one jednak systemom nawigacji satelitarnej w najważniejszych parametrach, do których zaliczamy dokładność określania położenia, globalność zastosowania przestrzennego i nieustanne funkcjonowanie oraz możliwość stosowania biernych urządzeń nieograniczonej liczby użytkowników. Ponadto dodać należy, że systemy kosmiczne, kosztowne na etapie ich tworzenia, mogą być niezwykle tanie w eksploatacji, licząc koszta jednostkowe, rozkładane na wielką liczbę ich użytkowników. Dlaczego zatem istnieją inne systemy nawigacyjne i brak symptomów świadczących o zakresie ich eliminacji? Otóż fizycznemu zniszczeniu krążących po orbitach satelitów nie można obecnie zapobiec, a prawdopodobnie nie uda się także zapobiegać w przyszłości. Dlatego też satelitarne systemy nawigacyjne nie są alternatywą wobec systemów naziemnych, lecz stanowią nową sferę potęgowania możliwości precyzyjnego kierowania ruchem wszelkich ciał nie tylko na kuli ziemskiej, ale i poza sferą jej oddziaływania.

Wykorzystywane dotychczas systemy nawigacji satelitarnej mogą być dostępne nie tylko upoważnionym użytkownikom. Istnieje też pewna możliwość celowego ich zakłócania. Problem ten jest bardzo skomplikowany, szczególnie w odniesieniu do systemów szerokiego użytku, zwanych globalnymi. System taki musi pracować w sposób ciągły. Zmiana parametrów pracy systemu jest przedsięwzięciem trudnym, jeżeli zważy się, że liczba użytkowników może wynosić setki tysięcy, a nawet miliony.

W istniejących systemach nawigacyjnych do pomiarów prędkości ruchu wykorzystuje się ogólnie znane zjawisko Dopplera[86]. Polega ono na pozornej

[86] D. Halliday - R. Resnick. Fizyka. PWN, Warszawa. Wyd. 2, 1979. T. 2, s. 423 - 430.

zmianie częstotliwości fal docierających do odbiorcy, gdy ich źródło i odbiorca są w ruchu względem siebie. Podczas zbliżania następuje pozorny wzrost częstotliwości fal, a przy oddalaniu się źródła promieniowania i jego odbiorcy - jej zmniejszanie. Oczywiście, zjawisko Dopplera odnosi się do wszelkich rodzajów fal, ale, na przykład, fale akustyczne i świetlne nie są dotychczas wykorzystywane w systemach nawigacyjnych.

Namiary nawigacyjne w systemach dopplerowskich satelitów wykonywane są na podstawie:

a) pomiarów przesunięć częstotliwości fal emitowanych z poszczególnych satelitów;

b) korekcji refrakcji jonosferycznej w poszczególnych pasmach częstotliwości;

c) znanych parametrów orbit satelitów przekazywanych przez nie na sygnałowej fali nośnej;

d) znaczników dokładnego czasu przekazywanych przez poszczególne satelity;

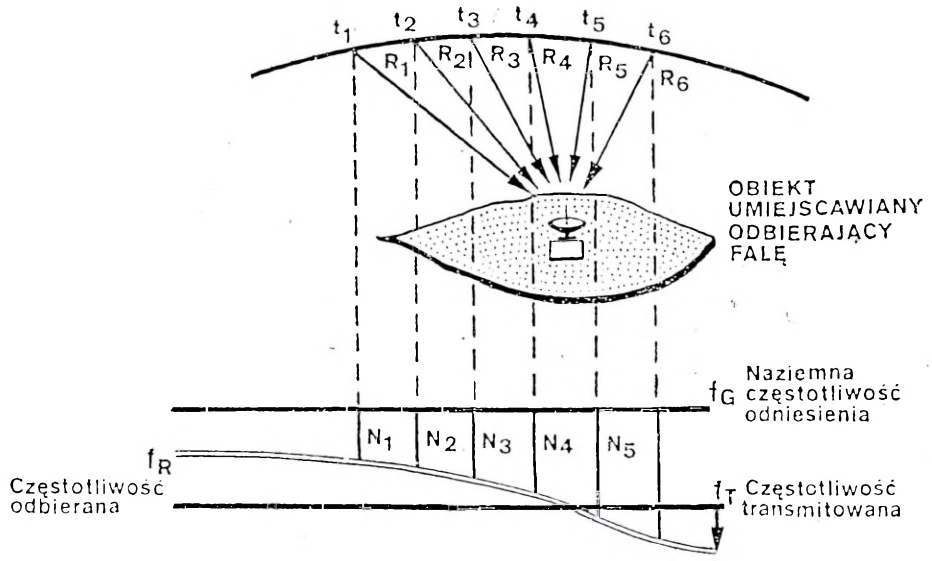
e) parametrów ruchu nawigowanego obiektu, którego położenie ma być określane.

Położenie nawigowanego obiektu może być określane na podstawie namiarów jednego satelity lub zespołu satelitów. Jest oczywiste, że im więcej satelitów będzie wykorzystywanych, tym dokładność będzie większa.

W wypadku określania położenia za pomocą kilku satelitów tworzona jest odpowiednia siatka współrzędnych, umożliwiająca lokalizację obiektu. Uwzględniane są przy tym rejestrowane na bieżąco nieznaczne odchylenia, powstające w trakcie ruchu satelitów. Nie mają wiec one w zasadzie wpływu na dokładność określania położenia.

Przy ustalaniu położenia z wykorzystaniem jednego satelity (rys. 2.9) analizuje się zmiany częstotliwości (N). Znając prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych (c), zmianę częstotliwości można wyznaczyć z równania:

$$N = \int_{t_1+R_1/C}^{t_2+R_2/C} (f_G - f_R)dt = (f_G - f_T)(t_2 - t_1) + \frac{f_G}{c}(R_2 - R_1) \cdot$$



Rys.2.9. Przykład zmiany częstotliwości fali elektromagnetycznej wywoływanej zmianą odległości w czasie ruchu satelity

Nie ulega wątpliwości, że podczas wojny systemy nawigacji kosmicznej będą przedmiotem różnorodnego oddziaływania przeciwnika. Dlatego dąży się do jak najlepszego ich zabezpieczania, zwłaszcza przed zagłuszaniem i dezinformowaniem. Dotychczas najlepsze efekty dawało stosowanie dwóch częstotliwości transmisji danych, z rozciągniętym widmem i szumem pseudo-

losowym. Poszczególne sygnały mogą być odpowiednio kodowane. Przedsięwzięcia te oraz fakt funkcjonowania systemów nawigacyjnych na dużych przestrzeniach w zasadzie wykluczają możliwość znaczącego paraliżowania systemów nawigacji kosmicznej za pomocą zakłóceń radioelektronicznych. Żadne państwo nie tworzy obecnie urządzeń, które można byłoby stosować do biernego zakłócania satelitów nawigacyjnych. Być może jest inaczej ale brak na ten temat wiadomości.

Cechą specyficzną kosmicznych systemów nawigacyjnych jest ich podatność na wykorzystanie nie tylko przez stronę, która dany system stworzyła.

Stwierdzono doświadczalnie, że systemy nawigacji satelitarnej zapewniają precyzyjne trójwymiarowe określanie pozycji użytkownika, dysponującego odpowiednim wyposażeniem, oraz prędkości, z jaką się on porusza. Mamy na myśli szerokość geograficzną (x), długość geograficzną (y), wysokość nad powierzchnią Ziemi (h) oraz prędkość w stosunku do Ziemi (V_w).

Określanie tych parametrów odbywa się na podstawie danych odbieranych z kilku satelitów równocześnie (na dwóch częstotliwościach fal elektromagnetycznych) i dokładnych informacji o czasie. W sposób ciągły transmitowane są dane efemerydalne. Rozciągnięcie widma dwóch sygnałów zapewnia uzyskiwanie wysokiej odporności systemu na zakłócanie. Posługiwanie się częstotliwościami w odpowiednim paśmie L sprzyja dobrej pracy systemu, nawet w niekorzystnych warunkach atmosferycznych.

Typowym rozwiązaniem jest emitowanie przez satelitę dwóch odpowiednio kodowanych rodzajów sygnałów - sygnału precyzyjnego i sygnału lokalizacji przybliżonej. Poszczególne sygnały składają się z pseudolosowego ciągu cyfr binarnych z modulowaną częstotliwością fali nośnej, nadawanego w ściśle określonym tempie. Jest ono dostosowane do możliwości odbioru danych nawigacyjnych (o efemerydach satelity i parametrach zegara) przez użytkowników systemu. W rezultacie użytkownicy mają możliwość dokony-

wania obliczeń swych pozycji, prędkości ruchu i czasu. W zegarach satelitów wykorzystuje się wzorce, w których stosowany jest rubid lub cez. Są one wystarczająco stabilne, by zapewnić wysoce dokładne obliczenia danych nawigacyjnych, nawet bez systematycznego ich aktualizowania przez dłuższy czas.

Istota wykorzystywania współczesnych satelitarnych systemów nawigacyjnych różni się od tradycyjnych wyobrażeń o nawigowaniu. W przeszłości nawigowanie polegało głównie na wyznaczaniu drogi dla nawigowanego obiektu oraz takiego korygowania jego manewrów, aby rzeczywista droga ruchu była zgodna z zaplanowaną. Chodziło zwykle o to, aby nawigowany obiekt dotarł do punktu przeznaczenia, którym było lotnisko, rejon operowania lub obiekt ataku. Wymagania wobec precyzji nawigowania były dosyć tolerancyjne. Błędy kilkusetmetrowe nie miały istotnego znaczenia. Obiekty atakowano po uprzednim ich dostrzeżeniu wzrokowym, a płożenie obiektu atakującego określano w stosunku do obiektu atakowanego. Obecnie mamy inną sytuację i inne potrzeby. Pokładowe systemy nawigacyjne statków powietrznych z układami wielofunkcyjnymi, integrującymi nawigowanie i sterowanie rozlicznymi systemami uzbrojenia są sprzęgane z nawigacyjnymi systemami inercyjnymi, zliczeniowymi, radionawigacyjnymi, no i właśnie systemami satelitarnymi. Kompleksowy charakter tych systemów powoduje, że możliwe jest precyzyjne kierowanie ruchem nawigowanych obiektów oraz zapewnione skuteczne rażenie celów, nawet bez ich optycznego obserwowania.

Na podstawie trójwymiarowo określonego położenia celu, warunków atmosferycznych oraz właściwości dynamicznych i balistycznych środków rażenia system nawigacyjno - bombardierski może obliczyć punkt w którym musi być uwolniony ładunek, aby trafił w cel. Wyprowadzenie samolotu lub innego obiektu w punkt ataku może być zaprogramowane i realizowane auto-

matycznie za pomocą komputera. Także uwolnienie ładunku dokonywane jest przez układ automatyczny.

Wykorzystywanie w kompleksach nawigacyjno - celowniczych różnych źródeł danych czyni je nie tylko precyzyjnymi, lecz i niepomiernie uodparnia na naturalne i celowe zakłócenia przeciwnika. Systemy nawigacji satelitarnej wyróżniają się przy tym szczególną przydatnością do naprowadzania obiektów powietrznych, w wielkich przestrzeniach i na duże odległości. Błędy w nawigowaniu i naprowadzaniu środków rażenia za pomocą środków kosmicznych nie rosną proporcjonalnie do rozmachu przestrzennego, jak to jest w układach inercyjnych i radionawigacyjnych. Ponadto zasięg systemów kosmicznych jest praktycznie nieograniczony. W związku z tym za pomocą satelitarnych systemów nawigacyjnych można dokonywać nie tylko wstępnego wycelowania środków rażenia na duże odległości, ale także korygować ich lot aż do uderzenia w cel.

Nawigacyjne systemy inercyjne i radionawigacyjne, chociaż dokładniejsze od zliczeniowych, nie mogą konkurować z satelitarnymi pod względem dokładności określania położenia, co obrazuje tabela 2.3. Parametr ten wpływa nie tylko na skuteczność stosowanego uzbrojenia, lecz także na wyniki innych działań, takich jak: spotkania tankowców powietrznych z zaopatrywanymi w paliwo jednostkami bojowymi, zrzut ładunków w ściśle określone punkty nie obserwowane wzrokowo lub odległościowe sterowanie aparatami bezzałogowymi. Szczególne korzyści operacyjne upatrywane są w podnoszeniu celności rażenia rakietami międzykontynentalnymi i operacyjno - taktycznymi.

Globalizm nowoczesnych systemów nawigacji satelitarnej wyraża się także w możliwości ich równoczesnego wykorzystywania przez różne rodzaje sił zbrojnych i wojsk, różne szczeble dowodzenia oraz zgrupowania wykonujące wspólnie zadania bojowe. Korzyści taktyczne i operacyjne trudno w tym

Tabela 2.3

Cechy wybranych systemów nawigacyjnych

System	Zakres przestrzenny	Dokładność danych	Liczba użytkowników	Rola użytkowników systemu	Odporność na zakłócenia	Wiarygodność	Ochrona danych
Navstar GPS	nieograniczony	16 m	nieograniczony	pasywna	ograniczona, lecz znaczna	pełna	wybiórcza
Transit	-"-	50 m	-"-	pasywna	-"-	zależna od prędkości	żadna
Dopplerowski	-"-	zmienna	indywidualnego użytku	aktywna	ograniczona	-"-	pełna
Inercyjny	-"-	zmienna	-"-	pasywna	pełna	-"-	-"-
Loran-C	mały obszar	150 m	nieograniczony	-"-	żadna	niska	żadna
Loran-D	teatr działań wojennych	umiarkowana	-"-	-"-	minimalna	-"-	-"-
Omega	nieograniczony	2000 m	-"-	-"-	żadna	wysoka	-"-
Radio Beacon	regionalny	niska	-"-	-"-	-"-	niska	-"-
Tacan	regionalny	umiarkowana	limitowana	aktywna	-"-	pełna	-"-
PLRS	sektorowy	30 m	-"-	-"-	ograniczona	niska	za pomocą kodu
ITIDS RELNAV	sektorowy	30 m	-"-	-"-	-"-	-"-	-"-

wypadku przecenić, można bowiem planować i prowadzić działalność ogniową i manewr wojsk bez konieczności stosowania tradycyjnych przedsięwzięć zabezpieczających, bez wzajemnego rażenia i wytwarzania chaosu.

Z doświadczeń wyniesionych głównie z drugiej wojny światowej wynika, że brak ciągłej informacji o położeniu wojsk był przyczyną strat zadawanych sobie wzajemnie przez współdziałające strony. Stąd też wytworzyła się praktyka wyznaczania rubieży i pasów bezpieczeństwa. W rezultacie broń ciężka nie mogła być swobodnie używana do niszczenia przeciwnika tuż przed nacierającymi wojskami. Pas bezpieczeństwa obejmuje wartość liniową czterech maksymalnych uchyleń prawdopodobnych i wartość promienia rażenia stosowanego środka. Wynosi to minimum 1 - 2 km, a z poprawką na opóźnienia w informowaniu o położeniu i błędy w określaniu swego położenia metodami tradycyjnymi - pas bezpieczeństwa przed przednim skrajem wojsk własnych podczas uderzeń lotnictwa środkami klasycznymi może wynosić 5-10 i więcej kilometrów. Wzajemne informowanie się wojsk o swym aktualnym położeniu, według wspólnej siatki współrzędnych, oraz precyzyjne celowanie - na podstawie danych satelitarnych - w obiekty niewidoczne wzrokowo przy wykorzystaniu danych satelitarnych, umożliwia nawet pięciokrotne zawężenie niezbędnego pasa bezpieczeństwa.

Powyższe oceny, oparte na analizie rozproszonych informacji prasowych, radiowych i telewizyjnych, weryfikowanych po części w WSOSP[87], 36 splt, 13 plt oraz 14 eśizop można stwierdzić, że systemy satelitarne zapewniają rozwiązywanie klasycznych zadań nawigacji lotniczej. Jednak błędy w określaniu omawianych wcześniej współrzędnych x, y i h uniemożliwiają lądowanie bez widoczności ziemi i precyzyjne rażenie obiektów nieobserwowanych wzrokowo lub przyrządowo. Do tych celów dopuszczalne błędy x, y i h

[87] Zespół oficerów pod kierownictwem ppłk dypl. pil., Waldemara Jaruszewskiego od 1994 r. prowadzi eksperymenty przy użyciu wskaźnika do GPS na TS-11 Iskra i bocznicy kolejowej. Wyniki potwierdzają informacje prasowe.

nie powinny przekraczać 1 m. Jeśli nawet wzrosną dokładności pomiarów, to i tak samo zainstalowanie na pokładach statków powietrznych wskaźników nie rozwiąże problemu. Konieczne są specjalizowane komputery pokładowe.

Powszechnie znanym faktem jest, że globalny system satelitarny GPS został opracowany na zlecenie Ministerstwa Obrony USA, w tym Sił Powietrznych tego kraju. One też są jego głównym użytkownikiem. Swoim zasięgiem objął całą przestrzeń wokół Ziemi, a jego zadania polegają na zapewnieniu precyzyjnego wyznaczania położenia przestrzennego, dowolnych miejsc i różnego rodzaju zakłóceń. Szeroko wykorzystuje się ten system satelitarny do szkolenia lotniczego we wszystkich rodzajach lotnictwa. Wprowadzono zautomatyzowanie procesu kontroli położenia przestrzennego własnych jednostek z udziałem systemu GPS NAVSTAR. System ten został nazwany GATS (GPS Army Traking System). Nowością tego systemu jest wprowadzenie kolorowej taktycznej mapy cyfrowej i SITMAP.

2.4. Możliwości wykorzystywania łączności satelitarnej

Łączność satelitarna znosi granice przestrzenne, techniczne i ekonomiczne, które osiągnęła tradycyjna łączność przewodowa, łączność radioliniowa i radiowa[88]. Wprawdzie przez wiele lat musiano posługiwać się kablami podmorskimi i oceanicznymi, ale czas ich „układania" i koszta byłyby olbrzymie. Praktycznie wymienione rodzaje łączności mogą być wykorzystywane przez siły zbrojne do lokalnej wymiany informacji w systemie dowodzenia wojskami co jest najistotniejsze w łączności wojskowej[89].

---

[88] Wymienia się 3 główne rodzaje podsystemów łączności wojskowej, gdyż w końcu XX wieku mówienie o łączności sygnalizacyjnej lub środkami ruchomymi (transportu) w dowodzeniu wojskami wzbudza „zakłopotanie". Podobne zakłopotanie wywołałoby mówienie o powrocie do dziewiętnastoletnich dyliżansów.
Mała encyklopedia wojskowa MON, 1970. T. 2, s. 228.

[89] Tamże, s. 228-232.

Zespół autorski nie miał dostępu do satelitarnych systemów łączności wojskowej. Jeśli przyjmuje się hipotezę, że są one sprawne przynajmniej jak Intelsat to udostępnienie siłom powietrznym tego rodzaju łączności rozwiązałoby wszystkie znane dylematy łączności „konwencjonalnej". Członkowie zespołu w ciągu kilku lat praktykowali połączenia telefoniczne i przekazywanie dalekopisów w systemie Intelsat do krajów Ameryki Północnej i Australii. Rzadko napotykano zajętość powszechnie dostępnych łączy (na przykład o północy z 31 grudnia na 1 stycznia). Szerokie doświadczenia w Internecie wielu abonentów wskazują na wysoką sprawność i niezawodność łączności satelitarnej. Ograniczone informacje o wojskowej łączności satelitarnej USA potwierdzają ekspertyzy naszego zespołu.

Amerykanie wykorzystują dwa niezależne podsystemy tworzące globalny wojskowy system dowodzenia i kontroli WWMCCS[90]. Są to strategiczne podsystemy łączności satelitarnej. Pierwszy z nich służy do dowodzenia strategicznego na dużych odległościach oraz przekazywania danych wywiadowczych i prowadzenia łączności specjalnej. Podsystemy taktyczne służą celom taktycznym i są niezbędne w codziennym działaniu jednostek sił zbrojnych.

Funkcjonuje również inny amerykański wojskowy satelitarny system łączności MILSTAR[91]. Ten system łączności wykorzystuje również kierownictwo polityczne i wojskowe USA ze względu na dużą jego odporność na zakłócenia i olbrzymie możliwości przesyłowe. Współpraca tego systemu z GPS NAVSTAR, określona mianem „układu C^3I" stanowi ważną jego funkcję. W tłumaczeniu oznacza to: „Dowodzenie, Kontrola, Komunikacja i Wywiad - Command, Control, Communicationas, Intelligence".

Wspominamy o „układzie C^3I" ponieważ w procesie pośredniczenia między korespondentami stosowane są różne metody retranslacji satelitarnej.

---

[90] WWMCCS - Word - Wide Military Command and Control System
[91] MILSTAR - Military Strategic Tactical and Relay.

Do najbardziej znanych rozwiązań należą: pośredniczenie na różnych częstotliwościach; pośredniczenie w różnym czasie; pośredniczenie przez tworzenie sygnałów zbiorczych.

Metoda pierwsza polega na wyodrębnianiu różnych częstotliwości nośnych w paśmie odbiorczym aparatury satelitarnej i przydziale tych częstotliwości stacjom naziemnym. Podczas pośredniczenia następuje odbiór, wzmacnianie i wypromieniowywanie sygnałów mających ustalone częstotliwości. W celu eliminowania zakłóceń wewnętrznych wzmacniacze nadajników mogą mieć kilka odrębnych kanałów szerokopasmowych.

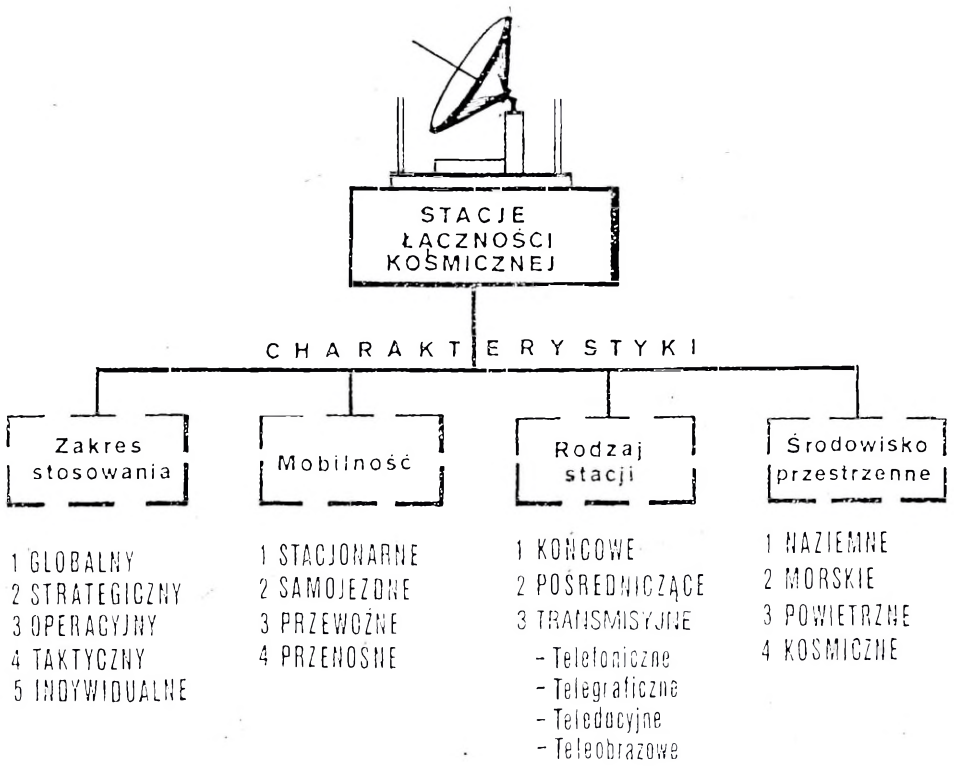
W metodzie drugiej stosowane jest pośredniczenie satelity w czasie wyznaczonym dla poszczególnych stacji naziemnych. Wówczas tylko sygnały danej stacji są odbierane, wzmacniane i wypromieniowywane. Praca stacji naziemnych jest ściśle synchronizowana. Potrzebne do tego sygnały odniesienia generuje satelita lub oznaczona stacja naziemna.

Metoda trzecia to retransmisja sygnałów o wspólnym widmie[92]. Sygnały stacji naziemnych nadawane w paśmie odbiorczym satelity są odbierane, odpowiednio formowane w sygnały zbiorcze, wzmacniane i emitowane w kierunku odbiorców. Z sygnału zbiorczego poszczególne stacje naziemne wyodrębniają adresowane do nich informacje za pomocą odpowiednich znaczników kodowo - adresowych. Określony zbiór stacji generuje równocześnie swoje sygnały we wspólnym widmie i zarazem odbiera retransmitowane przez satelitę sygnały zbiorcze. Sygnały we wspólnym widmie są celowo rozpraszane w szerokim zakresie częstotliwości. Rozszerzanie pasma transmisji poza granice nakreślone formą nadawanych sygnałów bardzo uodparnia system na zakłócenia radioelektroniczne przeciwnika. Odporność takiego systemu na zakłócenia - w porównaniu z widmem zawężonym - uważana jest za tysiąc razy większą. Pożądane rozproszenie energii sygnałów w szerokim paśmie

[92] Metoda taka stosowana była w taktycznym systemie łączności satelitarnej amerykańskich sił zbrojnych, oznaczonym w skrócie TACSAT - COM.

częstotliwości osiąga się przez dodatkowe modulowanie lub kluczowanie sygnałów bardzo wielkiej częstotliwości za pomocą generatorów adresowych formujących ciągi o odpowiedniej długości.

Z dostępnych informacji wynika, że satelity łączności funkcjonujące na orbitach wokółziemskich, nie uwalniają od konieczności posiadania również naziemnych stacji i to równych rodzajów - rys. 2.10. Niestety, nasz telefon dowódczy i sztabowy może nas połączyć z abonentem w USA, ale przez stację naziemną w Psarach, z której wysyłane są fale elektromagnetyczne do satelity widzialnego, a tenże do satelity pośredniczącego, potem do stacji naziemnej w USA i dopiero stacja ta śle sygnały do adresata.



Rys.2.10. Podział wojskowych stacji łączności satelitarnej ze względu na przeznaczenie i warunki ich stosowania

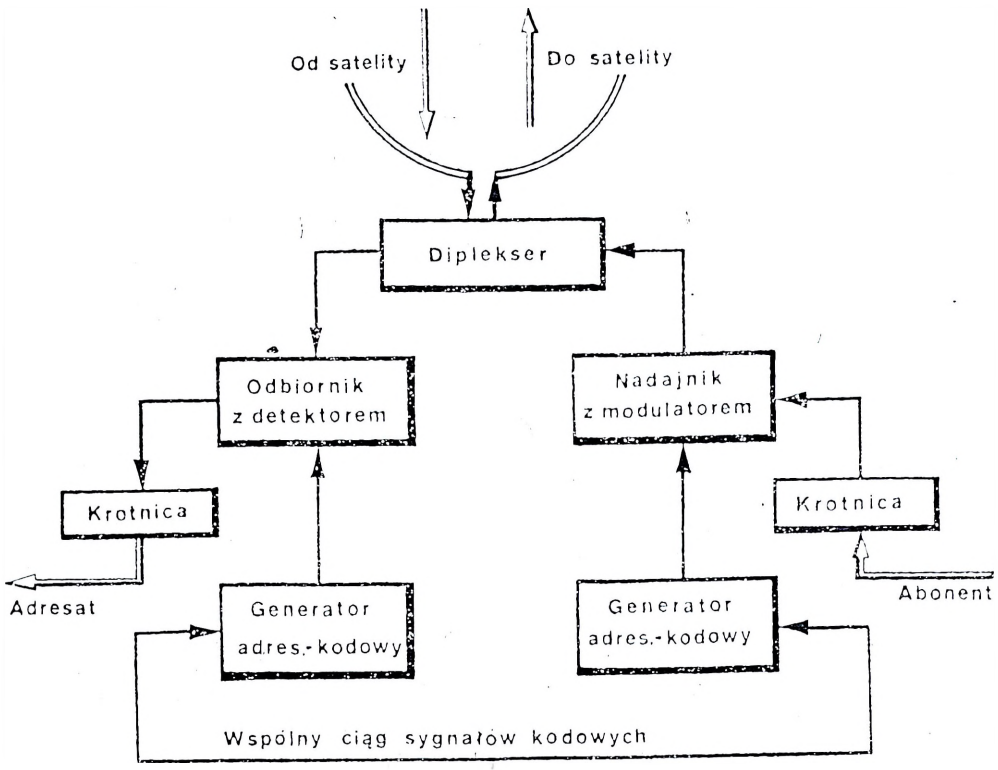
W naziemnych stacjach łączności satelitarnej wykorzystuje się wspólną antenę nadawczo - odbiorczą. Nie bez znaczenia są koszty budowy anteny, dochodzące w niektórych stacjach do 40% ich ogólnej wartości. Stosowanie dipleksera umożliwia obsługę nadajnika i odbiornika jedną anteną, bez zakłóceń wewnątrz układów stacji. Sygnały nadawane i odbierane muszą być

transmitowane w różnych pasmach, między którymi odstęp częstotliwości może wynosić do kilku gigaherców. Emisja i odbiór fal radiowych są możliwe z różną polaryzacją, w danych warunkach najkorzystniejszą.

W schemacie blokowym stacji łączności satelitarnej wykazaliśmy istnienie krotnicy zwielokrotniającej tor bardzo wielkiej częstotliwości oraz urządzenia sprzęgające stacje z naziemnymi systemami telekomunikacyjnymi. Krotnice mogą mieć modulację analogową lub cyfrową. Krotnice cyfrowe są odporniejsze na zakłócenia wewnątrzkanałowe i mogą wypełniać swe funkcje nawet przy niewielkiej przewadze sygnałów nad szumami. Zwielokrotnianie cyfrowe umożliwia stosowanie nadajników o mniejszej mocy, co warunkuje budowę stosunkowo małych stacji.

W czasie wojny systemy satelitarnej łączności wojskowej staną się niewątpliwie przedmiotem wszechstronnego przeciwdziałania przeciwnika. Dywersja w kanałach łączności, polegająca na dezinformacji i tworzeniu chaosu informacyjnego oraz zakłócaniu kanałów łączności, stanie się zjawiskiem powszechnym. Wobec tego uodpornienie systemów łączności wojskowej na potencjalne przeciwdziałanie nieprzyjaciela traktowane jest jako jeden z podstawowych wymogów technicznych. Przy omawianiu aparatury satelitów łączności wspomnieliśmy, że doskonałe efekty zabezpieczające systemy łączności przed zakłóceniami uzyskuje się przez celowe rozpraszanie sygnałów wszystkich stacji w szerokim paśmie częstotliwości, we wspólnym widmie. W tym celu stacje muszą mieć w swych układach generatory adresowo - kodowe, co zobrazowano na rys. 2.11.

Generatory adresowo - kodowe wytwarzają ciąg sygnałów o określonej długości, które sprawiają, że nadajniki generują sygnały nie tylko w szerokim paśmie, ale także na odrębnych częstotliwościach. Aby adresaci mogli prawidłowo odtwarzać kierowane do nich sygnały, muszą znać używane przez nadawcę ciągi adresowo - kodowe i stosownie do tego mieć odpowiednio



Rys.2.11. Schemat blokowy stacji łączności kosmicznej pracującej w systemie wspólnego widma

przygotowane odbiorniki. Sygnały transmitowane przez wszystkie stacje odbiera obsługujący je satelita. Sygnały są sumowane, wzmacniane i w postaci sygnału grupowego emitowane do adresatów. Z sygnału grupowego docierającego do wszystkich stacji przyjmują one tylko fragmenty, które są do nich adresowane. Treści dotyczące danej stacji wydziela z całego sygnału właśnie generator adresowo - kodowy odbiornika, korzystający z takich samych ciągów jak nadajnik.

Wykorzystywanie wspólnego pasma łączności czyni system łączności względnie odpornym na zakłócenia i podsłuchiwanie. W systemie tym jednak mogą występować okresowe przeciążenia sieci, jeśli korzysta z niego znaczna liczba stacji. Przeciążenie występuje podobnie jak w naziemnych sieciach radiowych lub telefonicznych. Brak potwierdzenia o przyjęciu informacji przez adresata lub umowny sygnał zajętości są ostrzeżeniem dla stacji o czasowej

niedyspozycyjności systemu. Wypróbowane w siłach zbrojnych zasady ustalania kolejności wykorzystywania środków łączności mogą być niezbędne także w systemach łączności satelitarnej. W ostateczności działać może samoregulacja, tak jak na przykład w miejskich sieciach telefonicznych.

*

* *

Przedstawiliśmy najważniejsze aspekty łączności satelitarnej, skupiając uwagę na systemach służących w przestrzeni powietrznej i na Ziemi. Ograniczyliśmy się tylko do zasygnalizowania, że bez systemów łączności nie byłyby możliwe współczesne rozpoznanie kosmiczne z ostrzeganiem i przekazywaniem obrazów, nawigacja kosmiczna, meteorologia i teledetekcja. Mieliśmy na uwadze, że funkcjonowanie aparatury nadawczo - odbiorczej łączności i dystrybucja informacji są podobne, bez względu na sferę zastosowania. Celowe jest jednak chociażby wspomnienie o kosmicznej łączności dalekosiężnej. Na razie taka łączność nie służy bezpośrednio celom wojskowym. Jest natomiast jednym z najważniejszych stymulatorów badań dalekiej przestrzeni kosmicznej. Można bez przesady powiedzieć, że bez łączności kosmicznej człowiek nie byłby zdolny do opanowywania kosmosu. Zanim pierwszy człowiek stanął na powierzchni Księżyca, wcześniej zbierano o nim informacje przekazywane na Ziemię za pomocą łączności kosmicznej. Najpierw wysyłano w pobliże Księżyca statki kosmiczne, które zbierały informacje z pewnej odległości. Również w fazie wysyłania statków załogowych w rejon Księżyca i na Księżyc od łączności zależało powodzenie poszczególnych misji. W dramatycznym locie na Księżyc załogi Apollo-13 ośrodek naziemny oceniał skutki powstałej awarii i decydował o dalszym działaniu kosmonautów. Informacje przesyłane między statkiem a ośrodkiem naziemnym w Houston przyczyniły się do szczęśliwego powrotu załogi na Ziemię.

3. DOCELOWE WYKORZYSTYWANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH PRZEZ SIŁY POWIETRZNE RP

Kiedy prowadzono badania do opracowania niniejszego studium, w latach 1994 - 1997, bardzo dużo działo się w sferze deklaracji politycznych i kontaktów dyplomatycznych. Wizyty[93] przedstawicieli Sił Powietrznych RP w krajach „zachodnich" i rewizyty oficerów różnych szarż w WL i OP, wprawdzie ożywione i przyjazne, ale tylko tworzą grunt pod przyszłe stosunki partnerskie. Są one partnerskimi w znaczeniu polityczno - dyplomatycznym, poznawczym, lecz jeszcze bez konkretnych następstw wojskowych[94]. Tak zwane zaproszenie Polski do rozmów[95] w sprawie wstąpienia do NATO otworzy niewątpliwie szeroki front integracji także Sił Powietrznych RP z tym rodzajem sił zbrojnych NATO. Z uwagi na zamierzone unikanie tworzenia napięć militarnych w Europie Wschodniej nie oczekuje się przemieszczania sił zbrojnych NATO do Polski, Czech i Węgier. Można natomiast spodziewać się realizowania szerokiego programu integrowania nowych członków z paktem poprzez ich włączenie w system dowodzenia NATO oraz **dopuszczenie do korzystania z różnych podsystemów logistycznych**. Udzielenie zezwolenia i

---

[93] Kierownik zespołu i dwa członkowie zespołu brali udział w kilku wizytach, a wszyscy członkowie merytoryczni zespołu kontaktowali się z oficerami różnych armii NATO na terenie AON.

[94] Istotę problemu wyraża znana teza (prawo) generała Karola Von Clausewitza (zaprezentowane w dziele „O wojnie"), że wojna jest kontynuacją polityki prowadzonej środkami przemocy". Otóż mamy obecnie do czynienia ze współpracą faktyczną, a współpraca wojskowa dopiero przed nami. Różnice w stanie jednym i drugim są istotne.
Mała encyklopedia wojskowa. MON, 1967. T. 1, s. 255.

[95] Podjęto taką decyzję w połowie czerwca 1997 r. nie bez sporów w łonie 16 państw. Francja i inne państwa domagały się zaproszenia oprócz Polski, Czech i Węgier także Rumunii i Słowenii. Polska zabiegała o przyjęcie opcji ostatniej.

pomoc w nabyciu środków do korzystania z systemów satelitarnych rokuje szybkie i mało kosztowne uzyskanie przez nowych członków przyrostu ich potencjału bojowego nawet przy niezmienionym stanie ilościowym podsystemów uzbrojenia.

Obrona powietrzna zlikwidowanego Układu Warszawskiego była zawsze bezsilna w zwalczaniu celów powietrznych dokonujących nalotów na bardzo małych wysokościach (poniżej 300 m - do 20 m nad rzeźbą i pokryciem terenu)[96]. Systemy wykrywania powietrznego i satelitarnego państw NATO mogą być nam udostępniane (efekty ich działalności), bez dokonywania przegrupowań sił zbrojnych. Rubieże „dyżurowania" w powietrzu systemów wykrywania można przesunąć na wschód, przy zachowaniu dotychczasowych lotnisk bazowania. Globalny zasięg systemów satelitarnych NATO (głównie USA), zapewnia dostępność do nich w znaczeniu technicznym i taktycznym. Nie udało się natomiast ustalić dotychczas kryteriów i warunków dostępności do tych systemów, poza ogólnymi deklaracjami ich posiadaczy o woli dzielenia się z sojusznikami. Zespół autorski nie mógł uzyskać autoryzowanych opisów technicznych i eksploatacyjnych wcześniej przedstawionych satelitarnych systemów: **rozpoznawczych, nawigacyjnych, meteorologicznych i łączności.** Wobec tego musiano dochodzić do zamierzonych celów studium drogami pośrednimi. Swoistym paradoksem jest fakt, że łatwiej jest prognozować wykorzystywanie tych systemów nie z pozycji członka NATO, ponieważ już po części z niektórych systemów satelitarnych korzystamy.

---

[96] W 1987 roku Niemiec Rust wylądował samolotem sportowym na Placu Czerwonym. Obalił mit o „szczelności" granic powietrznych ZSRR. Znawcy problemu wiedzieli, że propaganda pozostawała w rażącej sprzeczności z realnymi możliwościami wykrywania celów powietrznych. Dominował fałsz. W PRL było podobnie.

3.1. Wykorzystywanie systemów satelitarnych przed i po integracji z NATO

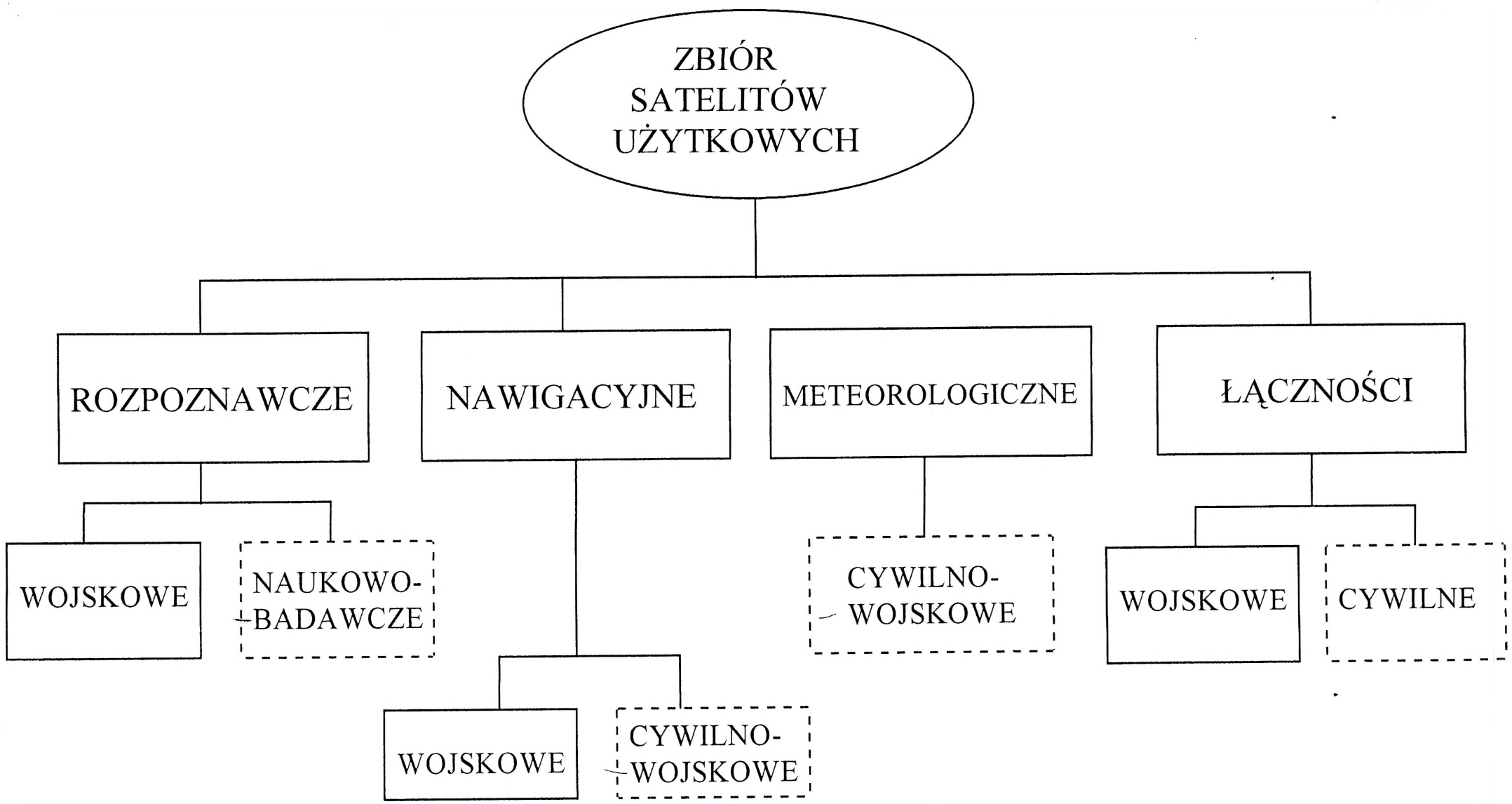
Spośród czterech rodzajów systemów satelitarnych funkcjonujących na orbitach w okresie pokoju korzysta się powszechnie tylko z dobrodziejstwa dwóch systemów: **meteorologicznych i nawigacyjnych.** Dzieje się tak ponieważ mają one nieograniczony zasięg przestrzenny i zabezpieczają potrzeby ogółu adresatów wojskowych i cywilnych państw, które te systemy zbudowały i utrzymują w ciągłej gotowości eksploatacyjnej - rys. 3.1.

Z treści rys. 3.1. wynika, że można wykorzystywać „cudze" systemy satelitarne, których właściciel nie jest w stanie lub nie chce wzbraniać ich użytkowania przez innych. Można sądzić, że USA wspaniałomyślnie nie wnoszą zastrzeżeń wobec tych, którzy wykorzystują ich GPS i obrazy zawierające informacje meteorologiczne. Jest jednak aspekt natury prawnej i fizycznej. Przestrzeń powietrzna[97] należy do państwa nad obszarem, który do niego należy. Wobec tego inne państwo nie może rościć żadnych praw wobec terytorium i przestrzeni powietrznej nie należących do niego. Podobnie dzieje się z audycjami telewizyjnymi i radiowymi. Nim runął Polski maszt radiowy pod Gąbinem[98] to nasze audycje radiowe odbierano w większości Krajów Europy. Prawo zwyczajowe zezwala korzystać z tego co dostarcza nam darmo ofiarodawca. Inaczej rzecz miałaby się w wypadku korzystania z radia, stacji telewizyjnej lub satelitów na terenie państw które są sponsorami tych systemów. Tam sponsorzy mogliby egzekwować swoje prawodawstwo i żądać stosownych opłat (prawa autorskie).

---

[97] Umowna górna granica przestrzeni powietrznej przebiega na wysokości, gdzie zanika siła wyporu aerodynamicznego (30-40 km od powierzchni ziemi). Skład powietrza do wysokości około 80 km jest stały i tę wysokość część ludzi przyjmuje jako granicę górną obszaru jurysdykcji państwa, nad którym rozciąga się przestrzeń powietrzna.
Encyklopedia powszechna PWN. Warszawa 1975. T. 3, s. 665.

[98] Wysokość masztu wynosiła 646 m (licząc od poziomu morza), a masa 632 tony.
Tamże, s. 52.



- - - - - - - - systemy satelitarne dostępne w okresie pokoju

Rys. 3.1. Systemy satelitarne dostępne w czasie pokoju

Zespół autorski nie znalazł dokumentów, które zabraniałyby korzystania z cywilno - wojskowych systemów satelitarnych, na zasadzie praw autorskich i usługowych. Trudno jednak pominąć fakt, że statki powietrzne poruszające się w przestrzeni powietrznej innych państw mogą czynić to po uzyskaniu ich zgody. Korzystają wówczas z zabezpieczenia systemów naziemnych państwa zezwalającego na przeloty, a systemy te wykorzystując także satelity. Wnosząc opłaty za przeloty (ewentualnie korzystanie z lotnisk) pośrednio opłaca się również użytkowanie satelitów. Koncerny produkujące samoloty wojskowe i cywilne prawdopodobnie maja zezwolenie na ich wyposażenie w podsystemy wykorzystujące satelity. Wojskowe statki powietrzne nie podlegają kontroli zewnętrznej. W myśl porozumień wiedeńsko - paryskich o limitach samolotów i śmigłowców bojowych (CFE-1), międzynarodowi kontrolerzy mają prawo sprawdzać ilość, a nie wyposażenie samolotów i śmigłowców. W ramach kontroli ustala się zaszeregowanie statku powietrznego ze względu na jego uzbrojenie i przeznaczenie.

Praktycznie nie jest możliwe nagłe zlikwidowanie cywilnych systemów satelitarnych przez ich twórców. Systemy te służą dużym masom użytkowników w państwach, które te systemy zbudowały. Z tych samych powodów nie można zmienić z dnia na dzień reżimów pracy tychże systemów. Zmiana nie mogłaby stać się zaskoczeniem, ponieważ wcześniej użytkownicy danego kraju musieliby otrzymać nowe parametry. Pomimo tych optymistycznych wniosków dla „niewtajemniczonych" użytkowników cywilno - wojskowych systemów satelitarnych na pokładach statków powietrznych podsystemy nawigacji satelitarnej są dublowane 2-3 innymi urządzeniami nawigacyjnymi (bezwładnościowe, radiotechniczne, radiokompasy). Załogi statków powietrz-

nych muszą być zdolne realizować zadania bez wykorzystywania podsystemów satelitarnych[99].

Powyższe uwarunkowania umożliwiają wykorzystywanie satelitów do szkolenia sił powietrznych w następujących dziedzinach:

a) Nawigowanie i zastosowanie bojowe statków powietrznych

Dostępnych jest kilka typów wskaźników, które można wykorzystywać do montowania na pokładach statków powietrznych (Garmin GPS 150; Trimble Flightmate GPS; NAVI NTO4, BENDIX/KING/KLN-90; Magellan NAV 500 PRO). Wydatki na zakup wybranych wskaźników i ich montaż na wojskowych statkach powietrznych[100] traktuje się jako relatywnie małe wobec cen zakupu i eksploatacji samolotów oraz śmigłowców. Posiadanie na pokładach takich wskaźników umożliwia ich wykorzystywanie do nawigowania oraz realizowania zadań taktycznych. Celem przybliżenia zakresu funkcji wykonywanych za pomocą wskaźników wykorzystujących GPS sporządzano skondensowany ich opis[101] przedstawiony w załączniku 1.

Pomimo ograniczonych funkcji pokładowych wskaźników nawigacji satelitarnej ich zastosowanie może przynieść znaczące korzyści szkoleniowe i taktyczno - operacyjne. Istotnym czynnikiem jest ich dostępność nawet w warunkach bardzo ograniczonych możliwości budżetowych sił powietrznych. W pierwszej fazie wdrażania wskaźników funkcjonujących w systemie nawigacji satelitarnej możliwe jest zastosowanie rozwiązań połowicznych. Ze względów oszczędnościowych można wyposażać co czwarty lub co drugi samolot we

---

[99] W lotach eksperymentalnych (36 splt, 58 lpsz) stwierdzono, że przy ewolucji energicznej samolotu w powietrzu zdarzają się krótkotrwałe zaniki wskazań satelitarnych namiarów nawigacyjnych. Zjawiska takie mają miejsce kiedy antenę odbiornika pokładowego (dipol) zasłania silnie płatowiec samolotu. Członkowie zespołu obserwowali to zjawisko podczas lotu na płatowiec samolocie prezydenta.

[100] Wskaźniki kosztują od około 1000 do 4000 dolarów. Montaż mogą zapewniać etatowe organa Służby Inżynieryjno - Lotniczej WLOP.

[101] Ppłk pil. dypl. Waldemar Jaruszewski. Analizy i wyniki badań prowadzonych w ramach przewodu doktorskiego. Maszynopis (nieautoryzowany). Autor wyraził zgodę na wykorzystanie maszynopisu w części dotyczącej „Odbiorniki nawigacji satelitarnej".

wskaźnik dobrej firmy, nie włączając do tego programu przestarzałych samolotów myśliwskich. Są one naprowadzane przez naziemne punkty dowodzenia i brak wskaźników nawigacyjnych nie będzie miał istotnego znaczenia.

Tylko nasze samoloty Su-22M4 mają programowane trasy lotu i autopilot zasilany podsystemem nawigacyjno - bombardierskim jest zdolny wyprowadzić samolot do nakazanego punktu (na przykład na lotnisko). Inne samoloty, wyposażone w radiokompasy i starsze przyrządy nawigacyjne, nie zapewniają załogom prowadzenia orientacji szczegółowej. Podczas rozpoznawania i atakowania obiektów naziemnych orientacja wzrokowa w wielu wypadkach jest czynnikiem podstawowym[102]. Wykorzystując wskaźniki nawigacji satelitarnej ten wymóg można niezawodnie spełniać.

Wskaźniki pokładowe rokują nadzieję na dużą przydatność w procesie określania położenia obiektów naziemnych i nawodnych. Dotychczas obiekty nawodne umiejscowiano na podstawie zliczonej drogi przebytej przez załogę od charakterystycznego punktu brzegowego nad obszarem morza (kurs, prędkość i czas lotu).

Specjaliści niekwestionują przydatności ocenianych wskaźników nawigacyjnych do wykonywania zadań przez dowództwa, sztaby i różne struktury naziemne sił powietrznych. Mamy na myśli orientowanie marszu kolumn naziemnych[103] (na przykład stanowisk dowodzenia), określenie punktów i rubieży rozwinięcia wojsk oraz określanie współrzędnych innych obiektów.

Realne jest tez prowadzenie treningów i ćwiczeń dowódczo - sztabowych z wykorzystaniem elementów namiarów satelitarnych i symulacji dzia-

---

[102] Podczas zawodów w rozpoznaniu powietrznym przeprowadzanych przed laty nierzadko załogi nie wiedziały czy dotarły do rejonów rozpoznania, które z reguły obejmowały kwadrat terenu o powierzchni około 100 km^2. Radiokompas „przyprowadził" pilotów nad lotniska lądowania, ale nie zawsze wiedzieli oni gdzie wykonywali ewolucję.

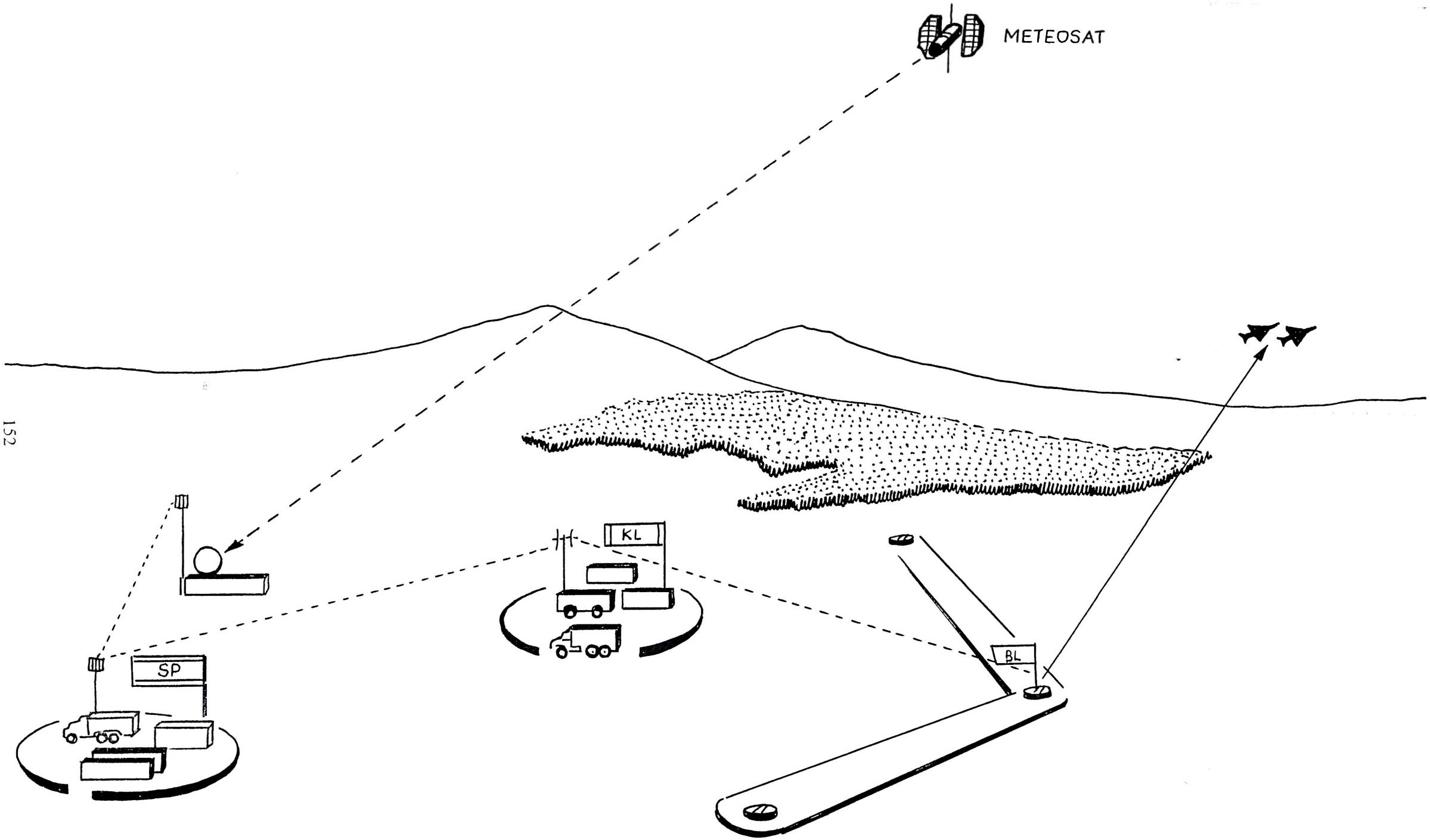
[103] Pomimo organizowania regulacji ruchu kolumn wojsk (specjalne pododdziały) kolumny naziemne czasami tracą orientacje, szczególnie w nocy.

Przykładem potwierdzającym powyższe twierdzenie jest przygoda nieistniejącej już brygady rakiet taktyczno - operacyjnych z Orzysza, która w pełnym składzie wjechała omyłkowo przed laty na lotnisko w Mirosławcu. Opóźnienie marszu z tego powodu wyniosło tylko 4 h.

łań podległych wojsk. Do tego niezbędne są wszystkie systemy satelitarne (rozpoznawcze, nawigacyjne, meteorologiczne i łączności). Niestety, tylko satelitarne systemy nawigacyjne i meteorologiczne dostępne są w okresie pokoju. Przewiduje się, że pozostałe udostępnią nam sojusznicy po przyjęciu nas do NATO, Na czym może polegać dostępność? Bez obawy popełnienia błędu można liczyć na dostarczanie nam informacji, o poczynaniach strony trzeciej zagrażającej Polsce i być może innym członkom paktu, zdobywanych za pomocą satelitów rozpoznawczych. W okresie pokoju informacje będą wybiórcze, pełniejsze w okresie zagrożenia i wojny. Istnieją podstawy aby przypuszczać, że podczas wojny sojusznicy udostępnią bezpośredni odbiór interesujących polskie Siły Powietrzne informacji rozpoznawczych. Okazuje się, że możliwości techniczne istnieją, co obrazuje na przykład funkcjonowanie meteorologii satelitarnej.

b) Wykorzystywanie meteorologii satelitarnej

Obecnie Siły Powietrzne RP wykorzystują do zabezpieczenia szkolenia informacje dostępne w systemie **Meteosat**. Przypomnijmy, że jest to system meteorologii satelitarnej, stanowiący własność państw Europy Zachodniej. Pierwsza generacja satelitów była umieszczona na orbicie równikowej, geostacjonarnej (35800 km) w 1977 r. Obecnie funkcjonują generacja 4 i 5. Pracują minimum 3 satelity (rozmieszczone pod kątem 120°), w celu objęcia „widzialnością" całą kulę ziemską. Jeden z satelitów obserwuje nieustannie Europę Zachodnią oraz obszary do niej przyległe. Stacje meteorologiczne Sił Powietrznych wykorzystują obrazy transmitowane przez tego właśnie satelitę (orbita synchroniczna - satelita nie zmienia położenia względem Ziemi) - rys.3.2.



Rys.3.2.Schemat obiegu informacji w systemie METEOSAT

Poprzez konwerter transmituje się do satelity siatkę współrzędnych obszarów stanowiących przedmiot zainteresowania warunkami atmosferycznymi tych obszarów. W „odpowiedzi" satelita „nadaje" obrazy tego obszaru powtarzane co 30 minut, w pasmach promieniowania: podczerwonego; widzialnego; pary wodnej. Obrazy odbierają stacje meteorologiczne Sił Powietrznych, po czym prognozują pogodę. Dostarczają dane prognostyczne i ewentualnie informacje pierwotne dowództwom oraz sztabom. Załogi statków powietrznych otrzymują informacje w zasadzie na czas lotu (misji).

Ostrzeganie załóg o innym rozwoju sytuacji meteorologicznej niż przewidywano w prognozach odbywa się w sieciach dowodzenia. Nie ma urządzeń pokładowych umożliwiających bezpośredni odbiór i wykorzystywanie obrazów meteorologii satelitarnej. Loty samolotów bojowych trwają od 1h do 3 h. Tylko samoloty międzykontynentalne przebywają w powietrzu do 10 h i dłużej, zwłaszcza zaopatrywane w paliwo przez tankowce powietrzne. Załogi tych samolotów muszą znać prognozy długoterminowe. Samolotów takich Polska nie potrzebuje i nie ma na takowe pieniędzy. Przy lotach krótkotrwałych istniejący obieg informacji meteorologicznej zaspokaja potrzeby załóg statków powietrznych oraz dowództw i sztabów sił powietrznych. Bynajmniej nie ignorujemy potrzeb wojsk rakietowych OP, wojsk radiotechnicznych i innych w ramach sił powietrznych. Dowództwa i sztaby tych wojsk korzystają z informacji satelitarnej na różnych promach.

Na rys. 3.1. wykazano dostępność cywilnych łącz satelitarnych. Ich status w wypadku wojny, to znaczy komercyjny, byłby prawdopodobnie nadużywany do celów wojskowych. Proceder taki byłby nielegalny[104] i łączność wojskowa, szczególnie dla sił powietrznych nie może być oparta na systemach powszechnego użytku. Przed wstąpieniem Polski do NATO nie możemy też liczyć na udostępnianie systemów łączności wojskowej paktu. Inaczej

[104] Ocena ta wynika z opisów przedstawionych w punkcie 1.5. niniejszego studium.

rzecz się będzie miała niewątpliwie po uzyskaniu statusu członka NATO. Takie jest przeświadczenie zespołu autorskiego, ale nie zdołał on dotrzeć do źródeł umożliwiających potwierdzenie formułowanych opinii. Zespół czuł się natomiast kompetentny do formułowania hipotez. Jeżeli istnieje w NATO wspólne dowództwo (paktu NATO, dowództwa wojsk lądowych, sił powietrznych i marynarki wojennej) to musi funkcjonować kompatybilna łączność, z satelitarną włącznie.

W okresie pokoju istnieje konieczność utajniania łączności i w razie wojny uruchamiania kanałów łączności wcześniej nieznanych przeciwnikowi.

Badania naukowe za pomocą satelitów zawierają szerokie spektrum. Obejmują one daleką i bliską przestrzeń kosmiczną oraz różne aspekty Ziemi. Od problemów ekologicznych po strukturę zasiewów, stan wegetacji roślin i prognozę plonów, rozwój infrastruktury w różnych krajach, ale także bada się infrastrukturę wojskową.

W zakończeniu tego punktu możemy sformułować hipotezę, że najwyższe władze Polski i jej Sił Zbrojnych są informowane przez sojuszników o interesujących Polskę danych rozpoznania satelitarnego, rezultatach badań oraz zamiarach co do uruchamiania militarnych systemów satelitarnych na wypadek wojny. Jeśli nie obecnie, to w przyszłości dane takie niewątpliwie będą dostarczane. Są to jednak informacje tajne, przeznaczone dla wąskiego grona osób. Zespół autorski jest świadom konieczności utrzymywania w tajemnicy problemów natury globalnej oraz strategicznych aspektów wojskowych. Powinniśmy poznawać raczej istotę fizyczną systemów satelitarnych i ich funkcjonowanie. Koncepcje ogólne użycia systemów satelitarnych podczas ewentualnej wojny pozostają w gestii wąskiego grona osób.

3.2. Wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym załóg statków powietrznych

Pierwsze samoloty nie miały żadnych przyrządów[105], ale seryjnie produkowane wyposażano już w kilka podstawowych wskaźników: samoloty współczesne mają na pokładach po kilkadziesiąt, a nawet ponad 100 wskaźników informujących załogę o ich statku powietrznym i otoczeniu. Wskaźniki (przyrządy) pośredniczące między załogami a satelitami należą do najnowszych generacji osprzętu lotniczego.

Tylko symboliczna ilość statków powietrznych w polskim lotnictwie wojskowym posiada wskaźniki nawigacji satelitarnej i pojedynczy piloci potrafią użytkować te wskaźniki. Wiedzę o nich i umiejętności użytkowania zdobywają indywidualnie. Tak jest w całych WLOP. Inaczej rzecz się ma w lotnictwie marynarki wojennej i od około 2 lat w WSOSP. Pułk szkolny wyposażony w samoloty typu Orlik dokonał pobieżnego przeszkolenia kadry instruktorskiej w posługiwaniu się wskaźnikami nawigacji satelitarnej znajdującymi się w wyposażeniu tych samolotów.

W programach akademii i wyższych szkół oficerskich Sił Zbrojnych RP nie umieszczono dotychczas tematyki satelitarnej i szerzej kosmicznej[106]. Nie ma także w programach szkolenia sił powietrznych wiedzy teoretycznej i praktycznej na temat stosowania urządzeń satelitarnych. Wprawdzie meteorolodzy z tytułami „mgr inż." posługują się informacjami uzyskiwanymi w systemie „**Meteosat**", ale ich wiedza o tym systemie jest bardzo ograniczona. Zespół autorski przekonał się o powyższym stanie rzeczy prowadząc badania do niniejszego studium.

---

[105] Bracia Wright dokonali pierwsi lotów w 1903 r. na samolocie własnej konstrukcji, w pozycji leżącej na dolnym skrzydle.
Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa, 1976. T. 4. s. 717.
W skansenie stworzonym przez H. Forda I jest oryginalny dom rodzinny Wrightów, sklep z rowerami i na zapleczu warsztat gdzie bracia budowali samoloty. Jest tam również centropłat z „łożem" dla pilota.

[106] Czeska Akademia Obrony Narodowej (Brno) już w latach osiemdziesiątych miała 16-godzinny program nauczania o kosmosie (systemach satelitarnych). W AON od około 10 lat PSOS i Kursy Wydziału WL i OP mają 1 wykład zapoznawczy o wpływie systemów satelitarnych na taktykę i sztukę operacyjną.

Biorąc pod uwagę powyższą sytuację oraz opisy przedstawione w pierwszym i drugim rozdziale postuluje się wdrożyć do programów szkolenia i kształcenia sił powietrznych wiedzę o systemach satelitarnych i praktycznym ich wykorzystywaniu. Wiedza ta powinna zapewnić przede wszystkim przygotowanie załóg statków powietrznych do wykorzystywania urządzeń satelitarnych podczas wykonywania zadań pilotażowych i taktycznych (bojowych). Względy te przesądziły o sformułowaniu algorytmu działania który prezentowany jest na rys. 3.3.

Cele szkolenia załóg w procesie nauczania wykorzystywania systemów satelitarnych stymuluje obecna dostępność tej techniki i dostępność spodziewana po wstąpieniu Polski do NATO. Wprawdzie musimy liczyć się, że nie będziemy benificjentami NATO[107]. Tym niemniej z logistyki paktu niewątpliwie korzystać będziemy i wobec tego cele i zadania szkolenia załóg w zakresie systemów satelitarnych określamy w brzmieniu:

a) Wdrożyć wiedzę o systemach satelitarnych umożliwiającą pełne wykorzystywanie urządzeń pokładowych już dostępnych i spodziewanych na przyszłość.

b) Nauczyć posługiwania się urządzeniami satelitarnymi podczas pilotowania statków powietrznych.

c) Nauczyć wykorzystywania urządzeń satelitarnych w procesie wykonywania zadań bojowych indywidualnie oraz w grupach taktycznych.

d) Przygotować załogi statków powietrznych do wykorzystywania urządzeń satelitarnych podczas misji wykonywanych w ramach paktu NATO.

---

[107] Symptomatyczna była wypowiedź prof. Zbigniewa Brzezińskiego w TVP 18.06.1997 r., że Polska musi lepiej uzbroić swoją armię, zmniejszyć liczbę oficerów, zwiększyć korpus podoficerski i żołnierzy zawodowych, jako warunek akceptacji jej kandydatury do NATO. Dodał, że Ameryka nie będzie uzbrajała polskiej armii.



Rys. 3.3. Algorytm szkolenia pilotażowo-taktycznego załóg statków powietrznych z wykorzystaniem systemów satelitarnych.

Zespół autorski rozpatrywał różne algorytmy przygotowywania załóg do wykorzystywania urządzeń satelitarnych. Prezentowany algorytm na rys. 3.3, wybrano pod wpływem przewagi argumentów logicznych, Wyróżnienie etapów przygotowania: **teoria; praktyczne wykorzystywanie urządzeń w pilotowaniu statków powietrznych; zastosowanie bojowe statków pojedynczych i grup taktycznych** - nie wymaga uzasadnień.

Prezentowana poniżej propozycja programu teorii (tabela 3.1) oraz szkolenia pilotażowego i taktycznego w stosowaniu urządzeń satelitarnych (tabela 3.2) są konsekwencją zakładanych celów i zadań tegoż szkolenia. Program adresowany jest do załóg wyszkolonych pilotażowo, służących w linii. Z tej racji można nazywać go programem „przeszkolenia", „uzupełniającym" lub inaczej.

Zespół autorski opracował projekty „przeszkolenia" załóg statków powietrznych w wykorzystywaniu urządzeń pokładowych systemów satelitarnych, kierując się sytuacją kadrową WLOP. W najbliższych latach ilość posiadanych bojowych statków powietrznych ulegnie zmniejszeniu do około 30-40% w porównaniu ze stanem obecnym. Wobec tego w perspektywie 10-15 lat dominować będą w siłach powietrznych załogi mające obecnie 25-30 lat życia, które ukończyły WSOSP nie mając w programie kształcenia wiedzy i umiejętności przygotowujących do wykorzystywania pokładowych urządzeń satelitarnych. Pierwsi absolwenci z takim przygotowaniem podejmą służbę za kilka lat, ale będzie ich bardzo mało. Tylko stan załóg śmigłowców może zwiększać się, a to wynika z rosnącego zapotrzebowania i możliwości produkowania tego rodzaju statków powietrznych przez fabrykę w Świdniku.

Kandydaci na pilotów samolotów i śmigłowców szkoleni (kształceni) w WSOSP na Orlikach i Sokołach wyposażonych w urządzenia satelitarne będą potrzebowali w służbie liniowej doskonalenia taktycznego i treningu ciągłego na statkach powietrznych, które zostaną im przypisane w służbie liniowej, w myśl przeznaczenia danego rodzaju lotnictwa.

Tabela 3.1

Teoria wykorzystywania systemów satelitarnych przez załogi statków powietrznych
(Projekt)

Dział teorii	Numer tematu	Temat zajęć	Forma zajęć	Czas (h)	Uwagi
1	2	3	4	5	6
Wykorzystanie przestrzeni kosmicznej do celów wojskowych	1	Uwarunkowania fizyczne i prawne wykorzystywania przestrzeni kosmicznej	Wykład	2	
	2	Dzieje militarne ekspansji w Kosmosie	Wykład	2	
	3	Wojskowe systemy satelitarne funkcjonujące w Kosmosie	Wykład	2	.
	4	Wpływ systemów satelitarnych na taktykę działań bojowych lotnictwa	Konwersatorium	4	Wykładowca dostarcza szkolonym tezy i literaturę
Nawigacyjne systemy satelitarne i ich wykorzystywanie	5	Istota budowy i funkcjonowania systemów nawigacji satelitarnej	Wykład	2	
	6	Pokładowe zestawy nawigacji satelitarnej i ogólne zasady ich wykorzystywania	Wykład	2	
	7	Wykorzystywanie pokładowych zestawów satelitarnych podczas przelotów i lotów trasowych	Wykład	2	
	8	Sieć naziemnych stacji referencyjnych, ich użytkowanie	Wykład	2	Nie ma takich stacji w Polsce. Załogi mogą korzystać z nich przy metodach międzynarodowych

1	2	3	4	5	6
	17	Prognozowanie warunków atmosferycznych na podstawie informacji satelitarnej	Wykład	2	Pokaz programu symulacji komputerowej
	18	Wykorzystywanie informacji satelitarnych o warunkach atmosferycznych przez załogi samolotów	Konwersatorium	4	Uwzględnienie ostrzegania o niebezpiecznych zjawiskach
Rozpoznanie satelitarne	19	Satelitarne systemy rozpoznania ogólnego i ostrzegania	Wykład	2	
	20	Satelitarne systemy rozpoznania szczegółowego	Wykład	2	
	21	Ogólne wiadomości o wykorzystywaniu rozpoznania satelitarnego przez załogi statków powietrznych	Wykład	2	
	22	Składanie zapotrzebowań i obieg informacji (odbiór, przetwarzanie, dystrybucja) z rozpoznania satelitarnego	Wykład	2	Po wstąpieniu do NATO i udostępnieniu rozpoznawczych systemów satelitarnych
	23	Przygotowanie i lot ma zastosowanie bojowe na podstawie informacji z rozpoznania satelitarnego	Wykład	2	-"-
	24	Poszukiwanie i atakowanie obiektów naziemnych (nawodnych) na podstawie informacji satelitarnych	Konwersatorium	4	-"-

1	2	3	4	5	6
	9	Nawigowanie statku powietrznego mocą pokładowych zestawów satelitarnych w lotach na małej wysokości	Wykład	2	
	10	Wykorzystywanie pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej w lotach pilotażowych	Konwersatorium	4	Pogłębienie i utrwalenie wiedzy o istocie wykorzystywania nawigacyjnych zestawów satelitarnych
	11	Wykorzystanie zestawów pokładowych nawigacji satelitarnej w locie na rozpoznanie obiektów naziemnych	Wykład	2	Pokaz programu symulacji komputerowej
	12	Lot na zwalczanie obiektów naziemnych i nawodnych przy wykorzystaniu pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej	Wykład	2	-"-
	13	Lot na samodzielne poszukiwanie i zwalczanie celów powietrznych przy wykorzystaniu pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej	Wykład	2	-"-
	14	Zastosowanie taktyczne pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej	Konwersatorium	4	Demonstrowanie komputerowych programów symulacyjnych
Meteorologiczne systemy satelitarne i ich wykorzystywanie	15	System meteorologii satelitarnej	Wykład	2	
	16	Funkcjonowanie satelitów meteorologicznych i obieg informacji	Wykład	2	

1	2	3	4	5	6
Łączność satelitarna	25	Satelitarne systemy łączności	Wykład	2	
	26	Możliwości wykorzystywania łączności satelitarnej w sieciach (kanałach) dowodzenia powietrznego i naziemnego	Wykład	2	
	27	Przeloty na dużą odległość z wykorzystaniem łączności satelitarnej	Wykład	2	Po wstąpieniu do NATO i udostępnieniu łączności satelitarnej
	28	Wykorzystywanie łączności satelitarnej podczas wykonywania misji bojowych	Konwersatorium	4	-"-

Tabela 3.2.

Praktyczne przeszkolenie pilotażowe i taktyczne załóg statków powietrznych w wykorzystywaniu pokładowych urządzeń satelitarnych (Projekt)

Dział szkolenia powietrznego	Numer ćwiczenia	Temat ćwiczenia	Wskazówki metodyczne	Uwagi
Szkolenie na symulatorach	1	Programowanie lotu po symulowanej trasie z wykonaniem ewolucji pilotażowych	**Liczba lotów na symulatorze 3-5** 1-2 loty po trasie 1 lot na obce lotnisko i powrót Załoga programuje lot i wykonuje według wskazówek instruktora	Opanowanie lotów na symulatorze warunkuje dopuszczenie do następnego etapu szkolenia
	2	Programowanie i wykonanie lotu po symulowanej trasie z atakowaniem obiektów	**Liczba lotów na symulatorze 3-5** Obiekty ataku - zgodnie z przeznaczeniem statku powietrznego	Ćwiczenie 2 załoga wykonuje przed lotami na zastosowanie bojowe po zakończeniu przeszkolenia pilotażowego
Szkolenie pilotażowe ze stosowaniem pokładowych urządzeń systemów satelitarnych	3	Lot pilotażowy z zastosowaniem pokładowych urządzeń systemów satelitarnych	**Liczba lotów 3-7** 1-2 loty po trasie na małej wysokości w DZWA 1-2 loty po trasie w DTWA 1 lot na obce lotnisko w NZWA	Po zakończeniu tego etapu lot kontrolny z przełożonym i dopuszczenie do II etapu szkolenia

1	2	3	4	5
Szkolenie taktyczne ze stosowaniem pokładowych urządzeń systemów satelitarnych	4	Lot pojedynczej załogi na atakowanie celów (rozpoznanie) wynikających z przeznaczenia statku powietrznego	**Liczba lotów 5-7** 1-2 loty w DZWA 1-2 loty w DTWA 1-2 loty w NZWA 1 lot w NTWA	Cele powietrzne (LM) Cele naziemne (LMB; TLM; LR)
	5	Lot na tworzenie ugrupowanie na wyznaczonym odcinku trasy według czasu i namiarów satelitarnych	**Liczba lotów 2-3** 1-2 loty i zbiórka klucza statków jednorodnych w DZWA 1-2 loty 2-3 kluczy statków różnorodnych w DTWA	Nawigowanie samolotów według namiarów satelitarnych
	6	Lot na zwalczanie obiektów grupą taktyczną statków powietrznych wykorzystujących pokładowe urządzenia systemów satelitarnych	**Liczba lotów 3-7** 1-2 loty w składzie klucza statków jednorodnych w DTWA 1-2 loty w składzie 4-8 statków różnorodnych w DZWA	Cele - zgodnie z przeznaczeniem taktycznym danych statków powietrznych
Trening ciągły w wykorzystywaniu pokładowych urządzeń systemów satelitarnych	-	Loty pilotażowe i taktyczne	Ćwiczenie pilotażowe - minimum 2 loty w miesiącu. Ćwiczenia taktyczne - minimum 1 lot w miesiącu	Częstotliwość zależna od limitów resursu i materiałowych posiadanego przez siły powietrzne

3.3. Wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu dowództw i sztabów sił powietrznych

Przyczyny obiektywne spowodowały brak zainteresowania systemami satelitarnymi. Wojska Lotnicze i Obrony Powietrznej nie maja satelitów i wobec tego w szkoleniu operacyjno - taktycznym problem ten jest pomijany. Dowództwa, sztaby i wojska szkolą się tak jakby nie istniały systemy satelitarne, albo nie miały żadnego wpływu na możliwości wojsk i nie determinowały taktyki wykonywania przez nie zadań bojowych. Dowództwa te mają dosyć trudnych dylematów natury technicznej, materiałowej, organizacyjnej i kadrowej[108], aby mieć siły i czas zajmować się tak „odległymi" problemami jak systemy satelitarne. Złośliwi mówią „rozwiążmy problemy na Ziemi, do Kosmosu nie sięgniemy".

Zespół autorski zdaje sobie sprawę, że drastyczne ograniczenia budżetowe wykluczają podejmowanie znaczniejszych wydatków. Nie zdołamy osiągnąć szybkiego przełomu w wykorzystywaniu systemów satelitarnych. Przyszli sojusznicy prawdopodobnie zaproszą nas do korzystania z ich systemów satelitarnych i poproszą o stosowny udział w kosztach ich utrzymywania. Dalej nie możemy ignorować wpływu satelitów na taktykę i sztukę operacyjną sił powietrznych.

Spotykamy się z powszechnym w zasadzie przekonaniem, że istniejące systemy satelitarne znacząco wpływają na sztukę wojenną[109]. Nie ma natomiast jednomyślności co do istoty tego wpływu. Część teoretyków wojsko-

---

[108] Istnieje świadomość, że w 1939 r. armia polska miała najpotężniejszą liczebnie kawalerię (12 brygad) spośród ówczesnych wszystkich armii na kuli ziemskiej. Obecnie mamy najliczniejsze LM obrony powietrznej (siedem plm WLOP i jeden lotnictwa Marynarki Wojennej). Do porównania nie włączyliśmy taktycznego lotnictwa myśliwskiego, które jest rodzajem lotnictwa frontowego (zwanego też przekornie „operacyjnym", „wsparcia").

[109] „Sztuka wojenna - dziedzina wiedzy i umiejętności dotyczących przygotowania i prowadzenia walki zbrojnej. Sztuka wojenna w naszej nauce wojennej dzieli się na strategię, sztukę operacyjną i taktykę. W innych armiach utrzymuje się podział tylko na taktykę i strategię".
(Mała encyklopedia wojskowa, Warszawa 1970, t. 3, s. 268).

wych uważa, że tylko mocarstwa dysponujące techniką satelitarną powinny weryfikować założenia swojej sztuki wojennej, my zaś - jako nie mający wpływu na kosmos - możemy rzekomo pozostawić tę kwestię innym. Jest to niewątpliwie stanowisko skrajne. Zwolennicy takiego poglądu nie biorą pod uwagę pewnych faktów. Otóż posiadanie przez czołowe państwa rozwiniętej techniki kosmicznej zapewnia także ich sojusznikom korzystanie z owej techniki.

Trzeba jednak zauważyć, że nie jest proste określenie wpływu jakościowego systemów satelitarnych. To, że potrzebna jest dowództwom i sztabom znajomość działań w kosmosie i z kosmosu, potwierdzają doświadczenia historyczne. We wrześniu 1939 r. dość powszechna nieznajomość właściwości bojowych broni pancernej i lotnictwa była przyczyną często nieracjonalnego zachowania nie tylko ludności cywilnej, a nawet wojska i jego sztabów. Demonizowanie zagrożenia, które stwarza przeciwnik, jest równie niebezpieczne jak jego niedocenianie. Przyczyną jednego i drugiego jest najczęściej nieznajomość prawdziwego stanu rzeczy.

Trudno znaleźć jednoznaczne kryteria oceny wpływu systemów satelitarnych na naszą sztukę operacyjną. Dotychczas temat ten nie ma szerszego odzwierciedlenia w publicystyce wojskowej, chyba dlatego, że są to problemy złożone i kontrowersyjne. Chyba celowe jest poddanie analizie ewolucję treści klasycznych zasad sztuki operacyjnej i taktyki. Dotyczy to zwłaszcza takich uznanych powszechnie zasad, jak: gotowość bojowa, zaskoczenie, przewaga, ciągłość działań, morale i dyscyplina wojsk.

Gotowość bojowa wojsk

Dziś nawet silne ekonomicznie państwa nie mogą utrzymywać ciągle potężnych armii; są one wystawiane dopiero w obliczu bezpośredniego zagrożenia wojną.

Fakty z najnowszej historii dowodzą, że stosunkowo niewielkie siły pierwszego rzutu wojsk utrzymuje się w wysokiej gotowości do odparcia niespodziewanej agresji, także ograniczonych liczebnie sił potencjalnego przeciwnika. Poczynania militarne, w tym ilość, jakość, ugrupowanie i gotowość sił zbrojnych, nie jest wyłączną sprawą określonego państwa i ewentualnych jego sojuszników. Potencjalny przeciwnik uważnie śledzi także z kosmosu narastające zagrożenie i w stosownym czasie podejmuje odpowiednie kroki. U schyłku XX wieku wyliczenia potencjału militarnego państw prowadzone są wręcz pedantycznie. O potencjale tym decyduje liczba i jakość środków rażenia, jakimi dysponują strony, oraz logistyka. Natomiast gotowość bojowa wojsk utożsamiana jest z ich zdolnością do wykonywania zadań w wybranym czasie i na wybranym obszarze oraz w przewidywanych warunkach bojowych. Gotowość jest więc kategorią wyrażającą stan wojsk oraz dyspozycyjność i poziom ich potencjału.

Przygotowania ogólne prowadzą tylko do tworzenia potencjału militarnego. Jego użycie jest możliwe po odpowiednim zorganizowaniu wojsk, ich ugrupowaniu i uruchomieniu działań. Do drugiej wojny światowej włącznie agresje zbrojne napastnicy poprzedzali zwykle mobilizacją i rozbudową swych sił, często wzmożonym szkoleniem, przestawianiem zaplecza na tory wojenne oraz skrytym i dość długotrwałym przegrupowywaniem wojsk w pobliże granic podmiotu agresji. Osiąganie gotowości trwało względnie długo.

Po drugiej wojnie światowej nastąpiły szybkie przemiany jakościowe. W efekcie mamy obecnie do czynienia z inną sytuacją. Działania bojowe mogą być rozpoczęte przez siły dyżurne wojsk obrony powietrznej natychmiast po wykryciu agresora powietrznego.

Możliwości operatywne i gotowość bojowa stanowiły podstawę do wyznaczania w operacjach wojennych celów oraz zadań dla różnych rodzajów sił zbrojnych i wojsk. Były też fundamentem, na którym wyrastały założenia

współczesnej sztuki wojennej, łącznie z planowaniem osiągania i utrzymywania przez wojska gotowości bojowej do wykonania przewidywanych dla nich zadań.

Obecnie niebywale wzrasta precyzja trafiania głowic rakiet w przewidywane obiekty. Tę precyzję rażenia zapewniają znakomicie rozwinięte systemy satelitarne. One też wpływają znacząco na wzrost gotowości bojowej wojsk.

W przeszłości podział przestrzeni na strefę frontową i zaplecze, nazywane też strefą komunikacji, był wyraźny. Głębokie zaplecze, nawet w drugiej wojnie światowej, nie było narażone na oddziaływanie ogniowe nieprzyjaciela. Wojska tam przebywające i przegrupowujące się nie musiały przestrzegać reżimów właściwych dla strefy frontowej. Obecnie gotowość bojowa wojsk i instytucji paramilitarnych zaplecza musi być osiągana w szybszym tempie, gdyż od początku wojny dowolne obiekty mogą być przedmiotem ataku bez względu na położenie geograficzne. Wobec tego tradycyjne lokalizowanie przemysłu[110] poza zasięgiem środków ogniowych przeciwnika jest już nieskuteczne. Powstała konieczność stosowania innych rozwiązań, na przykład rozśrodkowywania przemysłu mającego ważne znaczenie dla logistyki wojskowej i zaplecza; tworzenia zdecentralizowanych i rezerwowych źródeł zasilania; nadawania wysokiej żywotności systemom komunikacyjnym.

Na gotowość bojową wojsk składa się tradycyjnie ich morale, wyszkolenie, ilość i jakość uzbrojenia. Obecnie dochodzi do tego logistyka naziemna i satelitarna. Siły zbrojne, mające do dyspozycji systemy rozpoznania kosmicznego oraz systemy nawigacyjne i łączności, mogą bardziej racjonalnie przygotowywać i aktualizować swoje plany walki i operacji na wypadek wojny. Łączność satelitarna umożliwia utrzymywanie ciągłości dowodzenia woj-

[110] Jednym z istotnych czynników wpływających na wytyczenie granic tak zwanego Centralnego Okręgu Przemysłowego Polski przed drugą wojna światową było takie jego usytuowanie, aby ówczesne samoloty naszych wielkich sąsiadów, startując z własnych lotnisk, nie mogły niszczyć obiektów tam zlokalizowanych.

skami oraz podnosi żywotność systemów dowodzenia wojsk wszystkich szczebli.

Zasygnalizowany wpływ systemów satelitarnych na gotowość bojową wojsk wskazuje na pozytywne skutki osiągane przez stronę stosującą te systemy. Wykorzystywanie systemów kosmicznych przez coraz niższe szczeble dowodzenia warunkowane jest jednak odpowiednim wyszkoleniem wojsk, a przygotowanie pododdziałów i oddziałów do walki wymaga wyposażenia oraz wielu dodatkowych zabiegów szkoleniowych. Obecnie nawet pododdziały mogą prowadzić walkę w nocy, posługując się namiarami satelitarnymi, lecz osiągają tę umiejętność przez odpowiednie szkolenie z wykorzystaniem specjalistycznego sprzętu.

Prawidłowością jest swoista jedność dążeń do pozyskiwania nowych środków walki i środków logistycznych. Możliwość posługiwania się systemami satelitarnymi staje się stopniowo zjawiskiem powszechnym w nowoczesnych armiach. Wpływ systemów satelitarnych na gotowość bojową wojsk nie jest jednostronny. Wszelkie oceny powinny być dokonywane z punktu widzenia wojsk własnych oraz potencjalnego przeciwnika. Dotychczas dowództwa i sztaby naszych Sił Powietrznych tego nie robiły. Stan ten nie może być nadal podtrzymywany.

Zaskoczenie

W dobie funkcjonujących systemów rozpoznania satelitarnego tradycyjne sposoby i środki uzyskiwania zaskoczenia uległy przewartościowaniu. Możliwość zaskoczenia nie zanika zupełnie, ale ulegają zmianom reguły postępowania rokujące jego osiąganie. Istota zmian polega przede wszystkim na odpowiednim stosowaniu maskowania i mylenia.

Wzajemne kontrolowanie z kosmosu całych obszarów współzawodniczących krajów wyklucza możliwość skrytego przygotowywania się do wojny

i jej rozpoczęcia. Technika tej kontroli, opisana wcześniej, pozwala na terminowe zdobywanie informacji o potencjale militarnym przeciwnika. Komputerowe odczytywanie oraz filtracja przestrzenna obrazów tego samego rejonu, zdobywanych w ustalonych odstępach czasu, zapewniają automatyczne rejestrowanie zmian nie tylko w stanie obiektów czysto wojskowych, lecz także w rzeźbie i pokryciu terenu. Nawet podejrzane budowle analizowane są od początku ich powstawania. Dzisiaj nie czeka się z rozpoznaniem fabryk do chwili, kiedy zakłady przemysłowe będą opuszczały gotowe produkty. Wprawdzie nadal działa wywiad agenturalny, lecz nie polega się tylko na tym jednym źródle rozpoznania. Rozpoznanie satelitarne jest głównym źródłem wiadomości o przeciwniku. Inne źródła stanowią uzupełnienie.

W najkrótszym czasie mogą być użyte przez stronę wywołującą wojnę rakiety uzbrojone w różne rodzaje głowic (teoretycznie również z jądrowymi) oraz siły powietrzne. Bezpośrednie przygotowania do startu rakiet mogą ujść uwagi strony przeciwnej. Rakiety pozostające w silosach i rakiety manewrujące są z reguły do chwili startu skutecznie ukrywane przed rozpoznaniem satelitarnym. Natomiast fizycznie niemożliwe jest ukrycie zmasowanego startu rakiet i lotnictwa. Dostrzeżony start pojedynczych rakiet z kosmodromów lub z ogłoszonych wcześniej innych punktów Ziemi nie pociąga za sobą niebezpiecznych następstw. Masowy start rakiet i lotnictwa byłby natychmiast sygnalizowany najwyższym gremiom państwa lub grupy państw będących obiektem ataku. Wymiana zmasowanych uderzeń możliwa jest w zasadzie tylko między mocarstwami. Wobec tego przeznaczenie masowo startujących rakiet i lotnictwa byłoby oczywiste. Logiczne też jest, że mocarstwa zmuszone są do wzajemnego obserwowania się. W efekcie eliminowane jest liczące się zaskoczenie. Strona atakująca mogłaby ewentualnie wyprzedzić przeciwną o czas krótszy, niż trwałby lot rakiet. Naturalny w tej sytuacji byłby scenariusz, w którym rakiety mijałyby się w drodze, lecąc z kursami przeciwnymi. Trud-

no przy tym pominąć niezmiernie ważny aspekt tej sytuacji. Otóż podjęcie ryzyka wojny totalnej oznaczałoby konieczność dążenia nie tylko do zadania rakietowo - jądrowego ciosu uprzedzającego. Rozciąganie startu rakiet i lotnictwa w czasie byłoby działaniem irracjonalnym. Z kolei jednoczesne użycie większości potencjału rakietowo - jądrowego i lotniczego, uzasadnione z punktu widzenia sztuki wojennej, byłoby katastrofalne nie tylko dla adresata, lecz także dla wszelkiego życia na kuli ziemskiej. Na szczęście świadomość tego stanu rzeczy powstrzymuje ludzi od samozagłady. Tak więc oręż rokujący pierwotnie największe możliwości zaskoczenia stał się swoistym zaprzeczeniem sensu prowadzenia wojny na Ziemi, właśnie w wyniku stworzenia bardzo skutecznych kosmicznych systemów ostrzegania. Czy taki stan będzie trwały? Każda prognoza cechuje się tylko pewnym prawdopodobieństwem. Trzeba liczyć się z tym, że postępy w tworzeniu systemów kosmicznych mogą doprowadzić do naruszenia równowagi zagrożenia stron, nazywanej też równowagą strachu.

Sposobiąc się do członkostwa w NATO dowództwa i sztaby nie mogą abstrahować od powyższych uwarunkowań. Będziemy członkiem globalnego układu militarnego.

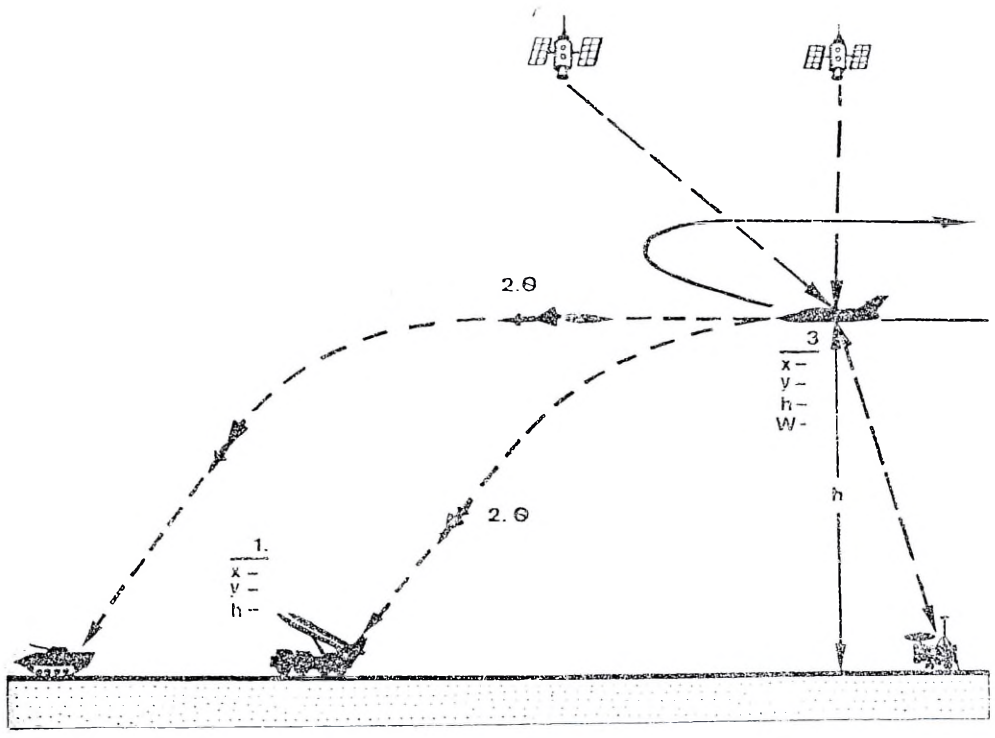
Przewaga

O przewadze w klasycznym znaczeniu decydują korzystne relacje ilościowo - jakościowe w środkach walki na rzecz dążącego do uzyskania przewagi w skali globalnej lub w wybranym miejscu i czasie. Relacje te dotyczą stosunku sił i środków między walczącymi wojskami, a także oddziaływań pośrednich. Nowym zjawiskiem jest oddziaływanie z kosmosu. Między przewagą w kosmosie i na Ziemi istnieje ścisła zależność. Przewaga może dotyczyć potencjału systemów logistycznych lub także systemów walki. Na Ziemi i w powietrzu wyróżniamy skale przewagi - taktyczną, operacyjną i strate-

giczną. Podział taki nie ma racji bytu w kosmosie, zwłaszcza w przestrzeni wokółziemskiej. Może istnieć globalna przewaga jednej ze stron. Bardziej prawdopodobna jest równowaga.

Nawet przewaga w satelitarnych systemach logistycznych jest znaczącym czynnikiem potęgowania przewagi wszystkich rodzajów sił zbrojnych w działaniach ziemskich w skali mikro i makro. Na przykład strona dysponująca systemami satelitarnej nawigacji, łączności, topogeodezji i meteorologii będzie mogła wykorzystywać je w odpowiedniej skali do koordynowania manewru swych wojsk, a nawet sterowania pojedynczymi pojazdami i kierowania ludźmi. W wyniku tego będą istniały możliwości prowadzenia skuteczniejszych działań bojowych, niezależnie od pory doby, warunków atmosferycznych, przestrzeni oraz skali działań bojowych. Oczekiwania takie są zasadne w świetle uzyskiwanych rezultatów równoczesnego kierowania ruchem zupełnie różnych pojazdów lądowych, morskich, powietrznych i kosmicznych z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej. Przy tym odchylenia pojazdów od planowanych tras ruchu już obecnie nie przekraczają kilkunastu metrów. Masowanie wojsk, jako jeden z warunków tworzenia przewagi, może być dynamiczne, osiągane w toku ciągłego manewrowania, bez konieczności długotrwałego i niebezpiecznego ich skupiania w rejonach ześrodkowania i na podstawach wyjściowych. Ponadto systemy satelitarne mogą być wykorzystywane w procesie naprowadzania środków rażenia, wydatnie podnosząc skuteczność ognia (rys. 3.4). Wzrasta precyzja rażenia, a atakowanie obiektów jest uniezależnione od ich wzrokowej widzialności. Atrybut pierwszy - precyzja trafienia - jest mierzalny, natomiast drugi - nie. Oba mają wielkie znaczenie. Dysproporcje w skuteczności poszczególnych środków rażenia mogą być bardzo duże. Na przykład jedną wysoce skuteczną rakietę trzeba będzie równoważyć nawet kilkoma mało efektywnymi. Samolot trafiony jednym pociskiem artylerii przeciwlotniczej z reguły ulega zniszczeniu. Aby jed-

nak trafić, trzeba obecnie wystrzelić setki pocisków, mając do dyspozycji odpowiednio dużą liczbę dział. Podnosząc prawdopodobieństwo trafienia jednym pociskiem (z wykorzystaniem różnych urządzeń satelitarnych), uzyskuje się lepsze rezultaty niż zwiększając liczbę armat.



Rys.3.4. Rażenie celu niewidocznego optycznie przez załogę nosiciela powietrznego wykorzystującego system nawigacji satelitarnej

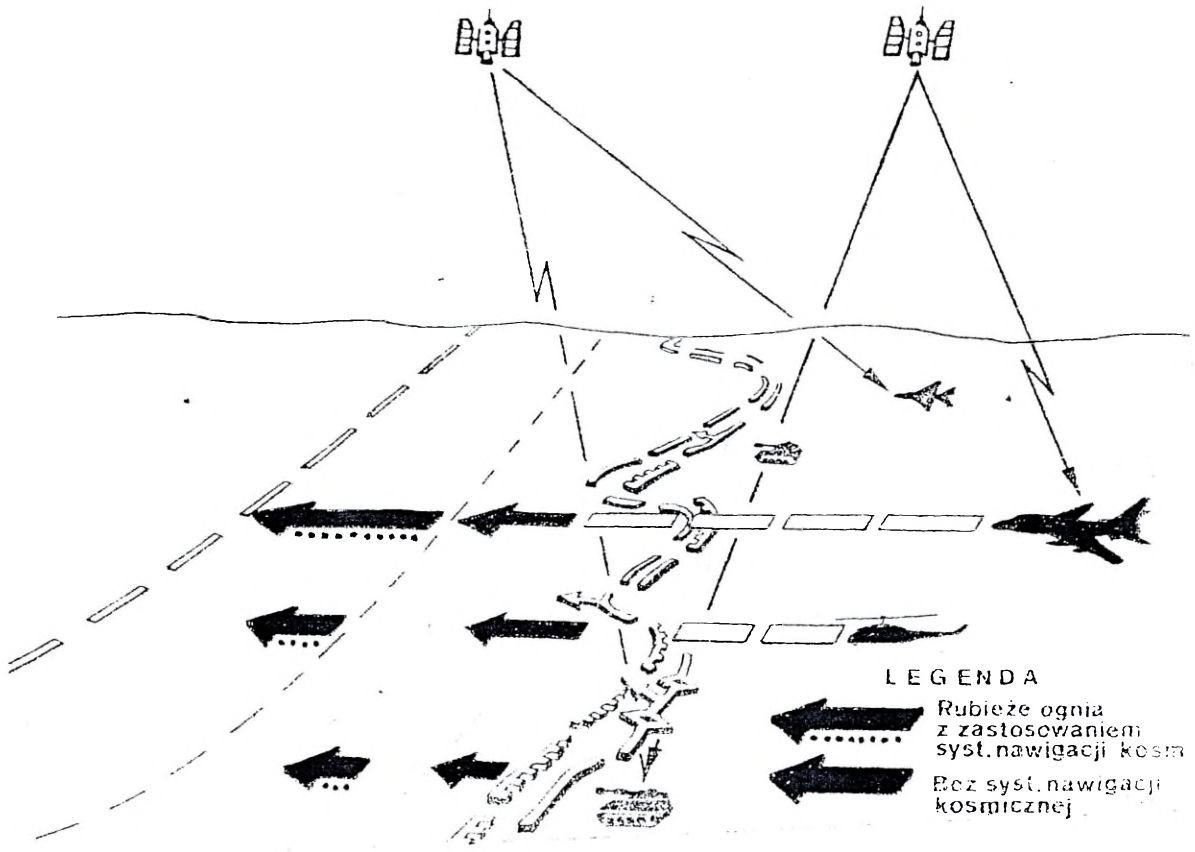
Podane przykłady ilustrują istotę wpływu systemów satelitarnych na uzyskiwanie przewagi. Skomentowane kwestie wskazują, że mając identyczną liczbę takich samych jakościowo samolotów lub śmigłowców dzięki systemom satelitarnym strona, która maja do nich dostęp uzyskuje lepsze efekty działań. Nasze dowództwa i sztaby muszą umieć dyskontować takie prerogatywy.

Przez ciągłość działań rozumie się na ogół brak przerw, wysoką aktywność oraz natężenie działań po kres możliwości sił powietrznych. Przerwy w działaniach następują pod wpływem rozlicznych czynników. Niemożliwe jest współcześnie prowadzenie działań bojowych bez wystarczającego rozpozna-

nia nieprzyjaciela, terenu i pogody oraz bez systemów zapewniających wzrokowe lub przyrządowe obserwowanie przeciwnika i odpowiednie kierowanie techniką bojową. Istnieją wprawdzie w siłach powietrznych różnorodne stacje radiolokacyjne, podświetlacze laserowe oraz szeroka gama klasycznych środków oświetlających i rozpoznania, lecz wciąż jeszcze są to systemy i środki niewystarczające. Mimo istnienia wielu punktów dowodzenia nierzadko trudno jest utrzymać ciągłość kierowania wojskami. Niektóre, znane od dawna, przeszkody hamujące ciągłość działań są całkowicie eliminowane lub w poważnym stopniu łagodzone. Rozpoznanie satelitarne umożliwia nieprzerwane obserwowanie przeciwnika. Przed jego powstaniem przeciwnicy wykorzystywali do przegrupowań wojsk nocne ciemności, a czasami też trudne warunki atmosferyczne[111]. Wiele obiektów przeciwnika gwałtownie zmieniało rejony swojego rozmieszczenia, tak że z nastaniem dnia trzeba ich było ponownie poszukiwać.

Ewentualności takie nie występują przy ciągłym obserwowaniu przeciwnika z kosmosu. Wspomniana wcześniej możliwość kierowania techniką bojową z wykorzystaniem systemów nawigacji kosmicznej stwarza właśnie warunki do zachowania ciągłości działań, w sensie manewru i prowadzenia ognia. Mówiąc o manewrze mamy na myśli przede wszystkim ruch w walce, niezbędny do pokonania przeciwnika i osiągnięcia celów walki lub operacji. Przyrządy do obserwacji celów i prowadzenia ognia w nocy mają ograniczoną przestrzeń obserwacji, a rozszerzenie ich możliwości zapewnia właśnie technika kosmiczna. Systemy satelitarne mogą być stosowane także do obserwowania położenia i ruchu wojsk własnych (rys. 3.5.).

[111] Ostatnie przeciwuderzenie niemieckie (kontrofensywa) zaplanowano na grudzień 1944 i styczeń 1945 licząc na trudne warunki atmosferyczne i wyeliminowanie lotnictwa Aliantów. W części kalkulacje okazały się trafne.



Rys.3.5. Ciągłość obserwacji położenia wojsk własnych i nieprzyjaciela

Z praktycznie nieograniczonymi możliwościami przestrzennymi oraz ciągłością rozpoznania kosmicznego nie idą w parze możliwości przetwarzania i dystrybucji danych, mimo że obrazy są transmitowane z satelitów niemal na bieżąco. Wyodrębnić można tylko ważne obiekty.

Morale i dyscyplina

Środki walki w tej samej liczbie i tej samej jakości, pozostające w dyspozycji tak samo licznych, lecz różniących się wyszkoleniem, zdyscyplinowaniem i stanem moralnym ludzi, mogą prezentować odmienny poziom potencjału bojowego. Znane są z historii wojen liczne wypadki, że wojska liczebniejsze, a nawet lepiej uzbrojone, przegrywały ze słabszymi. Nie zawsze, ale często, czynnik moralny przechylał szalę zwycięstwa, zwłaszcza jeśli łączył się z wysoką dyscypliną. Funkcjonowanie systemów satelitarnych może powodować specyficzne skutki fizyczne i psychologiczne.

W ewentualnej wojnie siłom zbrojnym i całemu obszarowi zaplecza zagrażać będzie, oprócz środków napadu powietrznego, także kosmos. Ludzie mają świadomość, że w razie wojny broń może być stosunkowo szybko umieszczona w kosmosie, albo stamtąd kierowana. Wiedzą także, iż rozpoznanie z kosmosu i naprowadzanie ziemskich środków rażenia podnosiłoby skuteczność niszczycielskich działań nieprzyjaciela. Poczucie zagrożenia, zarówno w strefie frontowej, jak i w obszarze zaplecza, wpływałoby destruktywnie na morale wojska i ludności cywilnej.

Opanowanie kosmosu do celów militarnych otworzyło nowe pole zmagań w wojnie psychologicznej prowadzonej przez państwa władające techniką satelitarną. W wojnie koalicyjnej kosmos byłby niewątpliwie wykorzystywany do radiowej i telewizyjnej indoktrynacji sił zbrojnych i narodu przeciwnika. Nieograniczony zasięg transmisji z dowolnych propagandowych ośrodków na całej kuli ziemskiej, stosunkowo duża odporność satelitarnych środków przekazu na zakłócenia oraz szybki obieg ich informacji są głównymi prerogatywami wojny psychologicznej prowadzonej z kosmosu. Powstała możliwość uprawiania szerokiej propagandy wizualnej, działającej szczególnie silnie na psychikę człowieka.

Zespół autorski prowadził wywiady w Sztabie WLOP i na szczeblach KOP oraz KL, których celem było poznanie opinii ekspertów na temat szkolenia tych instytucji i struktur niższych w dziedzinie wykorzystywania systemów satelitarnych. Zdecydowana większość jest przekonana o konieczności prowadzenia takiego szkolenia. Sceptycy czy pojedynczy przeciwnicy, argumentują sprzeciw naszymi ograniczonymi możliwościami. Istnieje zgodność poglądów co do konieczności szkolenia teoretycznego dowództw i sztabów WLOP oraz podczas niektórych ćwiczeń taktycznych. Trzeba zaczynać od szkolenia teoretycznego, ale ze względu na komunikatywność w pierwszej

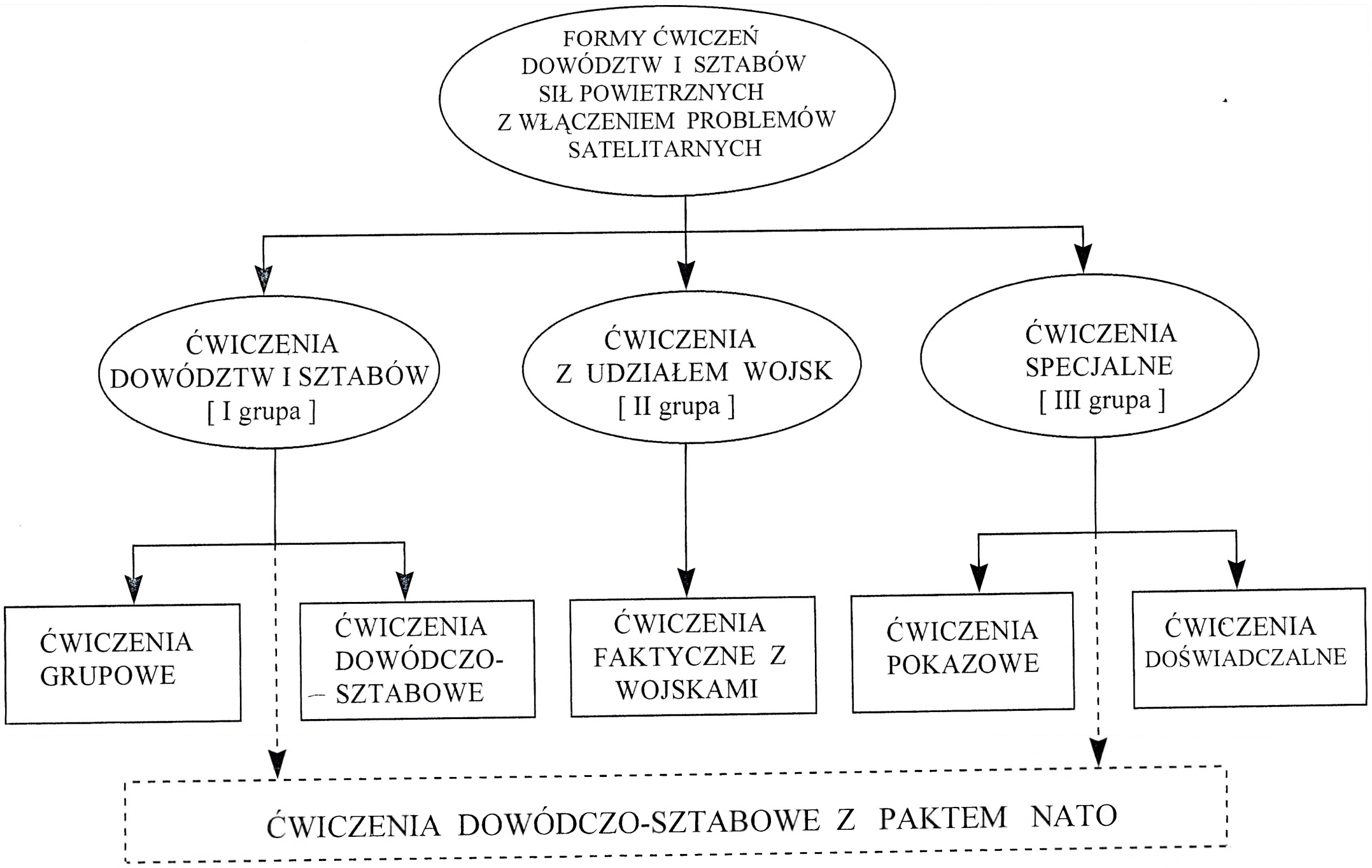
kolejności postanowiliśmy zaproponować opis problematyki satelitarnej w ćwiczeniach, które przedstawiono na rys. 3.6.

Ćwiczenia mogą być prowadzone po przeszkoleniu teoretycznym dowództw i sztabów - tabela 3.3. Teoria jest czynnością pierwotną, ćwiczenia formami służącymi przygotowywaniu praktycznemu dowództw i sztabów sił powietrznych do spełniania swych funkcji w ewentualnej wojnie.

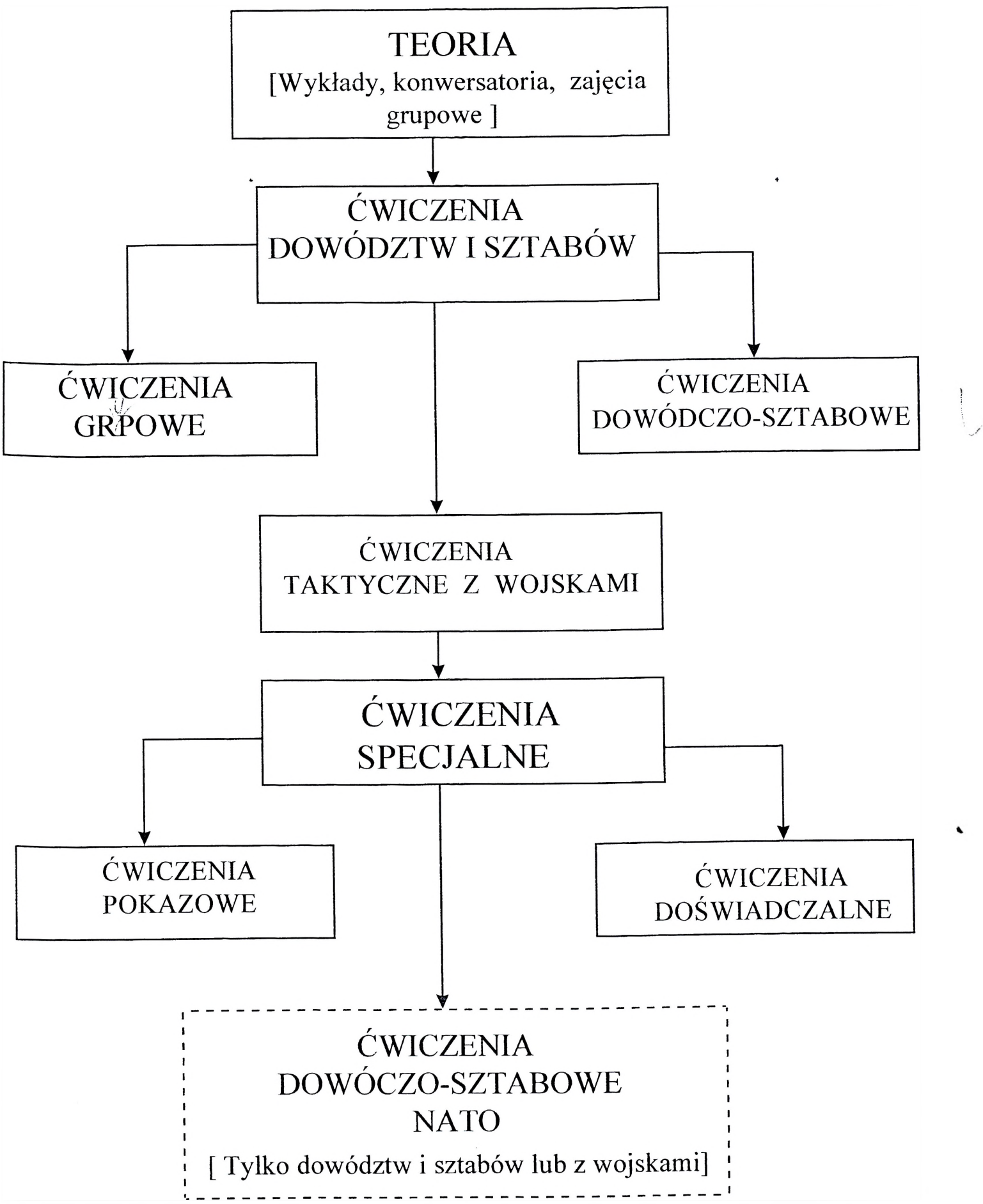
W procesie szkolenia dowództw i sztabów sił powietrznych rekomendowany jest poniższy algorytm działania - rys. 3.7:

Ćwiczenia grupowe sprzyjać będą pogłębianiu wiedzy teoretycznej i możliwości tworzenia podstaw stosowania praktycznego naziemnych urządzeń zapewniających wykorzystywania systemów satelitarnych. Wyższa forma, ćwiczenia dowódczo - sztabowe, powinny służyć nauczaniu metodyki wypracowywania decyzji i programowania działań bojowych podległych wojsk (działań aplikacyjnych) oraz formułowania zadań podwładnych, tak aby zapewniać uwzględnianie negatywnego wpływu satelitów obcych i pełne korzystanie ze wsparcia satelitów własnych (sojuszniczych). W miarę możliwości w ćwiczeniach takich powinno się używać autentycznych informacji satelitarnych, a nawet stosować łączność satelitarną w ćwiczeniach wieloszczeblowych. Wymóg taki należałoby stosować w ćwiczeniu taktycznym z wojskami, kiedy to ćwiczący przyjmują ugrupowania przestrzenne właściwe dla wojennych norm taktyczno - operacyjnych.

Ćwiczenia specjalne, zwłaszcza doświadczalne, nie dają się ująć w zdeterminowane wcześniej reguły, bowiem ich istotą jest niepowtarzalność, niekonwencjonalny charakter. Obie formy ćwiczeń specjalnych (rys. 3.6) mogą prowadzić dowództwa i sztaby wysoko wyszkolone i doświadczone. Ta grupa ćwiczeń, w przeciwieństwie do dwóch pierwszych, nie może stanowić przedsięwzięć systematycznych, ilościowo określonych w czasie w roku szkoleniowym. Potrzebę ich prowadzenia powinny determinować doraźne



Rys. 3.6. Formy ćwiczeń dowództw i sztabów sił powietrznych z wykorzystaniem systemów satelitarnych.



Rys. 3.7. Algorytm szkolenia dowództw i sztabów sił powietrznych z wykorzystaniem systemów satelitarnych.

Tabela 3.3.

Program nauczania wykorzystywania systemów satelitarnych przez dowództwa i sztaby sił powietrznych (Projekt)

Dział teorii	Numer tematu	Temat zajęć	Forma zajęć	Czas (h)	Uwagi
1	2	3	4	5	6
Uwarunkowania wykorzystania przestrzeni kosmicznej przez siły powietrzne	1	Uwarunkowania fizyczne i prawne wykorzystywania przestrzeni kosmicznej	Wykład	2	Wskazać literaturę do samodzielnego studiowania
	2	Możliwości wykorzystywania przestrzeni kosmicznej do celów militarnych	Konwersatorium	4	Konwersatorium poprzedzić wręczeniem tez (około 14 dni wcześniej)
Rozpoznawcze systemy satelitarne	3	Rys historyczny rozwoju systemów kosmicznych, ze szczególnym uwzględnieniem systemów satelitarnych	Wykład	2	
	4	Satelity rozpoznania ogólnego, szczegółowego i ostrzegawcze	Wykład	2	
	5	Możliwości wykorzystywania rozpoznania satelitarnego przez siły powietrzne	Konwersatorium	4	Konwersatorium poprzedzić wręczeniem tez (około 14 dni wcześniej)
	6	Programowanie działań bojowych sił powietrznych (związku taktycznego, oddziału) z wykorzystaniem informacji satelitarnych	Zajęcia praktyczne	6	Jak wyżej. Zajęcia przeprowadzić po udostępnieniu sieci rozpoznania satelitarnego

1	2	3	4	5	6
Nawigacyjne systemy satelitarne	7	Nawigacyjne systemy satelitarne	Wykład	2	
	8	Możliwości wykorzystywania nawigacyjnych systemów satelitarnych przez siły powietrzne	Konwersatorium	4	
	9	Programowanie działań bojowych sił powietrznych (związku taktycznego, oddziału) z wykorzystaniem satelitów nawigacyjnych	Zajęcia praktyczne	6	
Satelitarne systemy łączności	10	Satelitarne systemy łączności	Wykład	2	
	11	Możliwości wykorzystania satelitarnych systemów łączności w dowodzeniu siłami powietrznymi (związkiem taktycznym, oddziałem)	Konwersatorium	4	Zajęcia przeprowadzić po uzyskaniu dostępu do satelitarnych systemów łączności NATO
Satelitarne systemy meteorologiczne	12	Budowa i funkcjonowanie satelitarnych systemów meteorologicznych	Wykład	2	
	13	Możliwości wykorzystywania satelitarnych systemów meteorologicznych przez siły powietrzne (związki taktyczne, oddziały)	Konwersatorium	4	
Metodyka wypracowania decyzji i stawiania zadań	14	Ocena sytuacji po otrzymaniu zadania bojowego z uwzględnieniem systemów satelitarnych nieprzyjaciela i własnych	Wykład	2	
	15	Ocena sytuacji po otrzymaniu zadania od przełożonego	Zajęcia praktyczne	6	Na szczeblu, którego dowództwo i sztab są szkoleni (SP, ZT, O)

1	2	3	4	5	6
	16	Formułowanie decyzji do działań bojowych podległych sił z wykorzystaniem systemów satelitarnych	Zajęcia praktyczne	6	Na szczeblu, którego dowództwo i sztab są szkoleni (SP, ZT, O)
	17	Formułowanie i stawianie zadań podwładnym z zabezpieczeniem ich działań za pomocą systemów satelitarnych	Zajęcia praktyczne	6	-"-

okoliczności, na przykład poszukiwanie (eksperymentowanie) nowych rozwiązań z wykorzystaniem starego sprzętu. Może być też cel przeciwny - eksperymentowanie w związku z wprowadzeniem do użytku sprzętu nowego.

Ćwiczenia dowódczo - sztabowe (ewentualnie z wojskami) w ramach paktu NATO, z perspektywy 1997 roku wydają się wizją odległą. Nie muszą one od początku mieć wielkiego rozmachu[112]. Jedno jawi się jako pewnik. Przed ćwiczeniami na szczeblu NATO musimy najpierw uczyć się we własnym środowisku. Ćwiczenia układowe będą ukoronowaniem wcześniejszych wysiłków szkoleniowych, a pogląd ten zespół autorski weryfikował w środowiskach eksperckich.

*

* *

[112] W dwóch kolejnych latach Wydział WL i OP AON prowadził ćwiczenia dowódczo - sztabowe we współdziałaniu z oficerami Akademii Dowodzenia RFN. Przewiduje się kontynuowanie tej formy współpracy w przyszłości (ćwiczenie - jeden rok w Polsce, kolejny w RFN). Systemów satelitarnych w tych ćwiczeniach nie stosowano. Można mieć nadzieje, że wkrótce będziemy rozwiązywali i te zagadnienia.

ZAKOŃCZENIE

Środowisko działań sił powietrznych graniczy bezpośrednio z Kosmosem. Nie ma nawet zdefiniowanej granicy pomiędzy atmosferą ziemską a kosmosem. Wobec tego wiedza o Kosmosie, a zwłaszcza systemach satelitarnych, jest niezbędna całym siłom zbrojnym, szczególnie siłom powietrznym.

W latach siedemdziesiątych wydawało się, że grozi ludzkości militaryzacja Kosmosu. Ostatnie dziesięciolecie dowiodło, że zagrożenie to znikło, a przyczyną tego były niepowodzenia i monstrualne koszta poniesione przez USA na Inicjatywę Obrony Strategicznej oraz rozpad byłego ZSRR. Tym niemniej prawie 40 lat funkcjonują w Kosmosie systemy satelitarne odgrywające wielką rolę w badaniach naukowych i postępie cywilizacyjnym, ale także wywierające wpływ na przemiany jakościowe sztuki wojennej. Nie tylko strategii lecz również taktyki.

Przynajmniej większość Polaków chce tego i wierzy w rychłe przyjęcie naszego Kraju do NATO. Armia nasza, w tym siły powietrzne, muszą być kompatybilne (współoperacyjnie)[113] do standardów osiągniętych przez armie krajów należących do NATO. Nie możemy dalej ignorować wiedzy o satelitach logistycznych i umiejętności ich wykorzystywania w szkoleniu pokojowym oraz w ewentualnej wojnie. W wielu dziedzinach szkolenia nasze Siły Powietrzne nie ustępują najlepszym. Natomiast problematyka satelitarna jest naszą przysłowiową „piętą Achillesa". Naszego zacofania w tej dziedzinie nie da się kwestionować. Musimy w miarę szybko eliminować to zacofanie.

---

[113] Współoperacyjność - nowe wyrażenie, po części tożsame znaczeniowo ale i różne od określeń „kompatybilność", „odpowiedniość", „zbieżność", „dopasowalność". W krajach NATO wielu określeń w języku angielskim nie tłumaczy się na narodowe. Z obawy przed zniekształceniem. Używa się pojęć nowych w oryginale angielskim.

BIBLIOGRAFIA

1. Astronomia popularna, opracowanie zbiorowe pod redakcją S. Piotrowskiego, wyd. II, Warszawa 1972.
2. Gatland K., Kosmiczeskaja tiechnika, tłumaczenie z angielskiego, Moskwa 1986.
3. Halliday R., Resnick R., Fizyka, Warszawa 1974.
4. Outer Space - Battlefield of the Future?, Stockholm Internalional Peace Research Institute, London 1978.
5. Knippind F., Wojny gwiezdne, MON, 1986.
6. Schneigert Z., Zagrożenie z kosmosu, Warszawa 1987.
7. Stachlewski W., Zubek A., Satelitarne badania Ziemi, Warszawa 1985.
8. Szatałow W.A., Riebrow M.F., Waskiewicz E.A., K zwiezdam, Moskwa 1986.
9. Sztab Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, Metodyka szkolenia operacyjno - taktycznego w Wojskach Lotniczych i Obrony Powietrznej, Warszawa 1977.
10. Świątnicki W., Świątnicki A., Wojna w Kosmosie?, MON, 1990.
11. Wojskowe aspekty wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Sztab Gen. WP, Warszawa 1974.

Załącznik 1

CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA DOSTĘPNYCH WSKAŹNIKÓW NAWIGACJI SATELITARNEJ PRZYDATNYCH SIŁOM POWIETRZNYM

W połowie XX wieku pasjonowano się tworzeniem straszliwej broni jądrowej (atomowej, wodorowej), oraz rakietowych systemów jej przenoszenia. W dekadach kolejnych usiłowano stworzyć systemy obrony przed zagrożeniem rakietowo - jądrowym i tak obok badań Kosmosu, szukano tam możliwości stworzenia tarczy obronnej. Program amerykański „Inicjatywa Obrony Strategicznej" (SDI) nie przyniósł zamierzonych efektów, ale zdopingował rozwój systemów satelitarnych, dających trudne do przecenienia korzyści cywilne i wojskowe. Jednym z trzech systemów satelitarnych użytkowanych praktycznie przez narody kuli ziemskiej są systemy nawigacji satelitarnej. Każdy człowiek, dysponujący odpowiednią sumą pieniędzy (poziom 1000 $ i więcej) może stać się posiadaczem odbiornika współpracującego z systemem GPS NAVSTAR. Nas interesują odbiorniki przydatne dla sił powietrznych.

Na rynkach światowych oferowana jest szeroka gama rodzajów i typów odbiorników funkcjonujących w systemie GPS. Zdaniem zespołu autorskiego na uwagę zasługują przede wszystkim odbiorniki" TRIMBLE, MOTOROLA, GARMIN, MAGELLAN, ASHTECH. Różnice są konstrukcyjne, lecz istota pracy jest identyczna. Spełniają też podobne funkcje z tym, że w zależności od rozwiązań konstrukcyjnych, odbiornik może mieć większe możliwości i szerszą bazę danych. Stąd te i większe zastosowania. Eksponujemy odbiorniki pokładowe których gabaryty zapewniają zaadoptowanie na aktualnie eksploatowane statki powietrzne. Kierowano się parametrem decydującym o

właściwościach eksploatacyjnych odbiornika do GPS, a mianowicie liczbą jego torów odbiorczych. Niejako trzecim kryterium jest sposób prezentowania wskazań (informacji) oraz oprogramowanie umożliwiające dokonywanie różnych obliczeń nawigacyjnych (wprowadzenie punktów zmiany kierunku, obliczanie odległości ortodromicznej, loksodromicznej czy na przykład LBO).

W zależności od konstrukcji pokładowe odbiorniki GPS NAVSTAR mogą odbierać tylko kod cywilny C/A (ogólnie dostępny) lub P/A (militarny). Obecnie Siły Powietrzne RP mogą użytkować odbiorniki tylko z kodem cywilnym. Odbiorniki pokładowe. Określają one położenie przestrzenne, parametry nawigacyjne i zobrazowują je na odpowiednim wyświetlaczu. Odbiornik określa parametry nawigacyjne, kiedy zostanie wyłączone (awaria) zasilanie na pokładzie statku powietrznego (W zależności od typu odbiornika od 40 minut do 6 godzin).

Zestaw odbiorników składa się zwykle z następujących elementów: odbiornika; anteny; przewodu antenowego; łączy zasilających; łączy komputerowych.

Komplet odbiornika pokładowego GPS Navstar wyposażony jest w dwa zbiory informacji: opis techniczny; dokumentację użytkownika.

Pulpit użytkownika tworzą dwa elementy funkcjonalne:

1. Ekran - wyświetlacz ciekłokrystalicznego LCD, którego rozdzielczość jest uzależniona od przeznaczenia i wielkości. Na ekranie zobrazowywane są parametry i inne informacje.
2. Klawiatura. Służy ona przede wszystkim do komunikacji na linii użytkownik - odbiornik pokładowy.

Pod względem przeznaczenia i konstrukcji odbiorniki GPS zaliczane są do jednej z trzech grup:

1. Odbiorniki o pracy ciągłej, które zwykle zawierają pięć lub więcej kanałów, z których każdy jest przeznaczony do śledzenia toru lotu jednego satelity.

Odbiorniki o takiej właśnie konstrukcji posiadają najlepsze charakterystyki działania, ale są jednocześnie duże, drogie i pobierają więcej prądu. Odbiorniki tego rodzaju nadają się dla statków powietrznych o dużej dynamice manewrowania.

2. Odbiorniki multipleksowe jednym kanałem namierzają kolejno pięć satelitów z prędkością czterech milisekund. Zapewniają szybka aktualizację danych, ale ich wadą jest obniżona zdolność odbierania sygnałów przy małych kątach wzniesienia satelitów nad horyzontem[114]
3. Odbiorniki sekwencyjne posiadają jeden lub dwa kanały, które namierzają kolejno dużą ilość satelitów, ale o wiele wolniej niż odbiorniki multipleksowe. Posiadają one dostateczną czułość do śledzenia sygnałów, nie są drogie, ale nie zapewniają szybkiej aktualizacji namiarów. Cecha ostatnia dyskwalifikuje ich przydatność na samolotach.

Celem uzyskania wiedzy o uwarunkowaniach wykorzystywania wskaźników nawigacji satelitarnej trzeba wniknąć w niektóre szczegóły ich budowy, eksploatacji i parametry. Ten motyw skłonił nas do zamieszczenia poniższych opisów.

1. Odbiornik GARMIN GPS 150

Zestaw ten obejmuje: odbiornik GPS 150, baterie wielokrotnego użytku, zasilacz sieciowy 115/230 V, zestaw antenowy, okablowanie oraz moduł umożliwiający podłączenie do zewnętrznego wskaźnika, autopilota lub wyświetlacza. Dodatkowe wyposażenie umożliwia podłączenie odbiornika do komputera osobistego i użycie go jako dodatkowej pamięci. Producent wytwarza zestaw w 3 opcjach, stosownie do wymagań odbiorcy. Różnią się one właściwościami odbiornika.

---

[114] Horyzont - wielkie koło na sferze niebieskiej prostopadłe do pionu. Encyklopedia powszechna PWN. Warszawa 1974. T. 2, s. 235

1. Zestaw z odbiornikiem o pracy ciągłej przydatny dla szybko poruszających się obiektów (samolotów).
2. Zestaw z odbiornikiem sekwencyjnym efektywny przy dużej prędkości ruchu użytkownika.
3. Zestaw z odbiornikiem sekwencyjnym efektywny przy małej prędkości ruchu.

Podstawowe parametry odbiornika:

- Masa 0,96 kg łącznie z baterią.
- Rozmiary 159x147x51 mm.
- Liczba odbieranych satelitów - do ośmiu.
- Czas uzyskiwania danych - 2 min. (w rodzaju pracy 2D, w którym samemu należy wpisać wysokość), 2,5 min. (w rodzaju pracy 3D, w którym są dostępne nie mniej niż cztery satelity, obliczana jest wysokość lotu oraz szerokość i długość geograficzna), 15 s (w rodzaju pracy Wyuick Fix, tzw. „ciepły start" z uwzględnieniem pozycji satelity na orbicie w danej chwili).
- Częstość aktualizacji danych, co sekundę (w sposób ciągły).
- Dokładność określania współrzędnych - 15 metrów.
- Dokładność pomiaru prędkości 0,2 km/h.
- Odbiornik spełnia funkcję przy ruchu z prędkością do 1200 km/h.
- Dopuszczalne przeciążenie $g \cong 3$.

W pamięci odbiornika gromadzić można dane o lotniskach, VOR, NDB, WPT, przecięciach dróg lotniczych (INTS) oraz innych punktach trasy, ogółem - do 100 punktów. Wprowadzenie współrzędnych położenia WPT do pamięci urządzenia może odbywać się trzema sposobami:

- przez wpisanie współrzędnych geograficznych WPT;
- przez umiejscowienie nowego WPT w stosunku do WPT już znajdującego się w pamięci urządzenia (podanie NKDM oraz odległości od starego do nowego WPT);

- przez umiejscowienie nowego WPT w stosunku do aktualnej własnej pozycji. Przez wpisanie NKDM i odległości z obecnej pozycji do definiowania WPT.

Odbiornik Garmin GPS 150 umożliwia zaprogramowanie do 10 tras (0-9) po 0 WPT każda, oraz wykonywanie lotów w kolejności przyjętej podczas programowania, a także w kolejności odwrotnej. Zawsze aktualnie wykorzystuje się do nawigowania trasę zaprogramowaną pod numerem). Trasa jest wyświetlana na czytniku i w czasie lotu wskazywane są kolejne odcinki drogi po przelocie kolejnych punktów zmiany kierunku (PZR). Jeżeli powstaje konieczność zmiany zaplanowanej trasy lotu, wystarczy w odpowiednim miejscu trasy wpisać nazwę wcześniej zdefiniowanego PZK. Wówczas pozostałe PZK zostaną odpowiednio przesunięte. Tą samą metodą usuwa się zbędne punkty trasy. Samo tworzenie trasy odbywa się przez wywołanie z pamięci „pustego miejsca" w katalogu tras i wprowadzenie nazw (maksymalnie dziewięciu) kolejnych PZK tworzących trasę.

Garmin GPS 150 ma szeroko rozbudowane opcje nawigacyjne, które można wykorzystywać po zdefiniowaniu trasy. Umożliwiają one:

- uzyskiwanie informacji potrzebnych do nawigowania po NLD, to jest wskazywanie za pomocą strzałek czy lotu wykonywany jest do WPT, czy też już po jego przekroczeniu, ostrzeganie (alarmowanie) w razie przekroczenia zaprogramowanej w pamięci (dopuszczalnej) odchyłki od NLD;
- powiadamianie (ostrzeganie) o zbliżaniu się do PZK, samodzielne zaprogramowanie wielkości strefy sygnalizowanej (niebezpiecznej) wokół danego PZK;
- określanie aktualnej pozycji oraz wyświetlanie na czytniku prędkości podróżnej, wysokości lotu (obliczoną względem średniego poziomu morza - gdy jest włączony zakres pracy 3 D), rzeczywistego kąta drogi oraz aktualnych współrzędnych geograficznych);

- automatyczne zapamiętywanie współrzędnych statku powietrznego;
- planowanie trasy lotu, w tym wykonywanie obliczeń inżynieryjno - nawigacyjnych, planowanie rozchodu paliwa, obliczanie profilu lotu, przeliczanie prędkości lotu, obliczanie wysokości z uwzględnieniem poprawki temperaturowej i zmian gęstości powietrza;
- nawigowanie samolotu równolegle do NLD, z jej lewej lub prawej strony na wybranej odległości (LBO);
- dowolne wybieranie przez operatora programującego zestaw odbiornika zmian parametrów w jakim ma się odbywać nawigowanie; pozycję można określić w stopniach, minutach lub sekundach, odległość i prędkość - w milach morskich i węzłach, milach lądowych i milach na godzinę, kilometrach i kilometrach na godzinę, wysokość - w stopach lub metrach, prędkość zniżania - w stopach na minutę lub w metrach na sekundę, temperaturę - w stopniach Celsjusza lub stopniach Fahrenheita.

Zestaw odbiornika jest urządzeniem prostym w obsłudze, uruchomienie kilku przycisków powoduje natychmiastowe wyświetlenie żądanych danych nawigacyjnych. Wskazuje aktualną pozycję samolotu podczas całego lotu, a jeśli potrzeba to także rejestruje w pamięci pozycję, datę i czas.

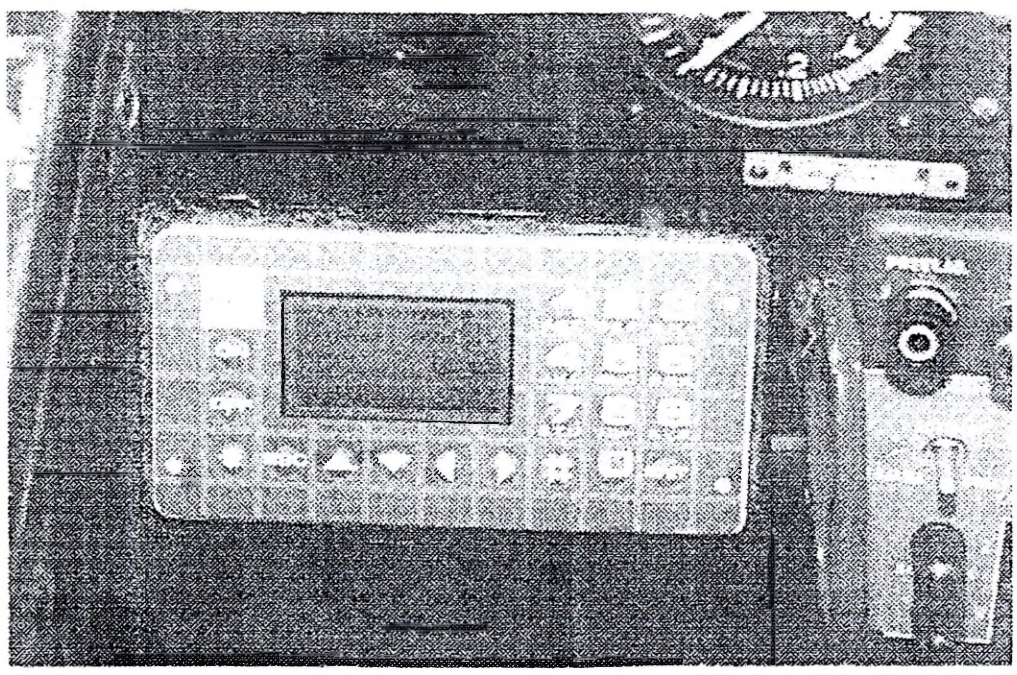
Powyższe funkcje dają możliwość kontrolowania trasy lotu statku powietrznego oraz czasu przybycia nad wskazane cele. Są to dane niezbędne do obiektywnej kontroli lotu, pomocne do prowadzenia rozpoznania i określania pozycji nowo wykrytego obiektu (załoga nie traci czasu na analizę mapy, lecz może skupić uwagę na dokładnym określeniu charakteru celu).

Odbiorniki Germin GPS 150 mają szereg wad. Podczas manewrów statków powietrznych dochodzi do „zrywania łączności" z satelitami. Zaletą natomiast jego jest możliwość zaprogramowania wszystkich elementów lotu i danych, potrzebnych do jego zabezpieczenia, na dyskietce o rozmiarach 25x35x3 mm. Wadą zaś to, że pomiary można przeprowadzać przy prędkości

postępowej nie większej niż 10 km/godzinę, na wysokości lotu nie mniejszej niż 3 m. Dokładność określania współrzędnych (eksperyment ze śmigłowcem W-3 „Sokół") około 150 m. Odporność na przeciążenia stanowczo zbyt mała. Zestaw GPS-150, nie jest kompatybilny z naziemnymi stacjami referencyjnymi i nie może współpracować z nawigacyjnym systemem inercyjnym.

2. Uniwersalny odbiornik GPS NAVI NT 04

Odbiornik NT 04 określa współrzędne, prędkość i kurs obiektu z jakim się porusza w dowolnym punkcie globu ziemskiego, bez względu na warunki atmosferyczne. Pomiary wykonywane są co sekundę. W wersji standardowej impuls sekundowy jest zgodny ze skalą UTC oraz wskazuje dokładność wykonywanego pomiaru. Przystosowany do wykorzystywania stacji referencyjnych, a ponadto określa efemerydę, almanach i konfigurację systemu. Umożliwia wybór minimalnej elewacji, zestawu satelitów i układu odniesienia - rys.1.



Rys.1. Odbiornik nawigacyjny GPS typu NT 04 zamontowany w I kabinie samolotu TS-11 „ISKRA"

Odbiornik ma możliwość określania współrzędnych: XYZ i φ, λ, h w układach: WGS 84, 42, NAD-27, NAD-83. Zakres pomiaru wysokości od -300 m do +15000 m, przy maksymalnej prędkości statku powietrznego do 1500 km/godz. Maksymalne przyśpieszenie: 2 g.

Opcje odbiornika	Dane techniczne:	
CI: komputer interface, łącze komputerowe	Częstotliwość odbioru	L_1 1.57542 GHz
FA: flatt antena, płaska, do zastosowań lotniczych	Kod:	C/A
LC: long cable, kabel antenowy 30 m	Ilość kanałów:	10 równoległych
TS: Przystosowany do współpracy z nadajnikiem sygnałów pozycyjnych	Typowy czas akwizycji:	< 75 sekund
DG: differential GPS, przystosowanie do pracy w systemie różnicowym	Typowy czas reakwizycji:	< 30 sekund
TP: time pulse, dostarczany impuls sekundowy zgodny ze skalą czasu UTC	Typowa dokładność (brak SA, HDOP<2)	
HH: hand held, wyposażenie w pokrowiec z uprzężą	Współrzędne płaskie:	25 m RMS/2D
MT: mounted, z podstawą - uchwytem	Wysokość:	50 m RMS
Wymiary (szer.x wys. x dł.):	Prędkość:	0.4 km/h RMS
Ciężar z akumulatorami:		160x80x85 mm
Temperatura pracy:		900 g
Zasilanie zewnętrzne:		-20..+40°C
Czas pracy przy zasilaniu z akumulatorów		9..40V DC
Złącza:		6 h
		TNC (antena), 9 pin (zasilanie, I/O)

Czas pracy odbiornika z własnej baterii akumulatorów wynosi cztery godziny. Istotną cechą odbiornika NT 04 jest możliwość wprowadzania danych na port szeregowy RS 232 co pozwala na współpracę odbiornika z PC i innymi urządzeniami. Podstawowe parametry portu szeregowego odbiornika NT 04 są następujące:

- format danych wyjściowych	- NMEA 0183
- szybkość transmisji	- 2400 do 9600 baudów
- okres przetwarzania pełnej sekwencji wyjściowej	- co 1 s lub więcej (do 30 s, 60 s)
- rodzaj wysyłanych danych	- położenie (3 wymiary w wybranych układach odniesienia, czas, kurs, prędkość).

Odbiornik NT 04 dostarcza tylko podstawowe dane nawigacyjne, przy czym wiele jego właściwości eliminuje jego przydatność dla sił powietrznych, w tym szczególnie:

- zrywanie kontaktu z satelitami przy energicznych manewrach;
- bardzo słaba widoczność napisów na ekranie nawigacyjnym ze względu na małą wielkość ekranu (istnieje możliwość błędnego odczytu);
- brak możliwości zaprogramowania na ziemi całej trasy (misji) i wobec tego trzeba czynności te wykonywać w powietrzu;
- brak informacji na ekranie o parametrach lotu (prędkości i czasie dolotu do celu);
- brak możliwości zapamiętywania przez urządzenie potrzebnych punktów ze zbioru, bez konieczności przeszukiwania;
- brak informacji o przelocie zaprogramowanego punktu;
- brak informacji o wartości poprawek LBO i KBO;
- brak informacji o potrzebnym kursie do PZK;
- brak możliwości wprowadzenia pełnych nazw WPT, PZK, KPT (istnieje duże prawdopodobieństwo pomyłki);
- brak wyświetlania pełnego czasu, h, min., sek.) oraz jednostek prędkości.

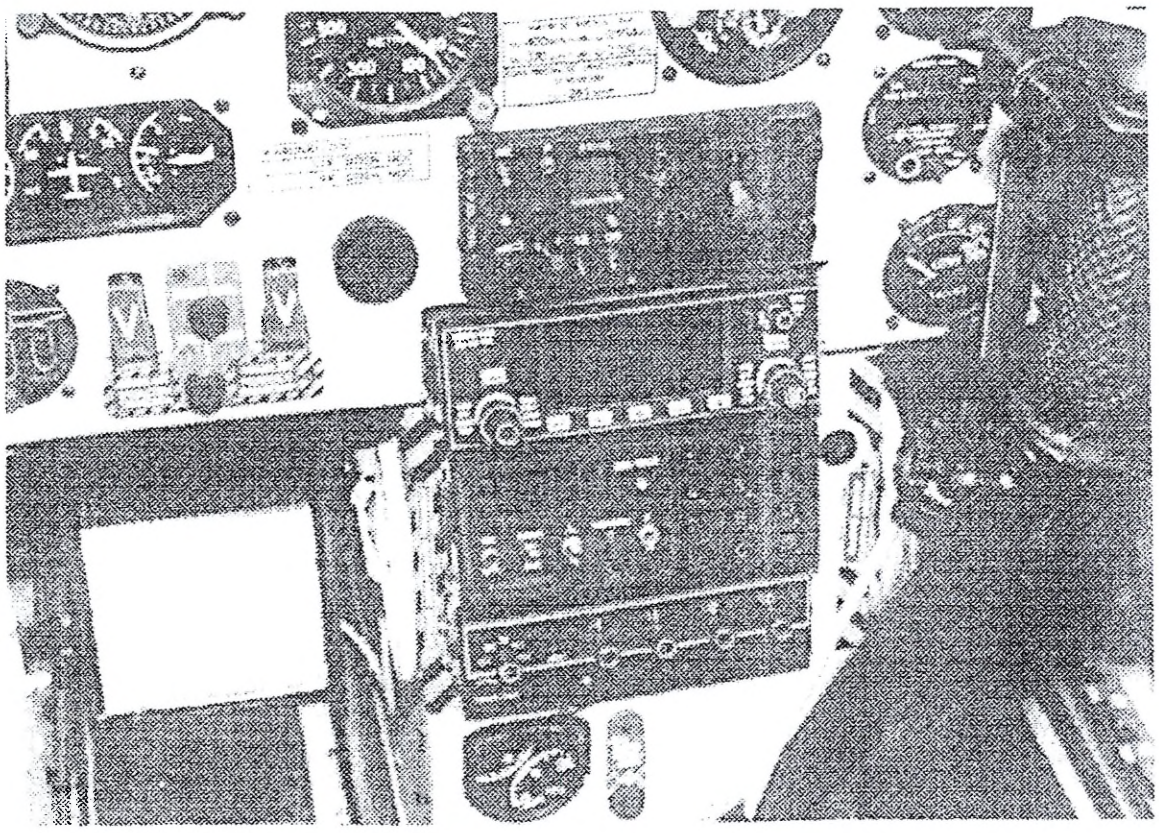
3. System nawigacji satelitarnej BENDIX/KING KLN 90

KLN 90 jest względnie nowoczesnym urządzeniem nawigacyjnym, zapewniającym nawigowanie statku powietrznego z dokładnością w większości krajów świata. Podstawowa konfiguracja systemu KLN 90 składa się z zamontowanego na tablicy przyrządów odbiornika (komputera) nawigacyjnego GPS KLN 90, kasety bazy danych i anteny. Do pracy urządzenia niezbędny jest parametr wejściowy wysokości w celu uzyskania pełnych zdolności nawigacyjnych. Z KLN 90 współpracują zewnętrzne wskaźniki odchylenia od kursu CDI, HSI, RMI, system zarządzania paliwem, system danych powietrznych, awaryjny nadajnik położenia (ELT - Emergency Lokator Transmitte) ARNAV ELS-10, autopilot i zewnętrzne sygnalizatory. Blok KLN 90 zawiera odbiornik GPS, komputer nawigacyjny, wskaźnik katodowy CRT i elementy regulacyjne i sterujące. Zawiera także wyjmowaną kasetę bazy danych. Kaseta bazy danych jest pamięcią elektroniczną zawierającą olbrzymią ilość informacji o lotniskach, systemach nawigacyjnych, punktach przecięcia tras, specjalnych obszarach i innych danych cennych dla załogi. Baza danych może być z łatwością uaktualniana przez użytkownika za pomocą komputera typu „laptop" i dostarczanych przez firmę Bendix/King 3,5 - calowych dyskietek, które mogą zawierać różne programy i bazy danych. Antena urządzenia KA 91 jest anteną płaską i musi być montowana zawsze w górnej części kadłuba.

KLN 90 ma wyjścia analogowe, przeznaczone do sterowania wskaźnikami dyrektywnymi lewo - prawo w większości mechanicznych wskaźników CDI i HSI. Ponadto ma wyjścia cyfrowe do automatycznego sterowania wskazówką kursu i wyświetlania punktów drogi na wskaźnikach sytuacji horyzontalnej firmy Beddix/King EHI40 i EHI 50.

Do KLN 90 mogą być przyłączane pracujące w trybie NAV systemy sterowania lotem firmy Benix/King oraz autopilot tej firmy.

Wysokość może być dostarcza do KLN 90 z wysokościomierza kodującego (ze skalą lub bez skali), lub z jednego z komputerów danych powietrznych. Wysokość jest używana jako pomoc w określeniu położenia, jeżeli widoczna jest nie wystarczająca ilość satelitów. Wysokość jest także używana przy wielu innych funkcjach takich, jak określanie wysokości nad lotniskiem, alarmowanie w przestrzeni trójwymiarowej przy specjalnych zastosowaniach.



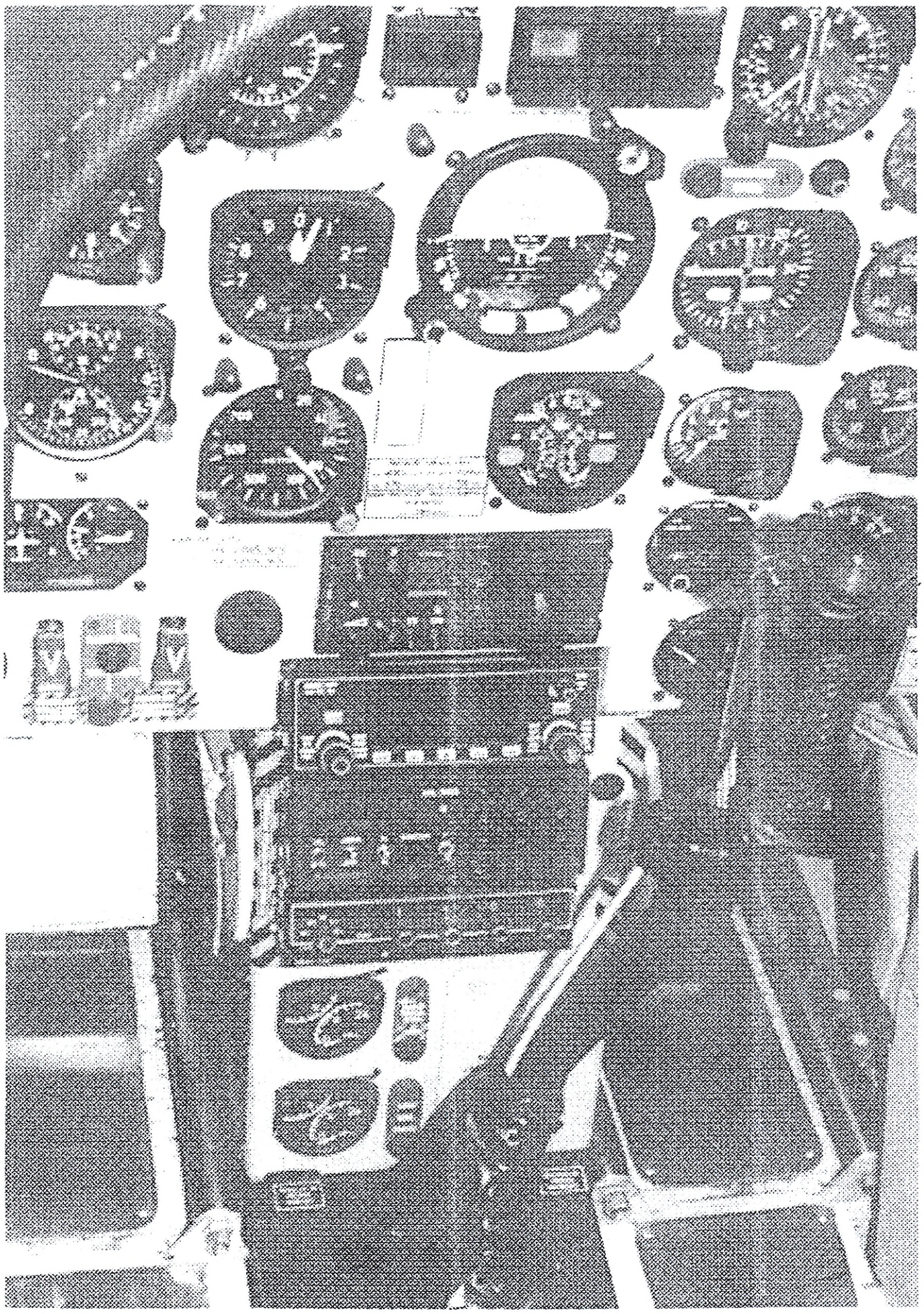
Fot. 1. Odbiornik systemu nawigacji satelitarnej Bendix/King KLN 90

Obszerna baza danych KLN 90 spełnia dwie zasadnicze funkcje i ułatwia pilotowi korzystanie z GPS. Zamiast odszukiwać długość i szerokość geograficzną punktu drogi, a następnie wprowadzać ją do komputera, dzięki bazie danych czyni się to za pomocą prostego identyfikatora punktu drogi. Na podstawie identyfikatora w bazie danych odszukuje się i wyświetla długość i szerokość geograficzną punktu drogi. Baza danych pozwala na uniknięcie monotonnego wprowadzania wielu współrzędnych geograficznych i zmniejsza

znacznie możliwość pomyłki. Drugą funkcją bazy danych jest przechowywanie i umożliwianie łatwego dostępu do dużej ilości informacji lotniczych. Istnieją dwa rodzaje bazy danych KLN 90, którym są przypisane dwa obszary porywane przez te bazy. Zapewniają one informację lotniczą dla całego świata. W szczególności, obie bazy danych zawierają kompletne informacje o radiolatarniach VOR, NDB i minimalnych wysokościach bezpiecznych (MSA - Minimum Safe Altitude) nad różnymi kontynentami. Dla obszaru pierwotnego baza danych zawiera wszystkie cywilne i wojskowe lotniska o długości pasa co najmniej 1000 stóp. Dla obszarów wtórnych baza danych dostarcza informacji o lotniskach z pasami utwardzonymi o długości co najmniej 3000 stóp. Częstotliwości i informacje o pasach są podawane tylko dla obszarów pierwotnych. Baza danych zawiera również informacje o punktach przecięcia tras, centralach kontroli lotu, częstotliwościach stanowisk obsługi lotów i przestrzeniach specjalnych. Może ona być także dopełniona 250 punktami drogi zdefiniowanymi przez użytkownika.

KLN 90 ma dwa tryby pracy: Przelot - Odcinek (Enroute - Leg) i Przelot - Kurs OBS (EDnroute - OBS).

Odbiornik GPS w KLN 90 może używać sygnałów od ośmiu satelitów w celu określania pozycji. Poprawna pozycja może być określona przy użyciu tylko czterech satelitów lub nawet trzech, jeśli jest podawana wysokość. Jeśli satelity są rozmieszczone w stosunku do samolotu tak, aby istniała odpowiednia „geometria", to wówczas uzyskuje się dokładne namiary (współrzędne). Urządzenie pracuje w kodzie C/A w dziesięciu równoległych kanałach. Czas akwizycji wynosi 75 s, natomiast reakwizycji 30 s. Dokładność podawania współrzędnych płaskich w rodzaju pracy 2D wynosi 25 m, natomiast w rodzaju pracy 3D - 30 m (według instrukcji, w praktyce zawiera się ona w granicach między 100-150 m). Prędkość wyliczana jest z błędem 0,3 km/godz., natomiast wysokość 30 m.



Fot.2. Widok ogólny odbiornika nawigacyjnego GPS KLN 90 w pierwszej kabinie samolotu PZL-130 „Orlik".

Do zasadniczych wad systemu nawigacji satelitarnej Bendix/King KLN90 trzeba zaliczyć brak możliwości zaadoptowania go na dowolny typ statku powietrznego bez zmiany jego avioniki oraz niekompatybilność z systemem różnicowym (brak możliwości włączenia do sieci ze stacjami referencyjnymi). Cechy zestawu wskazują, że był on tworzony dla samolotów transportowych o zasięgu międzykontynentalnym.

4. Trimble Flightmate GPS firmy Trimble Navigation

Wyjątkowo prosty w obsłudze trzykanałowy, cyfrowy odbiornik GPS zbudowany na bazie 32 bitowego mikroprocesora. Działać może z wykorzystaniem anteny wewnętrznej lub zewnętrznej.Pracuje w oparciu o satelity nawigacyjne systemu GPS (Global Positiong System). Nawet tylko trzy sygnały satelitów umożliwiają dokonywanie namiarów. Odbiornik Trimble Flightmate jest zdolny rozwiązywać następujące zadania pilotażowo - nawigatorskie:

- rejestrować zamierzoną i rzeczywistą trasę lotu;
- określać wielkość bocznego odchylenia od zadanej linii drogi;
- wprowadzić w każdym momencie lotu współrzędne punktu, nad którym znajduje się statek powietrzny;
- bieżąco określać miejsce znajdowania się statku powietrznego w stosunku do 10 najbliższych lotnisk;
- określać pionową ścieżkę zniżania, w celu zajęcia potrzebnej wysokości na niezbędnej rubieży (nad punktem);
- tworzyć nowe niezbędne punkty orientacyjne także bez znajomości wartości współrzędnych geograficznych;
- rejestrować przebieg lotu pod względem drogi,czasu,wysokości i prędkości
- korzystać z danych kalendarzowych oraz wykorzystywać odbiornik jako zegarek lub stoper;



Rys.2. Widok ogólny odbiornika Trimble Flightmate

- wybierać do pracy warianty wskazań na ekranie stosowne do potrzeb użytkownika, jeśli chodzi np.: o rodzaje użytych jednostek (km, mile, węzły, km/h, warianty czasów UTC lub lokalne, stopy, metry itp.);
- wartość kątów odnosić do północy magnetycznej lub geograficznej;
- określać czas wschodu i zachodu słońca dla danej strefy geograficznej;
- rejestrować aktualne dane o satelitach, ich położeniu i elewacji;
- obliczać składową wiatru czołowego i prędkość rzeczywistą.

Powyższe zadania pilotażowo-nawigacyjne można rozwiązywać w ramach siedmiu programów, które nazywane są opcjami:

Opcja NAV (nawigacja) - obejmuje funkcje, niezbędne w nawigacji w czasie lotów do celu i z powrotem. Funkcje te są wyświetlane na ekranie:

Multi Nav - pokazuje informacje niezbędne do nawigowania w określonym przez pilota kierunku;

To - przedstawia odległość i kierunek docelowy do wybranego punktu, a także kąt skrętu na właściwy kurs;

Cros Track Error - pokazuje jak daleko zboczyliśmy z nakazanej trasy, oraz po której stronie się znajdujemy;

Verical Info - zawiera informacje o niezbędnej zmianie wysokości, aby dotrzeć do wybranego punktu.

Opcja WPT (punkt bazowy) - jest bazą danych, w pamięci której znajduje się zapisanych ponad 12000 lotnisk stałych i ponad 3000 punktów radionawigacyjnych tzw. VOR. Możliwe jest również wprowadzenie do pamięci w tej opcji pracy urządzenia 100 dowolnych punktów geograficznych, z których będziemy korzystać w przyszłości. Znajduje się tu 9 oddzielnych zbiorów danych;

Scan Waypoint - po wywołaniu zobrazowywane są punkty bazowe w kolejności alfabetycznej z określeniem odległości i kierunku;

Create User Waypoint - umożliwia utworzenie nowego punktu użytkownika;

Modifity User Waypoint - umożliwia modyfikacje punktu bazowego użytkownika i ewentualnie zmienić nazwę Rename User Waypoint;

Erase User Waypoint - usunięcie punktu bazowego użytkownika;

Erase All User Waypoint - usuwanie wszystkich punktów bazowych użytkownika;

Aveage & Save - obliczenie dokładnej pozycji przez uśrednienie kilku pomiarów;

Ofset Form - umożliwia utworzenie nowego punktu bazowego w oparciu o aktualną pozycję;

Copy Waypoint - pozwala na kopiowanie punktów bazowych z baz danych lotnisk stałych i VOR.

Opcja NEAR - automatycznie oblicza 10 punktów bazowych (np. lotnisk) najbliżej rozmieszczonych względem aktualnego położenia statku powietrznego;

Opcja TRIP - określa i zobrazowuje:

Totals - podaje odległość i czas jaki przebyliśmy podczas lotu;

Alitudes - pokazuje minimalną i maksymalną wysokość na danej trasie;

Made Good - informuje o trasie pomiędzy punktem, w którym została wykasowana pamięć komputera trasy, a aktualną pozycją;

Speed - określa obecną, średnią i maksymalną prędkość podczas całego lotu.

Opcja TIME - wykorzystuje zegar atomowy umieszczony na orbicie. Dzięki niemu i trzem wewnętrznym stoperom można niezwykle precyzyjnie obliczać czas, tak w formie czasu zliczanego w dół jak i w górę.

Opcja MORE - kontroluje działanie odbiornika. Na ekranach tej opcji można skonfigurować odbiornik, uzyskać informacje o sieci satelitów GPS, godzinach wschodu i zachodu słońca. Opcja ta podzielona jest na trzy części:

Customizing - do ustawiania rodzajów jednostek odległości, prędkości, czasu i rodzaju układu współrzędnych;

Calculation - do obliczania rzeczywistej prędkości statku powietrznego i innych niezbędnych obliczeń;

Set up - jest to konfiguracja, która kontroluje działanie odbiornika.

Opcja GPS - pokazuje aktualną pozycję z dokładnością 100-200 m i wysokość do 30 m przy widzialności trzech satelitów.

Odbiornik GPS Trimble Flightmate jest niewielki (8,4 x 17,3 x 3,3 cm), waży 379 g. Zasilany czterema bateriami typu R-6 lub prądem stałym o napięciu 9-36V. Czas wejścia do pracy nie przekracza dwóch minut. Wyposażenie zestawu uzupełnione jest o antenę zewnętrzną., zasilacz i trzymak montażowy.

Odbiornik ten jest wykorzystywany głównie w lotnictwie sportowym[115]. Największą jego zaleta są małe bagaryty i niezawodność działania - rys. 2. Posiada jednak i wady, do których zalicza się:

- zrywanie kontaktu z satelitami przy energiczniejszych manewrach;
- brak możliwości zaprogramowania na ziemi całej trasy (misji). Zachodzi więc potrzeba przeprogramowywania w powietrzu na kolejne PZK, co nie jest bezpieczne szczególnie podczas lotów na małej wysokości (odbiornik przyjmuje do pamięci tylko trzy punkty zwrotne, z czego jeden jest punktem wyjściowym);
- nie wyświetlanie pełnej nazwy punktu docelowego (istnieje więc możliwość pomyłki);
- brak możliwości kontroli wykonania zadania (urządzenie nie posiada opcji umożliwiającej wpisywanie do pamięci danych z wykonywanego lotu i późniejszą ich deszyfrację);
- w opcji NAV czas wyjścia nad obiekt podawany jest w godzinach i minutach. Odczuwa się brak wyświetlania sekund;

---

[115] Kosztował 1500$. To cena orientacyjna, gdyż znane jest zjawisko spadku ceny w miarę wzrostu produkcji i działania konkurencji.

- bardzo krótki czas pracy na zasilaniu bateryjnym (nie przekracza jednej godziny, a po włączeniu podświetlenia wskaźnika spada jeszcze o połowę);
- brak tych odbiorników w polskiej wersji językowej (pomimo występowania ich w innych wersjach językowych). Widocznie producent nie liczy na zbyt w Polsce.

5. Odbiornik nawigacji satelitarnej Magellan NAV 5000 PRO

Zestaw ten należy do grupy odbiorników ręcznych[116] (nazywanych także czasem grupą odbiorników topograficzno - nawigacyjnych - rys.3) NAV 5000 PRO ma małe rozmiary (21,5 cm x 9,0 cm x 5,0 cm) i małą wagę (0,85 kg z bateriami). Może być zasilany zewnętrznie lub integralnymi bateriami. Dokładność pojedynczego wyznaczenia wynosi 15 m (nie uwzględniając degradacji sygnału). Dzięki możliwości wprowadzenia poprawki RTCM (Magellan DBR) NAV 5000 PRO umożliwia osiągnięcie dokładności 5 m. Odbiornik musi jednak znajdować się w zasięgu działania stacji emitującej poprawki (referencyjnej). Dokładność tej metody zależy głównie od odległości między stacją a posiadaczem odbiornika. Przyjmuje się, że dla Magellana odległość ta nie powinna przekraczać 45 km (po jej przekroczeniu wartość wpływu poszczególnych błędów metodycznych zaczyna wydatnie wzrastać). Tak więc NAV 5000 PRO odbiera sygnał GPS, a jednocześnie Magellan DBR odbiera poprawki RTCM. Na tej podstawie wypracowana jest informacja różnicowa, a następnie wprowadzana do odbiornika i uwzględniana przy wyświetlaniu na displayu aktualnych danych dotyczących lotu. Magellan NAV 5000 PRO posiada rozbudowane opcje nawigacyjne, po zdefiniowaniu trasy (opcja ROUTE) można efektywnie wykorzystywać opcję NAV. Umożliwia ona uzyskiwanie:

---

[116] Można oceniać jego przydatność sztabom i naziemnym rodzajom wojsk sił powietrznych. Budowa wyraźnie nie jest adresowana na statki powietrzne.

- informacji XTE (Cross Traking Error), czyli prostopadłej odchyłki od zaplanowanej trasy ruchu (lotu);
- danych dotyczących niezbędnej zmiany kierunku lotu;
- informacji TTG (Time To Go), czyli czasu, który jest niezbędny do przebycia reszty trasy przy założeniu, że aktualna prędkość będzie zachowana.



Rys. 3. Widok ogólny odbiornika nawigacji satelitarnej Magellan NAV 5000 PRO

Do pamięci odbiornika można wprowadzić 10 tras (marszrut) (każda z nich po 20 odcinków, przy czym nie ma ograniczeń odległości). Do odbiornika wprowadzono też opcję VEL, pozwalającą określać prędkość i azymut geograficzny. Wyświetlana prędkość może być bieżącą lub efektem uśredniania prędkości z ostatnich dwudziestu lub stu dwudziestu sekund. Wartości azymutu mogą być także automatycznie korygowane przez uwzględnienie deklinacji magnetycznej.

Odbiornik Magellan NAV 5000 PRO jest przystosowany do współpracy z programem GeoLink amerykańskiej firmy GeoResearch. Program ten należy do grupy GIS (Systemy Informacji o Terenie) i umożliwiaja, np. bieżącą obserwację położenia samolotu na monitorze komputera typu „laptop" (aktualna trasa lotu może być przedstawiona na tle mapy numerycznej). Bez użycia oprogramowania GeoLin można po wylądowaniu, prześledzić trasę lotu na tle mapy numerycznej. Umożliwia to opcja konwersji wyników do formatu DXF (autoCAD) lub ASrcoInfo (jeden z najpopularniejszych programów typu GIS).

Odbiornik ten jest niezwykle czuły na przyspieszenia, efektem czego są duże błędy wyznaczania pozycji. Jego dokładność pogarsza się też znacznie podczas manewrów statku powietrznego, a w czasie wykonywania przechyłów (np. w zakręcie), może mieć miejsce czasowy (nawet do dwóch minut) zanik wyświetlanych danych.

W porównaniu z innymi zestawami nawigacji satelitarnej ten odbiornik reprezentuje najniższy poziom przydatności dla załóg statków powietrznych. Może być rekomendowany do zadań nawigacyjnych i topograficznych na ziemi.