S/9202

AKADEMIA
OBRONY NARODOWEJ

AON wewn. 5166/99

Prof. dr hab. Wacław ŚWIĄTNICKI

WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH PRZEZ SIŁY POWIETRZNE RP

52268

WARSZAWA 1999

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

AN wewn. 5166/99

Prof. dr hab. Wacław ŚWIĄTNICKI

WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH PRZEZ SIŁY POWIETRZNE RP

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 52268
II
Akademii Obrony Narodowej

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

Powielenie i oprawa
Akademia Obrony Narodowej
Wydział Wydawniczy
Zam. nr 509/99

WSTĘP

Wiek XX przechodzi do historii jako okres szczególny, wiek wyjątkowych osiągnięć cywilizacyjnych. Być może ludzie mają skłonność do wyolbrzymiania znaczenia „swego" wieku, nie da się jednak podważyć faktu, że w „naszym" stuleciu zdołano osiągnąć wyjątkowo dużo. Niedaremnie mówi się o rewolucji naukowo – technicznej w XX wieku. Wśród osiągnięć tego okresu na plan pierwszy wysuwa się praktyczne wyzwolenie energii jądrowej w 1945 r. oraz lądowanie ludzi na Księżycu w 1969 r. (sceptycy sądzą, że dokonania te trudno będzie przyćmić XXI wiekowi). Bez przesady można powiedzieć, iż oba te fakty należą do wydarzeń o największej wadze w całych dziejach ludzkości. Dokonując rozszczepienia i syntezy atomów pierwiastków, człowiek sforsował największą przeszkodę, jaka dzieliła go od wnętrza materii. Dalsze działania w tej sferze będą tylko pogłębianiem procesu przekształcania materii w myśl potrzeb człowieka.

Oczekuje się postępującej ekspansji w kosmosie. W następnym wieku człowiek niechybnie będzie stąpał po innych planetach. Ma szanse odbywać podróże poza Układ Słoneczny. Czy jednak będą to wydarzenia na miarę pierwszego lądowania na Księżycu? Trudno tu o jakiekolwiek porównania. Wszak każdy ma prawo stosować własne kryteria oceny. Naszym zdaniem nawet nawiązanie w przyszłości kontaktów z hipotetyczną cywilizacją kosmiczną nie mogłoby zdewaluować doniosłości kosmicznych osiągnięć XX wieku.

Innych dokonań, choć też wielkich, nie chcielibyśmy fetyszyzować. Zbudowanie radia przez Popowa i Marconiego w latach 1895-1897 jest porównywalne pod względem nowatorstwa z telewizją czy nawet radiolokacją, wynalezionymi w XX wieku. Natomiast nie dostrzegamy we wcześniejszych dziejach dokonań porównywalnych z techniką komputerową i automatyką, stanowiącymi wizytówkę naszego wieku. Komputery niebywale przyspieszają rozwój cywilizacji. To co kiedyś człowiek mógł zrobić w ciągu roku czy dziesięciu lat, za pomocą komputerów rozwiązuje w czasie minut lub godzin.

Ze zrozumiałych względów wskazujemy na dokonania w dziedzinie techniki. Nasz wiek obfitował jednak również w ogromne przemiany obejmujące stosunki polityczno – społeczne, oświatę i sferę materialną życia ludzi. Niebywale pogłębiło się samopoznanie człowieka. Przeszczepy ważnych organów, w tym serca ludzkiego, pokonanie bariery immunologicznej czy zapładnianie in vitro są przykładami postępu w medycynie. Postęp następował zresztą w każdej dziedzinie, chociaż w większości wypadków był on naturalna koleją rzeczy. Podobnie działo się od tysięcy lat.

Nasze stulecie zapisało jednak także wyjątkowo niechlubną kartę dziejów. Złożyły się na nią niewątpliwie obie wojny światowe, rozpoczęte w 1914 i w 1939 r. W pierwszej z nich wzięły udział 33 czołowe państwa świata, dysponujące 70 milionami żołnierzy. W ciągu 4 lat wojny zostało zabitych 10 milionów ludzi, a rany odniosło 20 milionów. W drugiej wojnie światowej uczestniczyło 61 państw, zamieszkiwanych ogółem przez 1700 milionów ludzi. Armie walczących państw liczyły 110 milionów żołnierzy. Poległo 55 milionów ludzi, a raniono 35 milionów.

Podczas drugiej wojny światowej po raz pierwszy mordowano miliony bezbronnych ludzi. Zakończyła się ona złowrogim akordem. 6 sierpnia 1945 r. Amerykanie dokonali zrzutu pierwszej bomby atomowej o mocy 20 kt TNT na otwarte miasto Hiroszimę. Spośród 255 tysięcy mieszkańców miasta około 78 tysięcy zginęło, 37,5 tysiąca zostało rannych, a około 14 tysięcy zaginęło. Z ogólnej liczby 75 tysięcy budynków, 62 tysiące uległo zniszczeniu.

Niespełna 21 lat dzieliło początek drugiej wojny światowej od zakończenia pierwszej. Po ostatniej wojnie sytuacja polityczno – militarna świata nie była stabilna, zawsze jednak zwyciężał rozsądek i zrozumienie, że następna wojna byłaby prawdopodobnie ostatnią. Wojna nuklearna zniszczyłaby życie na Ziemi w dotychczasowej jego postaci.

Dwudziesty wiek przyniósł wojny masowe, światowe. Stworzył groźbę zagłady i zjawisko pata militarnego. Utrzymał jedynie wojny lokalne. Zrodził nie znany wcześniej wyścig zbrojeń. Od dawna istnieje świadomość, że nagromadzone arsenały broni, zwłaszcza rakietowo – jądrowej, wystarczyłyby na wielokrotne uśmiercenie wszystkich mieszkańców Ziemi. Mimo to tworzone są coraz nowocześniejsze i kosztowniejsze systemy prowadzenia wojny.

Kończący się wiek XX otworzył, niestety, kosmiczny teatr wojny umieszczeniem pierwszych systemów wojskowych niejako w przedsionku bezkresnej przestrzeni.

Sprawy te staraliśmy się przedstawić w tym wydawnictwie tak, jak je widzi żołnierz. Realne zagrożenia istnieją na Ziemi i rodzą się w kosmosie. W chwili kiedy kreślimy te słowa, jest znacznie więcej optymizmu i nadziei na pokój. Może wiek XX będzie ostatnim, w którym prowadzone były masowe wojny niszczycielskie? Wiara w rozum człowieka upoważnia do optymizmu. Kosmos nie musi stać się areną wzajemnego zabijania. Czy stanie się tylko areną bezkrwawej rywalizacji?

Kosmos jako środowisko może być bezkresnym teatrem wojny co zostało przedstawione w rozdziale pierwszym. Dotychczas nie był on areną starć zbrojnych między ludźmi. Tym niemniej już funkcjonują w kosmosie liczne systemy satelitarne, zaliczane do szeroko rozumianej logistyki (rozdział drugi). 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 sposobione w wykorzystywaniu systemów satelitarnych o czym napisano w rozdziale trzecim.

Przyjęcie Polski do NATO otworzyło niewątpliwie dostęp do satelitarnych systemów amerykańskich i europejskich. 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 upowszechniania wiedzy o wojskowych aspektach wykorzystywania militarnego systemów satelitarnych.

1. NATURA KOSMOSU JAKO POTENCJALNEGO TEATRU WOJNY

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

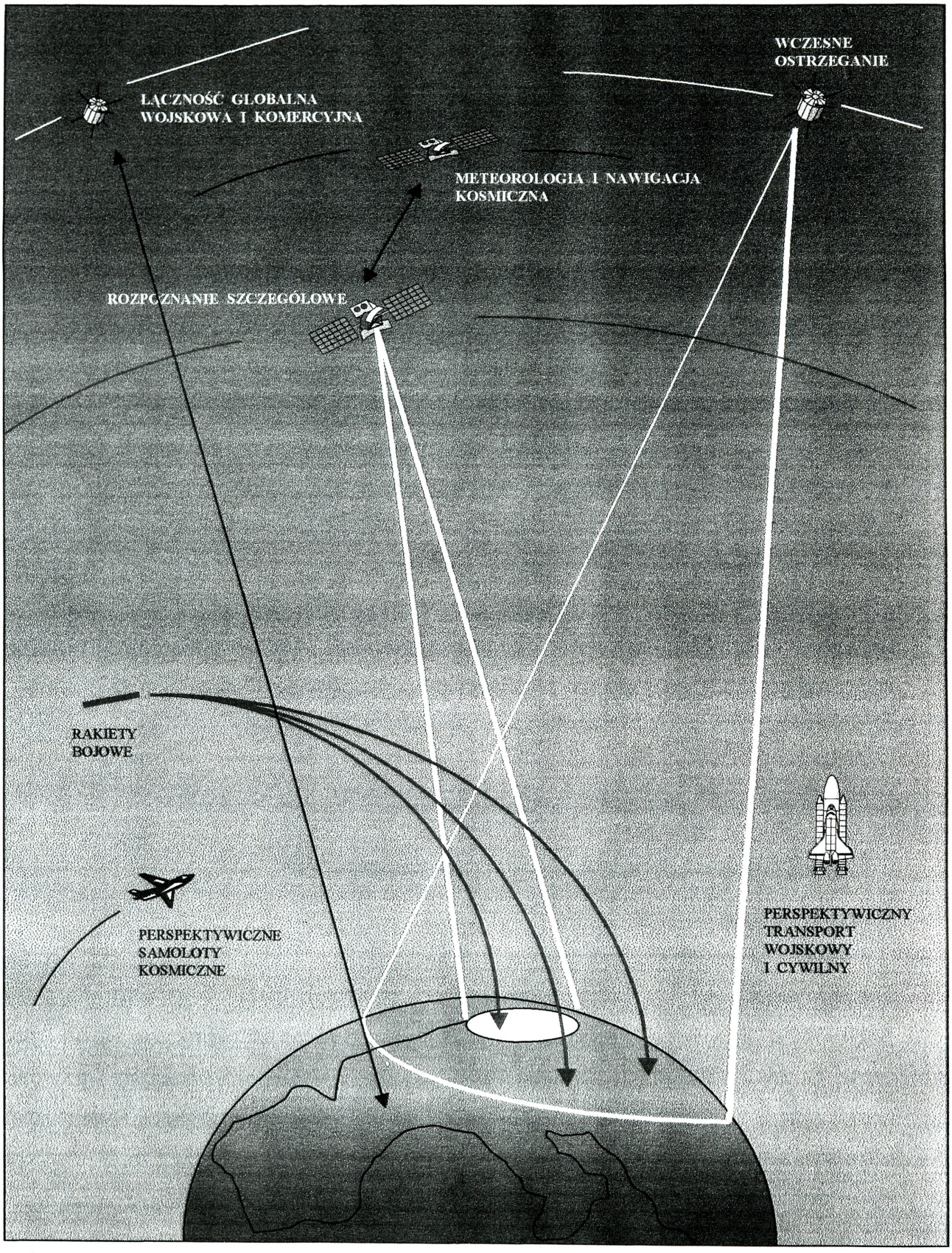
strony przeciwne, pracując w tajemnicy nad stworzeniem systemów uzbrojenia, dochodzą do takich samych rezultatów.

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 tez 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 (rys. 1).

1.1. Czynniki determinujące militaryzowanie kosmosu

Wraz z upadkiem byłego ZSRR i erozją „dwubiegunowego" układu militarnego na kuli ziemskiej (NATO – UW) ekspansja w Kosmosie ma ponownie głównie charakter poznawczy, naukowy. Trzeba jednak podkreślić, że słaba ekonomicznie Rosja i potężne Stany Zjednoczone Ameryki Północnej podtrzymują wcześniejsze zdobycze kosmiczne. Program podboju kosmosu mają potężniejące ekonomicznie Chiny i inne mniejsze państwa. Od lat „europejscy" członkowie Unii Europejskiej mają ambicje swoistego uniezależniania się w kosmosie od dominacji amerykańskiej.

W ostatniej dekadzie XX wieku przestrzeń kosmiczna nie jest poddawana presji militarnej, ale o tym przesądza odprężenie militarne na Ziemi. To nie jest dane raz na zawsze. Dlatego zmienność stosunków militarnych na Ziemi ma odbicie w kosmosie.



Rys. 1. Funkcjonujące i perspektywiczne systemy kosmiczne

Na szczęście ciężarom zbrojeń w kosmosie mogą sprostać tylko czołowe mocarstwa ekonomiczne. Ewentualna wojna w warunkach istnienia zmilitaryzowanej przestrzeni kosmicznej musiałaby mieć charakter totalny i obejmować cały glob ziemski, który pozostanie ostoją człowieka. Trudno sobie wyobrazić, aby w działaniach wojennych prowadzonych z ogromnym rozmachem istniały warunki do zajmowania się drobiazgami. Nie można wykluczyć, że ewentualne wszczęcie zbrojeń kosmicznych spowodowałoby pogłębienie przepaści pomiędzy głównymi rywalami na kuli ziemskiej. Ogromny wysiłek ludzi mógłby okazać się daremny, nie przynosząc oczekiwanego pożytku politycznego i militarnego żadnemu z rywali.

Szósty kontynent Ziemi – Antarktyda – oraz otwarte morza nie były i nie są niczyją własnością. Przez wiele wieków pas wód o szerokości 3-12 mil otaczający lądy należące do poszczególnych państw powszechnie traktowano jako obszar przynależny do danych krajów. Inne państwa mogły korzystać z tych wód, przestrzegając powszechnych uregulowań oraz szczegółowych ustaleń państw - "właścicieli". Od niedawna obserwujemy podważanie tej odwiecznej zasady. Niektóre kraje rozszerzają same strefę swych wód przybrzeżnych według własnego uznania. Przykład ten świadczy o względnej mocy uregulowań prawnych, nawet tak tradycyjnych i powszechnych.

Zgodnie z porozumieniami międzynarodowymi[1] przestrzeń powietrzną traktowano zawsze jaka 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.

---

[1] Najbardziej znanym porozumieniem jest konwencja o lotnictwie cywilnym podpisana 7 grudnia 1944r. 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. Cześć znawców problematyki kosmicznej wyraża opinię, że ponieważ powietrze otaczające Ziemię ma stały skład do wysokości około 80 km[2], 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 1963r. Już wówczas decydujący głos w sprawach kosmosu miały Stany Zjednoczone i 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 tym Polska[3]. 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.

---

[2] Encyklopedia Powszechna PWN, Warszawa 1975, t. 3, s. 665.
[3] Tekst układu ogłoszono w Dzienniku Ustaw z 1963 r., nr 52, pozycja 288.

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 z 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 zastały złożone przez państwa - depozytariuszy w październiku. W tym samym roku układ ratyfikowało 69 państw[4]. 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.

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. Wykluczona jest jedynie broń jądrowa, chemiczna i biologiczna

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.

---

[4] Polska ratyfikowała układ 22 grudnia 1969 r. Jego tekst opublikowano w Dzienniku Ustaw z 1968 r., nr 14, pozycja 82.

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.

Pozytywnym przykładem dwustronnego porozumienia między ZSRR i Stanami Zjednoczonymi jest podpisane 24 maja 1972 r. uzgodnienie 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[5].

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,

[5] Tekst konwencji ogłoszono w Dzienniku Ustaw z 1998 r., nr 31, pozycja 132.

geodezji i kartografii nie są traktowane jako sprzeczne z wszystkimi dotychczasowymi porozumieniami. Treść porozumienia z 1979 r., 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 ZSRR i Stany Zjednoczone o ograniczeniu systemów obrony przeciwrakietowej, podpisany w Moskwie 26 maja 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 zawarto porozumienia 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, testowania i instalowania w kosmosie systemów obrony przeciwrakietowej. Czy zakaz ten jest przestrzegany? Zdania na ten temat są co najmniej podzielone. W niektórych państwach trwają intensywne prace nad zbudo-

waniem różnych systemów antyrakietovvych. 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.

1.2. Istota kosmicznego teatru wojny

Ziemia oraz wszystko, co istnieje poza kulą ziemską i otaczającą ją atmosferą, jest kosmosem, nazywanym też wszechświatem. Istnieje zasadne przekonanie, że od początku świadomego życia człowiek interesował się otaczającym go wszechświatem. Początkowo dostrzegał mało. Widział gołym okiem Słońce, Księżyc i odległe gwiazdy, rzadko meteory. Można sobie wyobrazić, jak stopniowo rozszerzało się jego zainteresowanie wszechświatem. Od tysięcy lat człowiek starał się poznać i zinterpretować budowę kosmosu. Z przekazów historycznych znane są liczne teorie budowy wszęchświata nie mające nic wspólnego z rzeczywistością. Świadczą one jednak o pragnieniu ludzi przeniknięcia umysłem w otchłań wszechświata. Stopniowo zaczęto posługiwać się różnymi prostymi narzędziami wspomagającymi obserwacje wzrokowe i poznanie umysłowe.

Era prawdziwego poznawania kosmosu rozpoczęła się od dokonań Mikołaja Kopernika na początku XVI wieku. Jego teoria heliocentryczna, sformułowana około 1510 r., oraz dzieło **„O obrotach sfer niebieskich"** (wydane w 1543 r.) stanowiły wiekopomny przełom na drodze poznawania wszechświata. Od tego czasu wgląd człowieka w kosmos ma już nie tylko charakter naukowy, lecz także coraz bardziej znaczenie praktyczne.

Wielki wkład w poznanie wszechświata wnieśli Johann Kepler (1571-1630) i Izaak Newton (1643-1727). Sformułowane przez Keplera trzy prawa dotyczące ruchu planet, uzasadnione następnie przez Newtona, a także inne ich odkrycia otworzyły perspektywę lotów w kosmos, ziszczoną w XX wieku. Sławnym twórcą podstaw astronautyki był Polak z pochodzenia Konstanty Ciołkowski (1857-1935). Opisane przez niego problemy lotów rakiet i ich budowy w krótkim czasie znalazły potwierdzenie w rozwiązaniach praktycznych. Teoretyk ten należał do licznej grupy twórców, którzy opracowali podstawy rozwoju współczesnej techniki kosmicznej, umożliwiającej człowiekowi bezpośrednią eksplorację wszechświata. Ciołkowski jako pierwszy tworzył wizję rakiet i pojazdów kosmicznych w dzisiejszym rozumieniu. Zastrzeżenie to jest konieczne, ponieważ już prawdopodobnie w 3000 r. p.n.e. Chińczycy wykorzystywali rakiety do celów wojskowych, a istnieją dowody, iż czynili to na pewno około 1000 r. p.n.e. Rakiet używano także w wojnie turecko - rosyjskiej w 1829 r. Tych niezmiernie prostych konstrukcji nie utożsamiamy jednak z techniką kosmiczną. Dopiero niemieckie rakiety V-2, osiągające wysokość lotu około 100 km, przekraczały umowne granice przestrzeni kosmicznej. Umowne, gdyż wytyczane z punktu widzenia mieszkańca Ziemi, w myśl schematu rozumowania: nasz glob – reszta wszechświata. W rzeczywistości kula ziemska jest cząstką kosmosu i nie ma podstaw do jej szczególnego wyróżniania. Wiele pojęć opisujących wszechświat zostało ściśle zdefiniowanych i ludzie je stosujący interpretują te pojęcia jednakowo. Niestety, spotykamy się także ze swoistą dezinformacją terminologiczną. Jest ona z reguły następstwem tendencyjności lub niekompetencji ludzi wypowiadających się na nie znane im tematy. Przykładem beztroski w stosowaniu terminów jest chociażby pojęcie „wojny gwiezdne". Nazwa ta szybko wyparła inną, wprowadzoną przez Ameryka nów – „inicjatywa obrony strategicznej". Obydwa te pojęcia nie odpowiadają rzeczywistości. Poza Układ Słoneczny nie wykraczają bowiem dotychczas nawet projekty systemów wojskowych. Należy więc sądzić, że ewentualna militaryzacja przestrzeni

wokółziemskiej, a następnie Układu Słonecznego stanowić może cel rywalizacji nieosiągalny jeszcze przez bardzo długi czas.

Starcia zbrojne między ludźmi. od niepamiętnych czasów toczyły się najpierw na lądach, później na morzach i oceanach, a dopiero od pierwszej wojny światowej - w powietrzu. Do walki na lądzie wystarczały początkowo pięści, kije i naturalne kamienie. Aby móc prowadzić walkę na wodzie lub w jej środowisku, musiano najpierw zbudować łodzie, statki, okręty nawodne i podwodne, odpowiednio uzbrojone i wyposażone. Długą drogę rozwoju przeszedł człowiek, nim zdołał stworzyć konstrukcje umożliwiające mu opanowanie przestrzeni powietrznej. Budował i buduje coraz doskonalsze narzędzia służące do starć zbrojnych lądowych, morskich i powietrznych. Starcia te, toczone w różnych obszarach, mają swoją specyfikę. Określa się je odrębnymi pojęciami w rodzaju: „przestrzenie wojny", „wymiary wojny", „wojna na lądzie, na morzu, w powietrzu" i innymi. Skrót myślowy „wymiar wojny" oznacza przestrzenie, których dotyczą starcia zbrojne. Schyłek XX wieku upływa w atmosferze przygotowań ludzkości do otwarcia kolejnego, czwartego z rzędu, „wymiaru wojny", którym może być kosmos. Do niedawna środowiskiem tym zajmowali się głównie astronomowie, fizycy i inni uczeni. Obecnie wielkie nim zainteresowanie przejawiają wojskowi, konstruktorzy i ludzie przemysłu. Doświadczenia historyczne wykazują, że liczące się wynalazki były szybko wykorzystywane do celów wojskowych, jeśli nawet wcześniej nie brano tego pod uwagę. Technika kosmiczna drugiej połowy XX wieku tworzy wszelkie przesłanki do militaryzowania kosmosu. Wszak wkrótce po zbudowaniu znalazły zastosowanie wojskowe samochody, okręty i samoloty. Czy inaczej będzie z rakietami i samolotami przenikającymi kosmos? Oczywiście, nie można negować dalszego zainteresowania naukowego kosmosem. Człowiek nadal poznaje lądy, morza i przestrzeń powietrzną. Poznanie, także w celach militarnych, jest procesem nieskończonym.

Tak więc zainteresowanie najnowszym wymiarem rywalizacji naukowej i militarnej jest zrozumiałe i niechybnie będzie wzrastało. Już dzisiaj trudno sobie wyobrazić życie na Ziemi bez łączności i meteorologii satelitarnej. Sytuacja w kosmosie wywierać będzie piętno na losach ludzkości. Praca mieszkańców Ziemi w coraz większym stopniu będzie wydatkowana na gospodarcze i militarne opanowanie kosmosu. Proporcje tych wydatków mogą być różne w różnych państwach. Pragnienie uniknięcia militaryzacji kosmosu może zmaterializować się tylko w razie braku napięć między

państwami i grupami państw. Niestety, istniejące sprzeczności nie rokują zaprzestania ingerencji militarnej we wszechświecie. Uzbrajania kosmicznego teatru wojny nie można wykluczyć, i to już w niedługiej perspektywie czasu.

1.2.1. Kosmos specyficznym teatrem wojny

Wszelkie rzeczy i zjawiska materialne zwykliśmy poznawać i charakteryzować za pomocą właściwych im cech. Ogół tych cech dzielimy na ilościowe i jakościowe. Uniwersalnymi cechami, którymi najczęściej się posługujemy, są niewątpliwie: masa, kształt, długość, wysokość, szerokość, czas trwania, prędkość, początek, koniec i tym podobne. Cechy takie potrafimy postrzegać, mierzyć, opisywać słownie i odzwierciedlać w umysłach, w procesie myślenia przebiegającym w różnym czasie i w rozmaitych warunkach. Wszechświat ma cechy, których istota czyni je wyjątkowymi, nie dającymi się przeniknąć umysłem przeciętnego człowieka. Stwierdzenia w rodzaju: wszechświat nie miał początku, nie ma granic i nie będzie miał końca istnienia – nie mogą być rozumiane tak, jak inne tego typu pojęcia. Dotychczas nie mają one praktycznego znaczenia dla większości przedstawicieli rodzaju ludzkiego; wyrażają treści filozoficzne i byt materii. Cechy te nie występują w bezpośrednim otoczeniu człowieka. Rzeczy i zjawiska nas otaczające podlegają ciągłym przemianom, a takie cechy, jak początek, koniec, granice i czas, mają określony sens w wymiarze ziemskim. Znamy obwód kuli ziemskiej, jej średnicę, promień, masę i prawdopodobny przebieg powstawania. Na przykład masę Ziemi określano dwoma odrębnymi sposobami: przez bezpośrednie pomiary fizyczne dokonywane na jej powierzchni oraz pośrednio - na podstawie ruchu Księżyca.

Poznawanie wszechświata przez człowieka postępowało od szczegółu do ogółu. Przedmiotem pierwotnego zainteresowania była Ziemia, otaczająca ją przestrzeń i, stopniowo, coraz bardziej odległe ciała niebieskie. Poznano już wiele tajemnic wszechświata, lecz ciągle stanowi to z pewnością niewielką zaledwie cząstkę tego, co kryje się nadal w jego wnętrzu. Dopiero od drugiej wojny światowej trwa bezpośrednie wojskowe zainteresowanie kosmosem. Zainteresowanie to przejawia się w rozpoznawaniu warunków prowadzenia wojny w kosmosie oraz w praktycznym wykorzystywaniu przestrzeni kosmicznej do celów wojskowych. Ziemia i przestrzeń jej wpływów stanowi niewyobrażalnie znikomy fragment wszechświata. Myśl o tym,

że mieszkańcy Ziemi mogliby prowadzić wojnę z innymi cywilizacjami lub między sobą w kosmosie, wydaje się dzisiaj niedorzecznością. Jeśli jednak przyjmie się ewentualność wojny tylko w bliskiej przestrzeni kosmicznej, wówczas nie jawi się ona jako absurd. Dotychczas nie dzielono wszechświata na teatry wojny i teatry działań wojennych. Wiadomo jednak, że osiągnięty poziom techniki kosmicznej umożliwia już obecnie starcia zbrojne w niedalekiej przestrzeni kosmicznej oraz oddziaływanie z kosmosu na przebieg ewentualnych działań wojennych na Ziemi. Wobec tego rozważania o kosmicznym teatrze wojny przestały być mrzonką. Problemy te zyskały znaczenie praktyczne.

Nie ma prostych analogii między ziemskimi i kosmicznymi teatrami wojny. Kryteria wyróżniania tych teatrów są zwykle ustalane z punktu widzenia interesów poszczególnych państw lub koalicji państw. Z reguły brane są pad uwagę aspekty geopolityczne, militarne, klimatyczne i inne. W praktyce ziemskiej określenie „teatr wojny" odnoszone jest do pewnego obszaru lądu i przyległych wód. W ramach „teatru wojny" wyróżniane bywają składowe, noszące nazwę teatrów działań wojennych. Do nazwy „teatr wojny" dodaje się zwykle przymiotnik odróżniający go od innych, na przykład europejski (teatr wojny). Podobnie jest z teatrami działań wojennych. W ten sposób wskazuje się na odrębność poszczególnych teatrów wynikającą z ich cech naturalnych. W warunkach ziemskich istnieją jak gdyby naturalne granice takich podziałów. Na przykład wydzielenie afrykańskiego teatru wojny, a w jego ramach teatrów działań wojennych, byłoby koniecznością. Praktycznie nie istnieją styki Afryki z innymi kontynentami, a panujące tam warunki geofizyczne i klimatyczne wyodrębniają ten kontynent spośród innych. Rzecz jasna, globalne podziały przestrzeni do celów prowadzenia wojny potrzebne są mocarstwom światowym i militarnym koalicjom państw. Do działań wojennych na poszczególnych teatrach wydziela się odrębne dowództwa, masy wojsk, infrastrukturę i logistykę wojskową oraz cywilną rozmieszczaną na tych obszarach. Rodzaje i skład wojsk oraz ich wyposażenie, mimo wielu podobieństw do innych części sił zbrojnych, dostosowuje się do celów, zadań i warunków prowadzenia wojny na danym teatrze.

Wszystkie te doświadczenia ziemskie mogą być spożytkowane w kosmosie. Wyłania się jednak problem zasadności jego ewentualnego podziału na teatry wojny. Obecne i prognozowane na najbliższe dziesięciolecia możliwości jego militarnego opanowania nie uzasadniają sięgania poza naszą Galaktykę i wyróżniania tam ko-

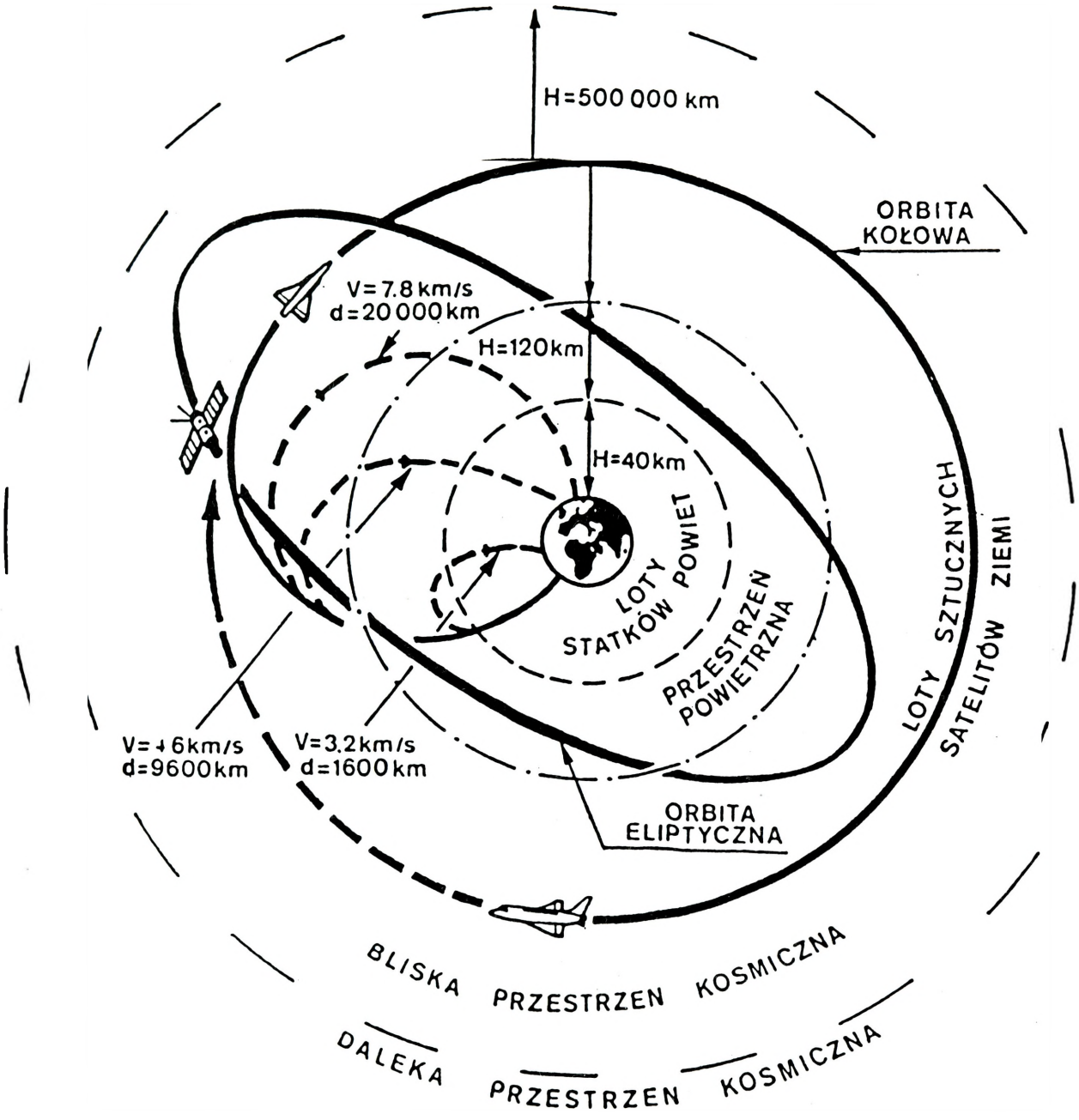
smicznych teatrów wojny. Ten problem na razie jeszcze nie dojrzał do praktycznego rozwiązania; cały kosmos możemy zatem traktować jako jeden nieskończony teatr wojny. Natura wszechświata w jego części nam najbliższej skłania do wyróżniania 2-3 teatrów działań wojennych: wokółziemskiego, Układu Słonecznego i - ewentualnie - Galaktyki. Można dostrzec wyraźne różnice ilościowo - jakościowe tych części kosmosu. Fakt, że już obecnie pojazdy kosmiczne odbywają podróże poza Układ Słoneczny, uzasadnia taki podział. Celowość takiego rozumowania można zilustrować na podstawie przeglądu cech kosmicznej przestrzeni wokółziemskiej, Układu Słonecznego i Galaktyki.

1.2.2. Hipotetyczny kosmiczny teatr działań wojennych Ziemi

Ziemia wraz ze swoim Księżycem nie stanowi liczącej się części materii wszechświata, to jednak jej wyjątkowość jest sprawą oczywistą: żyje na niej człowiek, twór unikatowy w świetle dotychczasowego poznania kosmosu. Wojnę w kosmosie rozważamy z punktu widzenia człowieka. Na tym tle rodzi się gorzka refleksja: Ziemia staje się zbyt ciasną areną do wzajemnego zabijania się ludzi...

Ziemia jest dotychczas jedynym znanym ośrodkiem życia w bezkresnym wszechświecie. Tę niezmiernie drobną cząstkę kosmosu ludzie poznali najwcześniej i 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, zawierająca 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. W atmosferze ziemskiej i poza nią wyróżnia się charakterystyczne warstwy i strefy (rys. 2). Istniejące w nich warunki fizyczne wpływają na możliwości lotów.

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.



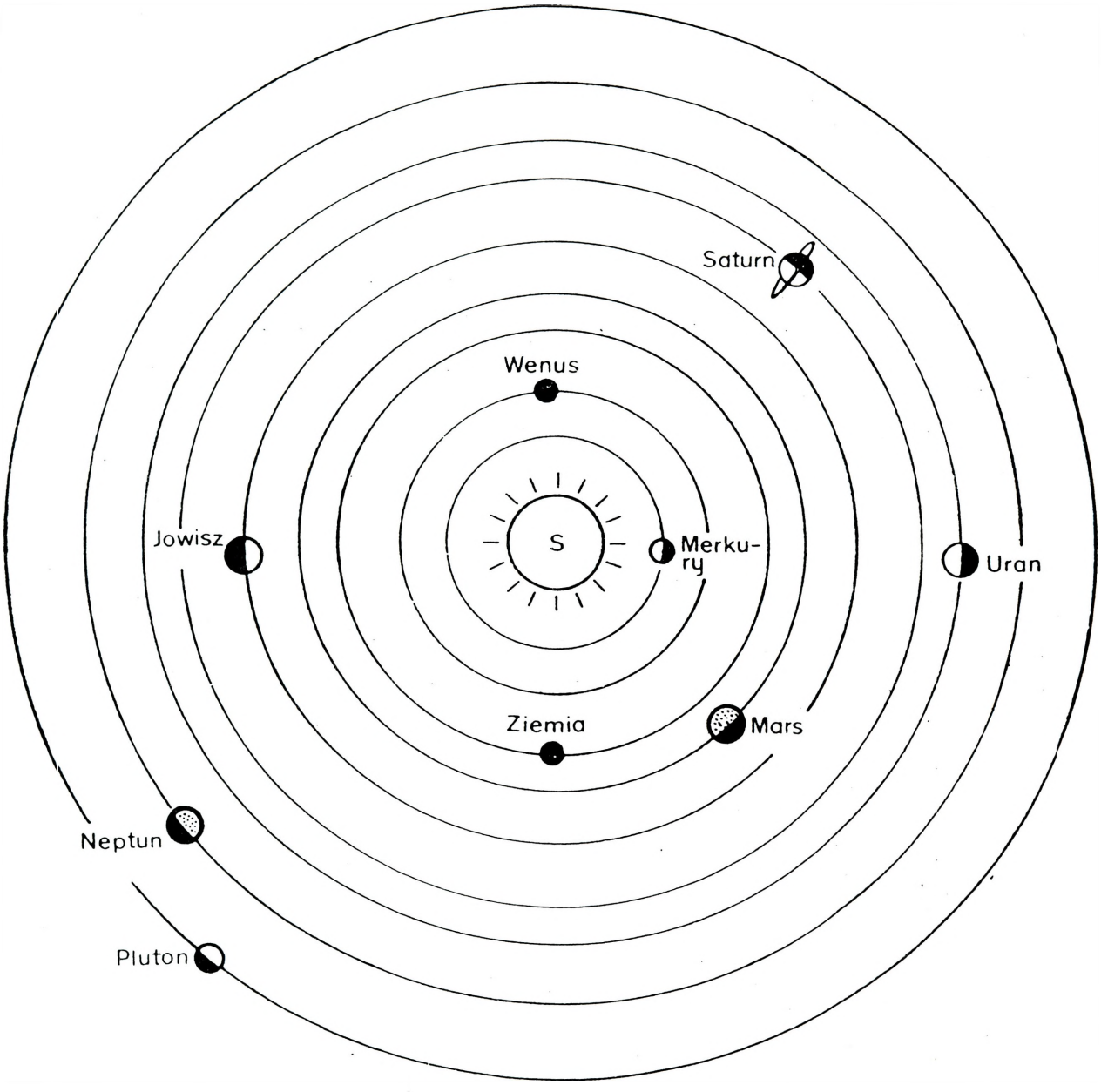
Rys. 2. Loty w środowisku otaczającym Ziemię

Nie istnieje powszechnie stosowana definicja dolnej, licząc od powierzchni Ziemi, granicy przestrzeni kosmicznej. Planeta Ziemia jest cząstką wszechświata. 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 poznano także najbliższe sąsiedztwo Ziemi. Wyróżnia się umownie bliską przestrzeń kosmiczną, rozciągającą się do około 500 000 km od powierzchni Ziemi. Do niedawna 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 cześć struktury wszechświata i ewentualne napięcia militarne.

1.2.3. Hipotetyczny kosmiczny teatr działań wojennych Układu Słonecznego

Kolejnym, nowym pojęciem może być „kosmiczny teatr działań wojennych Układu Słonecznego". Teatr ten również wyodrębniają naturalne warunki właściwe dla Układu Słonecznego (rys. 3).



Rys. 3. Uproszczony schemat Układu Słonecznego

Słońce jest jedną z miliardów gwiazd Układu Drogi Mlecznej. Jego średnica wynosi obecnie 1392 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 rozległą elipsą, której obwód liczy prawdopodobnie 160 000 lat świetlnych, co równa się około 1,6 tryliona km. Masa Słońca wynosi 1,983 . 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 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 reakcji termojądrowych 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.

Słońce przemierza bezkres Układu Drogi Mlecznej zwanego Galaktyką. Wraz z nim porusza się 9 planet 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 przestrze-

niach wszechświata. Układ Słoneczny, mino 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.

Granice Układu Słonecznego, jako potencjalnego kosmicznego teatru działań wojennych, 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 przez nie stymulowane. One z kolei wywierają przemożny wpływ na swe księżyce, 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 kolejną planetą, obiegającą Słońce po orbicie przez nie zdeterminowanej.

Z militarnego punktu widzenia wiele cech wszechświata ma istotne znaczenie fizyczne. Jedną z bardzo ogólnych cech jest powszechny ruch wszystkich ciał i układów, które wykonują obroty wokół osi przechodzących przez środki ich mas. Ruchowi wirowemu podlegają nawet drobinki pyłu kosmicznego. Każde ciało znajdujące się w kosmosie ma swoją strefę wpływów na obiekty w niej przebywające. Ciała dominujące powodują stopniowe wyrównywanie z własnym ruchem obrotowym ruchu obrotowego ciał dominowanych. To swoiste synchronizowanie obrotów trwa w Układzie Słonecznym miliardy lat. Jeśli nawet zmiany są nieskończenie małe, to i tak przy ogromnych odległościach, pokonywanych przez sztuczne satelity wojskowe, wieczny ruch ciał niebieskich musi być uwzględniany. Im mniejsze odległości dzielą ciało dominujące od dominowanego, tym skutki hamowania są większe. W myśl tego Merkury jest znacznie intensywniej spowolniany niż pozostałe planety. Najsłabiej w tym względzie oddziałuje Słońce na Plutona. Stwierdzono, że hamowanie ruchu wirowego powodują siły grawitacyjne ciał dominujących, wywołujące tak zwane pływy na powierzchni ciał dominowanych. Siły te można wyznaczać korzystając ze wzoru na wywoływane przez nie przyspieszenie:

$$S = 2 \cdot G \cdot \frac{M \cdot .r}{D^8}$$

gdzie:

G - stała grawitacji,

M - masa ciała dominującego (hamującego),

r - promień ciała dominowanego (hamowanego),

D - odległość ciała dominowanego od dominującego.

Zwalnianie obrotów planet Układu Słonecznego i ich księżyców wywiera negatywny wpływ na warunki ewentualnego bytowania na nich ludzi i instalowania tam sprzętu wojskowego. Spowolniony obrót ciała wydłuża ekstremalnie nagrzewanie strony oświetlanej promieniami Słońca i silne mrożenie strony w tym czasie zaciemnionej. Na skutek tego na przykład temperatura przy powierzchni Wenus po stronie dziennej wynosi +400°C, a po stronie nocnej –500°C; na Merkurym odpowiednio +340°C i –170°C. Umiarkowane temperatury panują natomiast na Marsie: w dzień na równiku - w granicach 20-30°C, a w nocy do –70°C.

Podobne wahania temperatur występują na powierzchniach księżyców. Temperatura Księżyca Ziemi w dzień waha się w granicach 100-120°C, a podczas nocy

księżycowej spada do –160°C. Skokowe zmiany temperatur w szerokich granicach stanowią istotną przeszkodę w anektowaniu planet przez człowieka i w prowadzeniu tam hipotetycznych działań bojowych.

Pasma gór i zróżnicowanie rzeźby powierzchni planet i księżyców, kamienistość, sypkość i pylistość podłoża części z nich oraz duża liczba najróżnorodniejszych kraterów stanowią istotne przeszkody z punktu widzenia możliwości tworzenia tam infrastruktury wojskowej i innej działalności militarnej.

W świetle danych o składzie fizycznym ciał niebieskich nie można wykluczyć ewentualnego wykorzystywania w dalszej przyszłości ich zasobów surowcowych do celów wojennych. Stanowczo mniejsze szanse upatruje się natomiast w sferze wytwarzania energii ze źródeł pozaziemskich. Pesymizm ten nie dotyczy energii słonecznej. Nie chodzi tu tylko o bierne wykorzystywanie różnorodnego promieniowania słonecznego, lecz - w odległej perspektywie - także o sterowane eksploatowanie nieograniczonej energii przemian termojądrowych Słońca. Zasilanie kosmicznych instalacji wojskowych wymagać będzie potężnych źródeł energetycznych. Potencjalnie źródłem takim może być Słońce. Wnętrza planet i księżyców Układu Słonecznego, przynajmniej te rozpoznane, zawierają także energię cieplną. Być może energia ta okaże się kiedyś przydatna także do celów militarnych.

Swoiście nadrzędną wobec Układu Słonecznego strukturą wszechświata jest Układ Drogi Mlecznej, zwany Galaktyką. Nie jest ona jedyną galaktyką i dlatego określa się ją mianem „nasza". Wyróżnianie wokółziemskiej przestrzeni kosmicznej, przestrzeni Układu Słonecznego i wreszcie przestrzeni naszej Galaktyki ma uzasadnienie także z wojskowego punktu widzenia. Naszą Galaktykę możemy wyłączyć z zainteresowania wojskowego, gdyż nie ma ku temu realnych przesłanek.

1.3. Uwarunkowania fizyczne lotów w kosmosie

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, pozostałe trzy - Johann Kepler. Prawo powszechnego ciąże-

nia mówi, że siła działająca między dwoma ciałami o masach m i M znajdującymi się w odległości r, jest siłą przyciągającą, skierowaną wzdłuż prostej łączącej te ciała i ma wartość:

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

gdzie G jest stałą[6] 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[7]. W jednym z ognisk elipsy znajduje się Słońce.
2. Odcinek łączący planetę ze Słońcem zakreśla w równych odstępach czasu równe pola.
3. Kwadraty okresów obiegu Słońca przez dwie planety mają się do siebie tak, jak sześciany ich średnich odległości od Słońca[8].

Wymienione prawa odnoszą się również do sztucznych satelitów. Ich swobodny ruch, bez wykorzystywania napędu, podlega tym samym prawidłowościom co ruchy planet (rys. 4, 5, 6).

1.3.1. Prawo powszechnego ciążenia w lotach kosmicznych

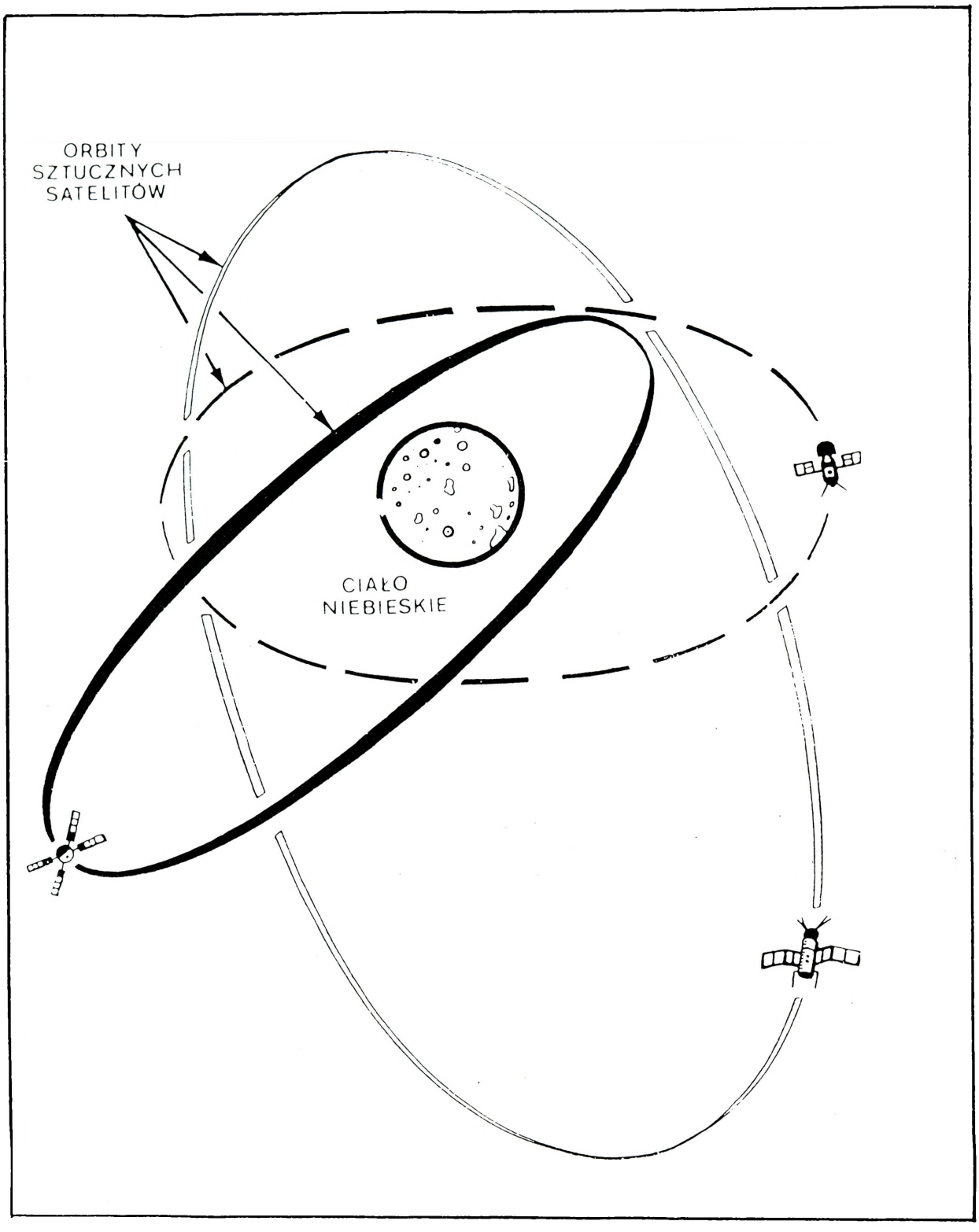
Prawo powszechnego ciążenia mówi o oddziaływaniach grawitacyjnych zachodzących między dwoma ciałami. W kosmosie ciał tych są miliardy. Każde z nich jest źródłem sił grawitacji. Wpływ niektórych z nich, mających małe masy, jest zupełnie znikomy. I tak, na przykład, dwa ciała o masach 100 ton, znajdujące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

---

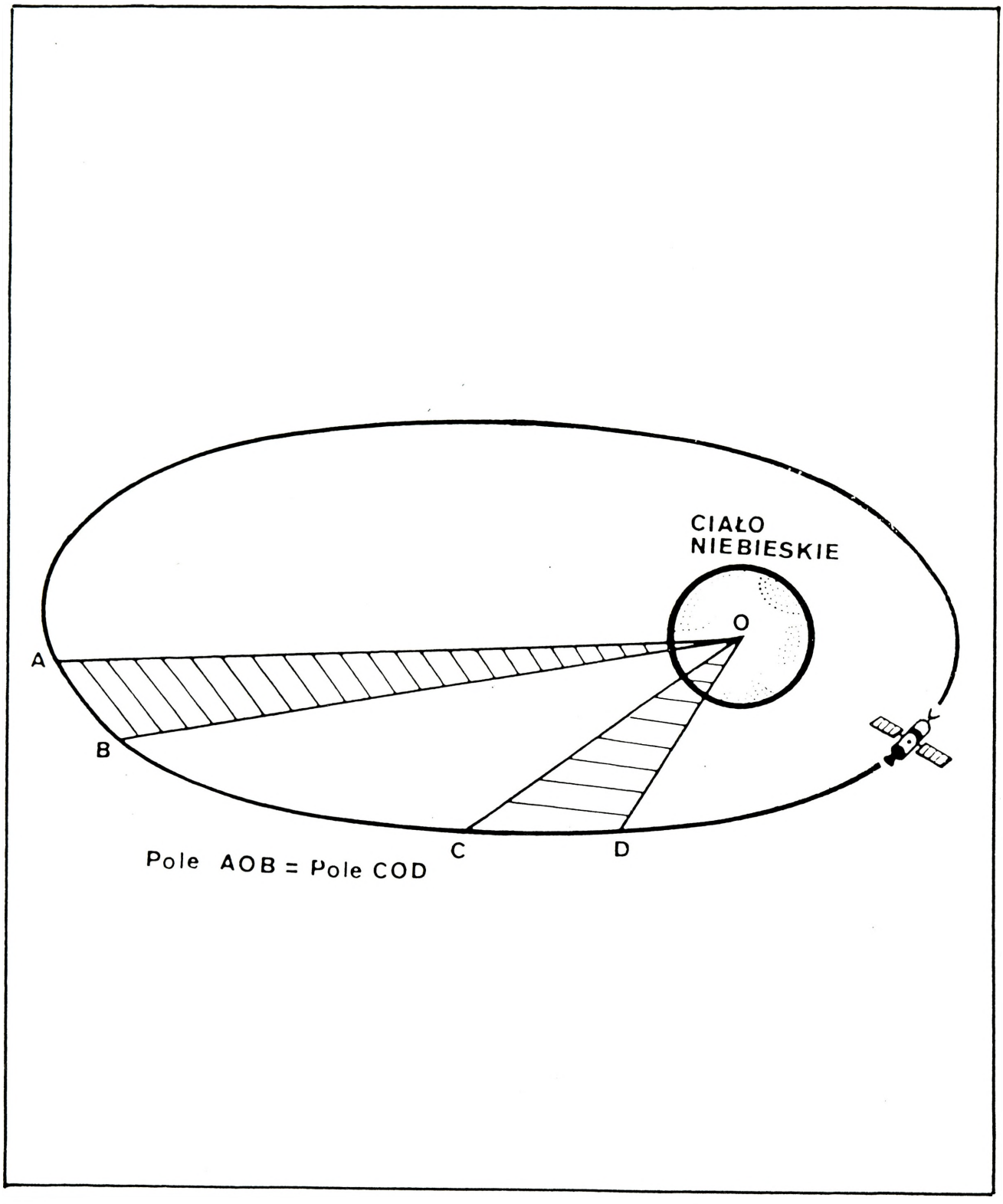
[6] G ma wartość $6{,}673 \cdot 10^{-11}\frac{N \cdot m^2}{kg^2}$

[7] Szczególnym przypadkiem elipsy jest okrąg.

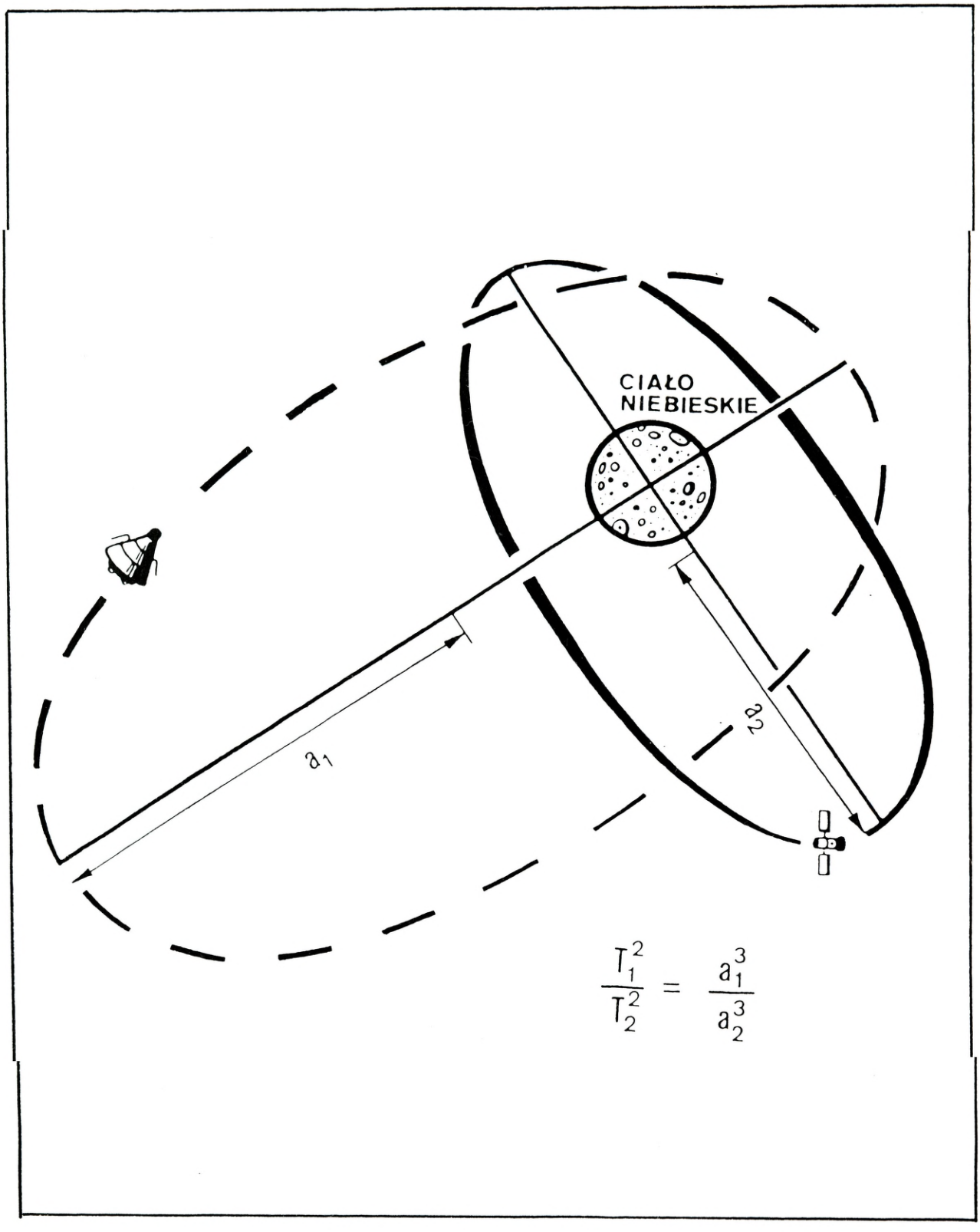
[8] Można tez mówić o sześcianach wielkich półosi orbit eliptycznych.



Rys.4. Ilustracja ruchu satelitów zgodnie z pierwszym prawem Keplera



Rys.5. Ilustracja drugiego prawa Keplera



Rys.6. Ilustracja trzeciego prawa Keplera

Inaczej rzecz się ma z większymi obiektami kosmicznymi. Na przykład Księżyc i ciała 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.

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:

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

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 346 000 km od Ziemi równoważy się wpływ Ziemi i Księżyca.

Problem równoważenia się wpływu różnych ciał można rozpatrywać w odniesieniu do dowolnych dwóch ciał niebieskich. Układ Ziemia - inna planeta, ma 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 od Ziemi.

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

1.3.2. Prędkość ruchu obiektów kosmicznych

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.

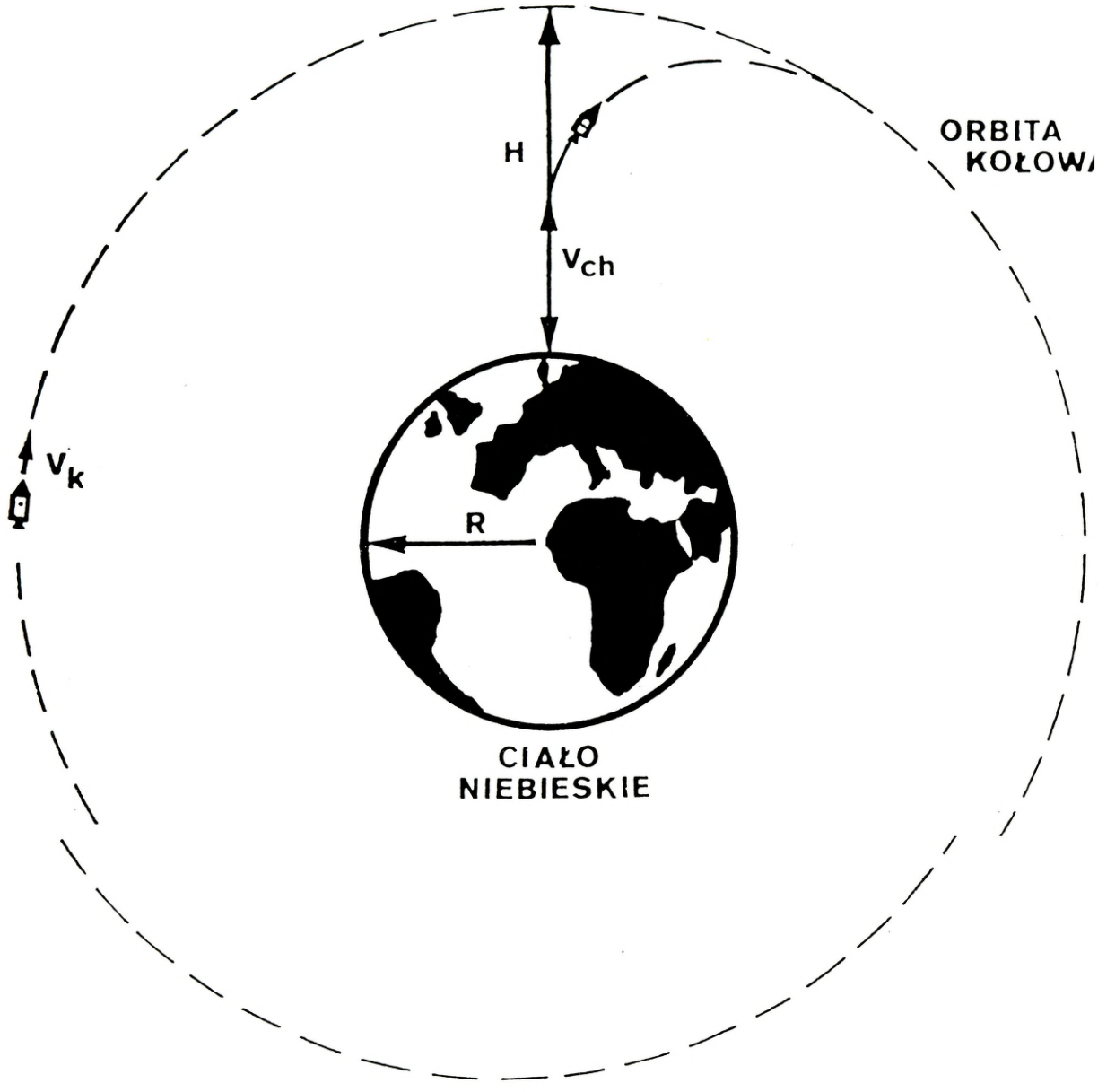
Wśród wielu wielkości opisujących ruch pojazdów w przestrzeni kosmicznej można wyróżnić:

- prędkość charakterystyczną,
- 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. 7).

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

$$E_p + E_z = \overline{E_p} + \overline{E_k} \qquad (1)$$



Rys.7. Umieszczenie satelity na orbicie kołowej

czyli

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

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 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.

Tabela 1

Prędkości charakterystyczne dla różnych ciał niebieskich

Ciało niebieskie	Prędkość charakterystyczna (km/s) dla wysokości					
	0 km	10 km	100 km	1000 km	10 000 km	100 000 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	42,31	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

Zgodnie z danymi, zamieszczonymi w tabeli 1, 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 on na założonej orbicie wokół tego ciała spadnie na jego powierzchnię. Zasięg lotu jest proporcjonalny do nadanej prędkości.

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:

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

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 2), że prędkości kołowe na orbitach wokół ciał dużych są większe. Maleją one że wzrostem wysokości orbit. Porównując pierwsze kolumny tabel 1 i 2 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).

Dotychczas rozpatrywano sytuacje, w których obiekty kosmiczne są 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: $\bar{v} = \gamma v_k (\gamma > 1)$? Otóż obiekt będzie wtedy poruszał się nie po orbicie kołowej, lecz eliptycznej, a ciało niebieskie usytuuje się w jednym z ognisk tej elipsy (rys. 8). Energia całkowita ciała (potencjalna i kinetyczna łącznie) w punkcie A wynosi:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{k2} (\gamma^2 - 2) \qquad (5)$$

Tabela 2

Pierwsze prędkości kosmiczne dla różnych ciał niebieskich

Ciało niebieskie	Prędkość charakterystyczna (km/s) dla wysokości					
	0 km	10 km	100 km	1000 km	10 000 km	100 000 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

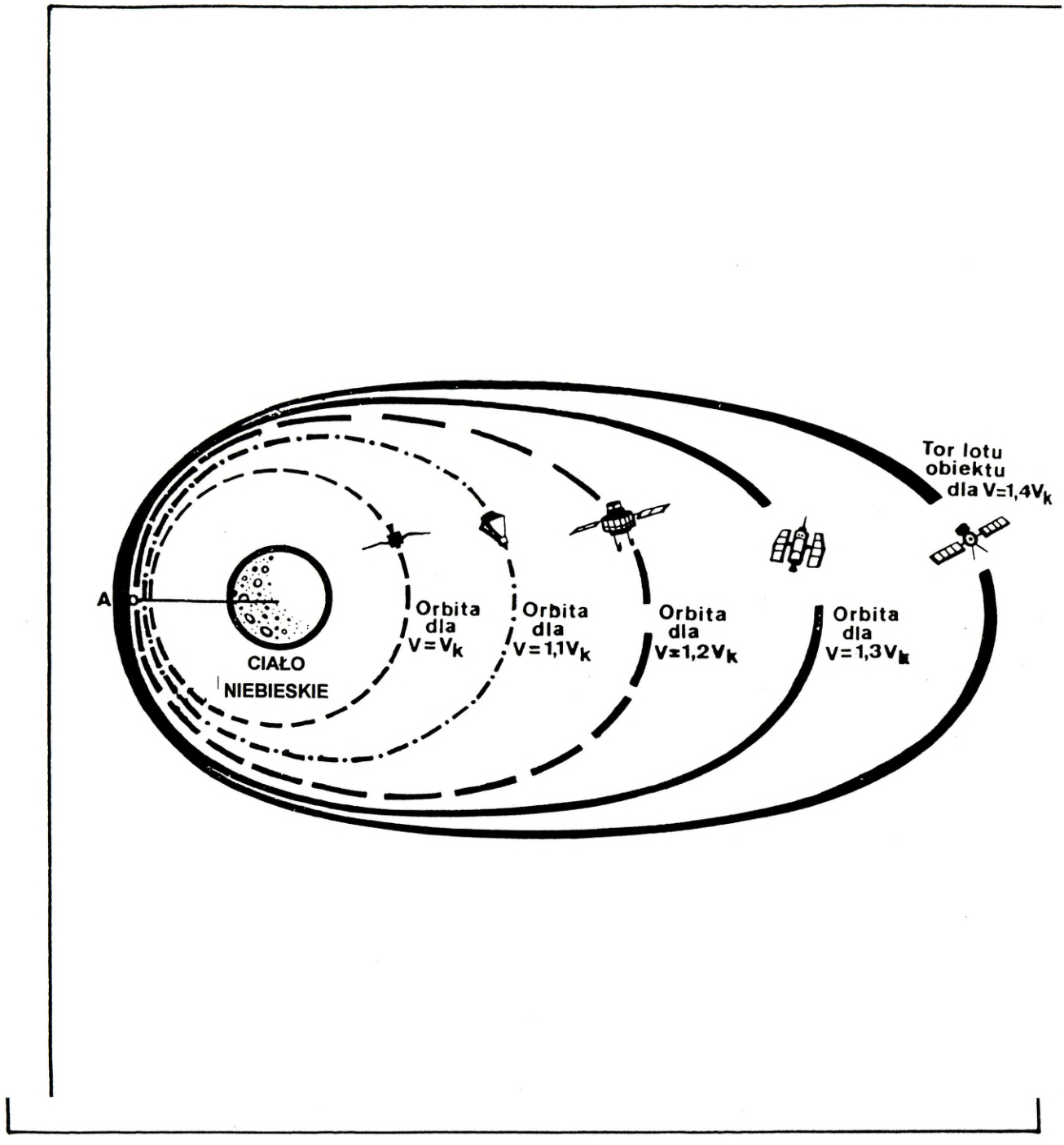
Dopóty, dopóki energia całkowita jest ujemna ($E_c < 0$), obiekt porusza się po torze zamkniętym wokół ciała niebieskiego. Jeżeli energia ta jest dodatnia lub równa 0 ($E_c > 0$), obiekt oddala się do nieskończoności – „ucieka" od ciała niebieskiego. Dzieje się tak, gdy:

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

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[9], lecz mniejsza niż $v_k \sqrt{2(2v_k} \leq \bar{v} < \sqrt{2 \cdot v_k})$, to obiekt porusza się po orbicie zamkniętej (dla $\bar{v} = v_k$ jest to orbita kołowa, dla $v_k < \bar{v} \sqrt{2 \cdot v_k}$ - orbita eliptyczna);

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



Rys.8. Kształty orbit w zależności od prędkości ruchu obiektów kosmicznych

2. jeżeli prędkość w pewnej odległości od ciała jest co najmniej $\sqrt{2}$ razy większa od prędkości kołowej v_k dla tej wysokości $\left(\bar{v} \geq \sqrt{2 \cdot v_k}\right)$, to obiekt porusza się po torze otwartym – ucieka do nieskończoności i nie wraca ku ciału niebieskiemu (gdy $\left(\bar{v} = \sqrt{2 \cdot v_k}\right)$, to tor jest parabolą, a gdy $\bar{v} > \sqrt{2 \cdot v_k}$ - 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[10]. 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:

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

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).

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 42,1 km/s. Taką prędkość należałoby nadać obiektowi orbitującemu wraz z Ziemią wokół Słońca. Natomiast obiekt startujący z Ziemi wykorzystuje prędkość, jaką Ziemia ma w swym ruchu wokół Słońca (około 30 km/s). Jeżeli więc wyśle się obiekt w kierunku

[10] 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.

zgodnym z kierunkiem ruchu Ziemi[11], 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 oddziaływań Słońca, Ziemi i obiektu kosmicznego.

1.3.3. Okres obiegu satelity po orbicie kołowej

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:

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

W wielu systemach wojskowych stosowane są satelity, których okres obiegu T wokół planety równy jest jej okresowi obrotu τ wokół własnej osi[12]. 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:

$$H = \sqrt[3]{\frac{G\cdot M\cdot \tau_2}{4\pi^2}} - R$$

Zgodnie z zależnością (7), satelity umieszczone na orbitach niższych 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, nie obiega planety nawet raz w ciągu jednej „doby".

---

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

[12] W odniesieniu do Ziemi satelita taki nazywa się geostacjonarnym. Jego wysokość nad powierzchnią Ziemi wynosi 35871 km, a okres obiegu 24 h. Ze względu na zmienną wysokość rzeźby powierzchni Ziemi podaje się wysokość 35880 km.

2. SYSTEMY SATELITARNE

W bezchmurną noc można śledzić wzrokowo sztuczne satelity[13] 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[14].

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 Księżycu były inspirowane niewątpliwie względami rywalizacji z Rosjanami.

Program SDI[15] był od początku zamierzonym narzędziem zniesienia 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[16]. Trudno nie zdawać sobie sprawy z możliwych

---

[13] 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.

[14] 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.

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

[16] 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".

skutków zbrojeń kosmicznych. Nieuchronnie prowadziłyby one do zburzenia wcześniej istniejących stosunków politycznych. Liczenie na to, że kraje, których położenie geopolityczne zostałoby zagrożone wskutek zbrojeń kosmicznych pozostałyby 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 zmianie. Funkcja ta stanowi sens istnienia sił zbrojnych w każdym kraju. 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 może trwać 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 sił zapewniających zwycięstwo. Możliwości takie stwarza hipotetyczna 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 samo-

---

Generał Rietland zapytany, dlaczego Stany Zjednoczone dążą do opanowania kosmosu, oświadczył: „(...) nie dlatego, że pociąga on swoją tajemniczością, lecz dlatego, że widzę 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 R. Reagan zapowiedział, że kraj ten podejmie działania, które mogą zmienić bieg historii, uczynić broń jądrową bezsilną i przestarzałą.

lotów, 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, byłaby aktem niebezpiecznym, który mógłby 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 teoretycznie 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. Jesteśmy członkiem NATO i mamy uzasadnioną nadzieję na korzystanie z infrastruktury kosmicznej tego paktu. Powinniśmy zatem zgłębiać wiedzę o naturze kosmosu i systemach tam funkcjonujących.

2.1. Satelity rozpoznawcze

Na miano pierwszego sztucznego satelity rozpoznawczego zasługuje amerykański Explorer[17], wystrzelony 31.1.1958 r. Jego aparatura dokonała odkrycia tak zwanych pasów Van Allena. 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 oni informację o wystrzeleniu załogowego statku kosmicznego dopiero po jego pomyślnym usytuowaniu na orbicie. Unikano kompromitacji w razie niepowodzenia.

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

Pod względem wykorzystywanej aparatury wyróżniane są następujące satelity rozpoznawcze[18]: **fotograficzne, elektroniczne i telewizyjne.** Do aparatury pierwszej należą urządzenia zbierające informacje w podczerwieni, natomiast aparatura elektroniczna może funkcjonować w paśmie częstotliwości radiolokacyjnej lub radiowej.

---

[17] Encyklopedia Powszechna PWN. Warszawa 1974. T. 2, s. 870.
Encyklopedia techniki wojskowej. MON. Wyd. II, s. 622.
[18] Mała encyklopedia wojskowa. MON, 1971. T. 3, s. 125.

Stosowane są też inne podziały, wynikające z przeznaczenia i środowiska rozpoznawania obiektów, co obrazuje treść tabeli 3.

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 w innych dziedzinach militarnych, służyć ma ukryciu stanu rzeczywistego. Gdy chodzi o demonstrowanie swej wyższości, potencjalni rywale nawet przesadnie podkreślają możliwości swoich systemów rozpoznania kosmicznego.

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 wystarczającej 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 3 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, ale interesujące są także inne.

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	planowano 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; mają 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 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.).	

Państwa Unii Europejskiej, aktywnie uczestniczą w badaniach kosmicznych. Łącznie 13 państw członkowskich Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) od 1991 roku prowadzi badania w ramach programu ERS (European Remote Sensing Satellite). W ramach tego programu badane są: zależności klimatyczne (czynniki kształtujące klimat); cyrkulacje oceaniczne i transfery energii w ekosferze ziemskiej; zasoby wodne Ziemi, włącznie z masami lodowców Arktyki i Antarktyki; procesy brzegowe i detekcja skażeń; badanie zmian w atmosferze ziemskiej i „efektu cieplarnianego". Satelity ERS funkcjonują w systemie ciągłym, co zapewnia ich pokładowa aparatura:

1) Radiolokator mikrofalowy AMI (Active Microware Instrument) pracujący w systemie:
   a) radaru obrazowego SAR (Synthetic Aperture Radar Imgae Mode), przeznaczonego głównie do pozyskiwania wysokorozdzielczych zdjęć naszej planety;
   b) falowego SAR, umożliwiającego rejestrację małych obrazów o wymiarach 5 km x 5 km wzdłuż trajektorii satelity. Uzyskane zdjęcia pozwalają dokonywać pomiaru długości i rozchodzenia się fal oceanicznych;
   c) skaterometru, dostarczającego specjalistycznych danych umożliwiających ocenę siły i kierunku przemieszczających się mas powietrza.
2) Wysokościomierz radarowy (radar altimeter), przeznaczony do dokonywania dokładnych pomiarów wysokości fal wodnych, prędkości w strefie przypowierzchniowej, określania szczegółów topograficznych określonego terenu i szereg innych danych.
3) Radiometr skanujący i sonda mikrofalowa ASTR (Along-Track-Scaning Radiometer and Microware Sounder), które tworząc zespół pasywnych sensorów podczerwieni i mikrofal, umożliwiają dokonywanie precyzyjnych pomiarów: temperatury powierzchni lądu, powłok chmur, określania wilgotności i szeregu innych.
4) System PRARE (Precision Range and Range – Rate Equipment), przeznaczony do precyzyjnego określania pozycji satelity i charakterystyki orbity.
5) Reflektor laserowy LRR (Laser-Retro-Reflector) do precyzyjnych pomiarów odległości w relacji satelita – stacja naziemna.

Badania kosmiczne prowadzone przez Europejską Agencję Kosmiczną – ESA, są dowodem dużych możliwości i aktywności licznych członków NATO. Nie mają oni natomiast potrzeb tworzenia konkurencyjnych podsystemów wojskowych i wykorzy-

stują amerykańskie. Z tego stanu rzeczy wynika, że i nasze Siły Powietrzne będą czyniły to samo. Informacje meteorologiczne i w niewielkim stopniu nawigacji satelitarnej już wykorzystujemy.

NATO-ski „System Dowodzenia i Zarządzania ACSS (The NATO Air Command And Control System) jest intensywnie tworzony. (Termin zakończenia 2012 rok). W systemie tym już na najniższym szczeblu zbioru i opracowania informacji RPC (Rap Production Contre) mają być dostępne informacje z rozpoznania satelitarnego.

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. Trudno obecnie wyznaczyć granice między rozpoznaniem dla celów wojskowych i gospodarczych. Dotychczas nie rozpoznawano z orbit celów powietrznych. Wobec zagrożenia rakietami P-P podsystemów typu AWACS potrzeba wykrywania i identyfikowania obiektów powietrznych stanowi żywotną potrzebę. O problemach tych napisano w punkcie 3.1. W tym miejscu można wyodrębnić cele ogólne rozpoznania satelitarnego, które definiuje się jako:

a) **Ostrzeganie o zagrożeniu bezpieczeństwa państw** lub koalicji państw. 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 czy powstawania skażeń chemicznych lub promieniotwórczych.

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. Rozpoznanie takie prowadzone jest w zaplanowanych odstępach czasu, periodycznie.

c) **Rozpoznanie szczegółowe**, prowadzone na ograniczonych obszarach, często ukierunkowane informacjami z kosmicznego 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.

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

Promień strefy obserwacji satelity L można wyznaczyć z zależności:

$$L = 2\Pi R\frac{\alpha}{360}.$$

Kąt α ma wartość:

$$\alpha = \arcsin\frac{D_H}{H+R},$$

a odległość od horyzontu:

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

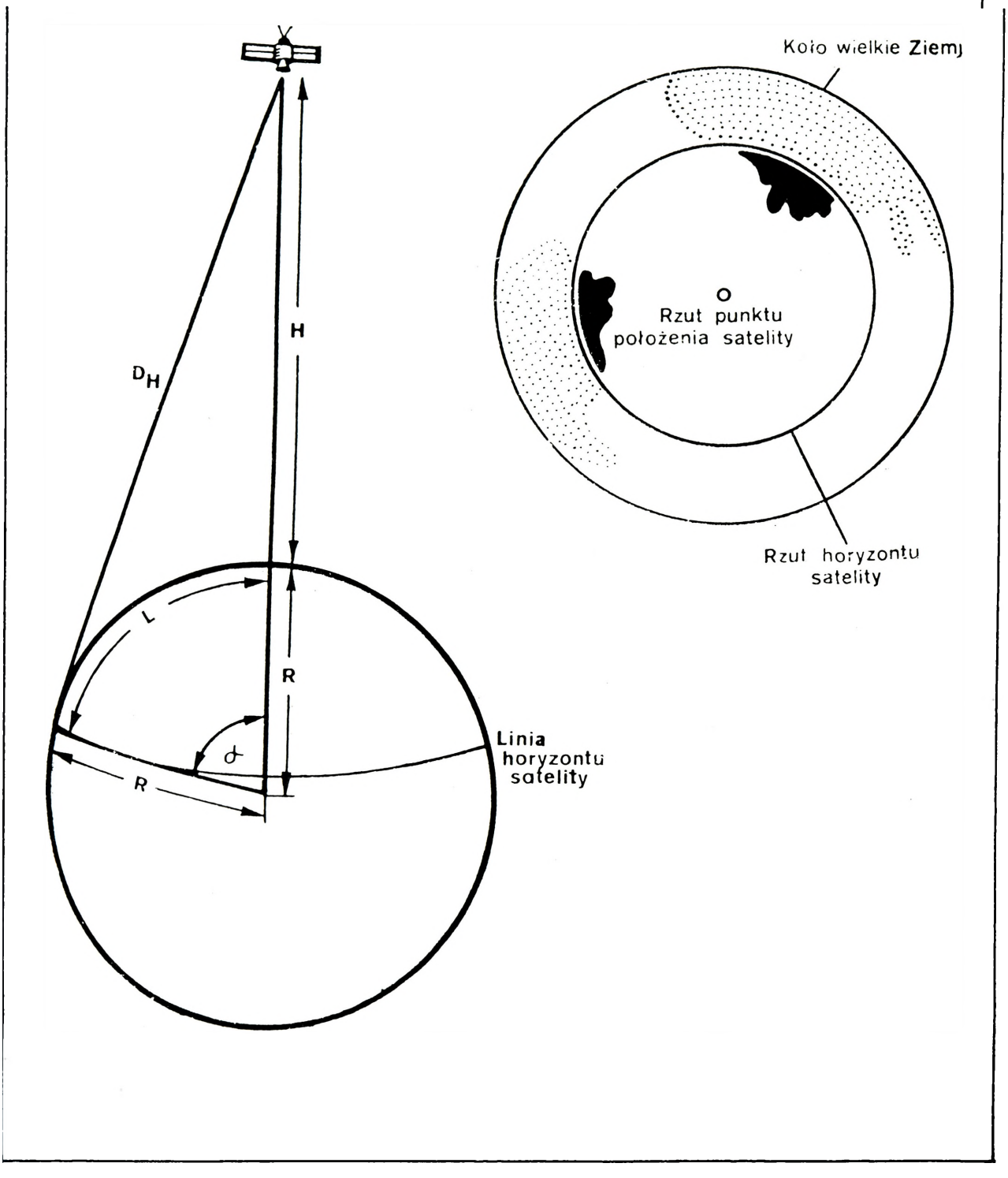
Tak, na przykład, dla satelity stacjonarnego (H=35880 km) odległość od horyzontu wynosi 41774 km. Z kolei promień kontrolowanego obszaru Ziemi ma wartość 9052 km.

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 Jednakże wzrost wysokości orbity związany jest ze zwiększeniem odległości obserwacji (rys. 9).

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[19].

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 kątami. I tak, obszar pod satelitą obserwowany jest pod kątem 90°, natomiast w miarę oddalania się od ośrodka kontrolowanego obszaru ku linii horyzontu, kąty obserwacji maleją aż do 0°. Tak więc warunki obserwa-

[19] Obszar kontrolowany nie zmienia się tylko w wypadku satelity na orbicie geostacjonarnej (H = 35880 km). Rejon obserwowany z innych orbit „przesuwa się" zgodnie z ruchem sztucznego satelity względem powierzchni kuli ziemskiej.



Rys. 9. Obszar obserwacji satelity

cji najlepsze są w środku obszaru (najmniejsza odległość, największy kąt), a najgorsze na horyzoncie (największa odległość, zerowy kąt). W środku obszaru kąty obserwacji mają wartości od 0^o do 90^o, a odległości obserwacji zmieniają się od D_H do H.

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.

Użytkownicy satelitów wczesnego ostrzegania stwierdzili występowanie różnorodnych zakłóceń ich aparatury (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.

Jeszcze trudniejszym problemem jest niewielka, w stosunku do rzeczywistych potrzeb, powierzchnia obserwacji wykrywanych zjawisk. Mianowicie okręty podwodne o napędzie atomowym mogą docierać w dowolny punkt oceanów. Warto przy tym 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 Rosja posiada powierzchnię 17 200 000 km^2. Chcąc nieustannie śledzić cały Atlantyk, należałoby użyć do tego celu od 1325 do 2650 satelitów, a nad obszarem Rosji mieć od 275 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.

Od dłuższego czasu trwają intensywne pace mające na celu podniesienie 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 wysoką 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. 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 Rosję 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[20]. Proponuje się, na przykład, przystosowanie rakiet międzykontynentalnych do ich odwoływania, gdy 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 dublowane przez inne systemy rozpoznania.

Funkcjonowanie satelitarnego rozpoznania fotograficznego

Państwa dysponujące techniką kosmicznego rozpoznania fotograficznego nie ogłaszają zbyt obszernych informacji o swoich programach. Trudno dziwić się tej praktyce, wszak jest to najczęściej działalność szpiegowska. Mimo to, na podstawie fragmentarycznych informacji, określono, że spośród wszystkich satelitów wystrzeliwanych przez Stan Zjednoczone, Chiny i Rosję około 40% zawiera aparaturę fotograficzną. Na pierwszy rzut oka może się wydawać, że jest to niedorzeczne. Praktyka jednak dowodzi, że fotografowanie z kosmosu, w określonych warunkach jest konkurencyjne wobec pozostałych sposobów 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. Szerokie opisywanie tych błon fotograficznych nie jest potrzebne, ponieważ są one powszechnie znane. Błony strefowo - spektralne stanowią odmianę barwnych i zobrazowanie wyrażane jest w celowo odkształconych kolorach. Uzyskuje się w ten sposób, podobnie jak na błonach podczerwonych, zobrazowania powstałe na skutek działania innych długości fal świetlnych i zawierające informacje niedostrzegalne na błonach klasycznych.

---

[20] W wyniku porozumienia START-1 obniżono ilość głowic jądrowych, głównie w USA i Rosji do około 11000 (każde państwo). Kolejne porozumienie START-2 nie zostało ratyfikowane.

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

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_m} + \frac{1}{R_O}$$

gdzie:

R_e - efektywna zdolność rozdzielcza obrazów fotograficznych,

R_m - zdolność rozdzielcza materiałów światłoczułych,

R_o - zdolność rozdzielcza obiektywów.

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 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 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. 10). Gdy kąt nachylenia orbity i=90°, to mamy do czynienia z tak zwaną orbitą biegunową. Wówczas satelita fotograficzny w każdym okrążeniu kuli ziemskiej przelatuje nad oboma biegunami Ziemi w odstępach czasu wynikających z wysokości orbity.

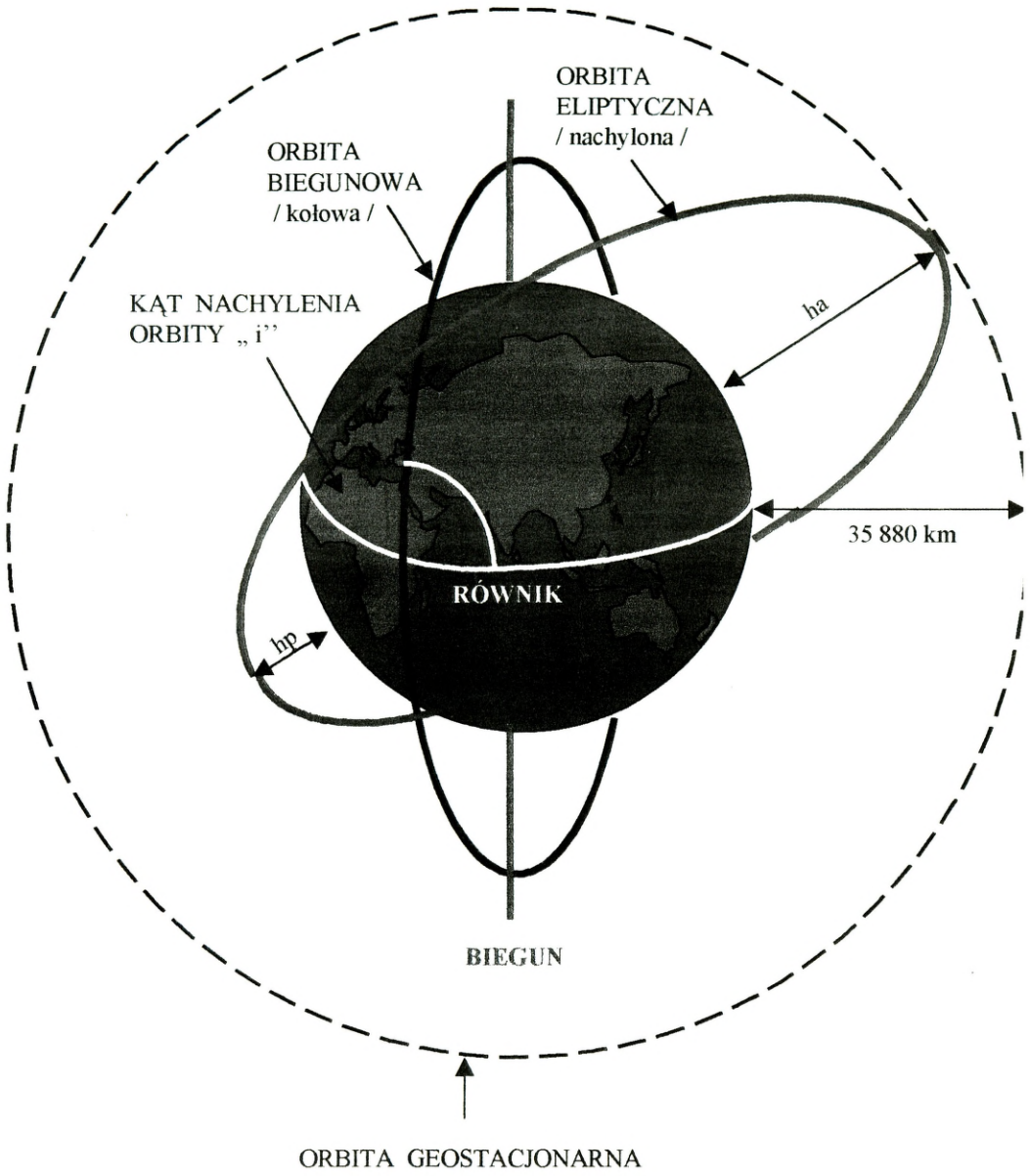
Programując umieszczenie satelitów fotograficznych w kosmosie planuje się ich orbity i funkcjonowanie tak, aby fotografowały niezbędne obszary w czasie odpowiednim z punktu widzenia potrzeb operacyjno - strategicznych, korzystnych warunków atmosferycznych oraz możliwości wykonania zdjęć. Odstępy liniowe 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 4.

Nośnikiem informacji o wszelkich obiektach rozpoznania satelitarnego 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 elektromagne-



Rys. 10. Orbity stosowane w fotografowaniu kosmicznym

Tabela 4

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

tycznych i tworzeniu na ich podstawie obrazów fotograficznych (światło) lub zobrazowań elektronicznych na oscyloskopach, monitorach itp.

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[21], 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 (długość 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

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

nośnika informacji wpływa dodatnio na wzrost zdolności rozdzielczej zobrazowania. Fakt ten wzbudza zainteresowanie promieniowaniem nadfioletowym jako nośnikiem informacji w rozpoznaniu satelitarnym.

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 napisano wcześniej.

Z treści tabeli 4 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 takimi aparatami tylko wybrane, stosunkowo niewielkie obszary, na których trzeba zidentyfikować obiekty o małych rozmiarach, ewentualnie częściowo maskowane.

Dostarczanie wyników fotografowania kosmicznego do odpowiednich ośrodków naziemnych może odbywać się trzema sposobami: przez zrzut naświetlonych błon w specjalnych zasobnikach[22], drogą radiową lub w drodze opróżniania pojemników przez załogi statków kosmicznych docierających do satelity. Początkowo dominował

[22] Obecnie sposób ten nie jest prawdopodobnie praktycznie stosowany. Tym niemniej taka możliwość istnieje.

sposób pierwszy, zwłaszcza w odniesieniu do satelitów, których okres żywotności był długi. W miarę doskonalenia elementów aparatury satelitów rozpoznania fotograficznego coraz większego znaczenia nabierało odległościowe przekazywanie obrazów.

Aparatura fotograficzna satelity funkcjonuje zgodnie z opracowanym wcześniej programem, a jej działaniem steruje komputer. Istnieje możliwość doraźnych korekt przez wprowadzenie do komputera odpowiednich komend. Naświetlane błony fotograficzne przewijane są do specjalnych zasobników i w myśl wcześniej opracowanego planu lub na sygnał z Ziemi wyrzucane z satelity. Zasobniki mają urządzenia hamujące prędkość wlotu w gęste warstwy atmosfery ziemskiej oraz nadajnik umożliwiający namierzanie położenia zasobnika w czasie lotu i po jego opadnięciu. W dotychczasowej praktyce stosowano przechwytywanie zasobników przez załogi śmigłowców (w czasie gdy zasobniki opadały na spadochronach lub natychmiast po ich zetknięciu się z wodą lub z ziemią). Zasobniki nie odnalezione w ustalonym czasie, na przykład w ciągu 40 godzin, ulęgają samozniszczeniu.

Proces przesyłania filmów z satelitów na Ziemię w zasobnikach nie jest łatwy. Dlatego takie postępowanie może być w przyszłości zaniechane. Nie jest zadowalający stan, gdy najwyżej kilka razy w ciągu aktywnej działalności satelity może być dokonywany zrzut filmów. Natomiast niekwestionowaną zaletą tego sposobu pozyskiwania zdjęć jest ich większa wierność i ostrość uzyskiwanych obrazów rozpoznawanych obszarów. Przeciwnik nie może też skutecznie przeciwdziałać takiemu przejmowaniu wyników fotografowania.

Wysoką efektywność osiągnięto również w przekazywaniu wyników fotografowania drogą radiową Przy takiej metodzie naświetlona błona fotograficzna przesyłana jest z aparatu do układu wywołującego i utrwalającego negatyw albo opracowującego jednocześnie obrazy pozytywowe. Kolejny układ, zwany analizatorem obrazów, zamienia je w ciąg sygnałów elektromagnetycznych, odpowiadających swym charakterem różnym stopniom zaczernienia lub zabarwienia poszczególnych punktów negatywu ewentualnie pozytywu. Sygnały odbierane przez stacje naziemne zamieniane są z kolei na obrazy pierwotne. Mogą być one odtwarzane na ekranach elektronicznych, zapisywane na nośnikach magnetycznych lub ponownie kopiowane na materiałach fotochemicznych. Potrzebne są zatem naziemne odbiorniki[23], które przeciwnik może zakłócać. Prędkość przekształcania obrazów fotograficznych w sygnały

[23] Stosowane powszechnie odbiorniki przyjmujące obrazy meteorologiczne, świadczą, że podobne urządzenia wystarczą do odbioru danych rozpoznawczych.

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.

Obrazy z kosmicznego rozpoznania fotograficznego obejmują znaczne obszary, na których mogą znajdować się bardzo liczne i różnorodne zbiory obiektów, a rzeźba i pokrycie terenu mogą mieć różny charakter. Odczytywanie wyników fotografowania kosmicznego jest procesem złożonym, który w poważnym stopniu został zautomatyzowany. Na pojedynczym zdjęciu 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 zautomatyzowana analiza zdjęć satelitarnych. Obszary, na których przeciwnik może zmieniać sytuację militarną, fotografuje się w odstępach czasu zapewniających uchwycenie wszystkich tych zmian. Kolejne generacje zdjęć poddawane są automatycznej analizie komputerowej. Każdą zmianę komputer natychmiast sygnalizuje i szczegół taki jest poddawany dokładnej analizie.

Automatyzowanie odczytywania zdjęć satelitarnych może odbywać się różnymi metodami. Szerokie zastosowanie znajduje metoda wyszukiwania, rozpoznawania i opisywania zobrazowanych na zdjęciu rodzajów, klas i nawet typów obiektów. Na przykład odpowiednio zaprogramowany układ komputer - perceptron automatycznie rozpoznaje na zdjęciu 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 zdjęcia poddawane są różnorodnym zabiegom polegającym na powiększaniu, zmianie kontrastu lub porównywaniu z innymi zobrazowaniami uzyskanymi za pomocą odmiennych systemów rozpoznania obrazowego.

Odczytywanie zdjęć dokonywane wzrokowo przez człowieka czy też w sposób zautomatyzowany odbywa się na podstawie dostrzegalnych cech obiektów. Nie ma potrzeby szerokiego opisywania tych zagadnień. Niemniej jednak niektóre kwestie warto skomentować. Przy doskonałości współczesnych obiektywów aparatów fotograficznych oraz jakości materiałów światłoczułych osiągana jest efektywna zdolność rozdzielcza (R_e) przynajmniej 150 linii/mm. Stosowanie tak zwanej optyki składanej zapewnia uzyskiwanie zdjęć o odpowiednio dużej skali. W rezultacie możliwe jest rozróżnianie na zdjęciach obiektów, których średnica lub długość i szerokość wynosi nawet tylko 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 zdjęciach rozpoznania szczegółowego można 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 satelitarnego rozpoznania fotograficznego.

Jak wynika z przedstawionego opisu, fotografowanie z kosmosu nie jest przydatne w nocy i przy pokrywie chmur. Poważnie ograniczone są jego możliwości w stosunku do obiektów małych i maskowanych. Nie widać jednak symptomów, które by świadczyły o zmierzchu tego sposobu rozpoznania. Ma ono niepodważalne zalety. Można za jego pomocą rozpoznawać ogromne obszary. Umożliwia ono daleko posuniętą dyskrecję, zwłaszcza kiedy wyniki nie są transmitowane drogą radiową, chociaż ta forma przekazywania wyników musi być w niektórych wypadkach dominującą, z uwagi na terminowość dostarczania danych z rozpoznania. Rozpoznanie fotograficzne jest skuteczne tylko w odpowiednich warunkach, podobnie zresztą jak inne sposoby rozpoznawania. Jest to ogólna prawidłowość występująca w świecie techniki. Czy są urządzenia uniwersalne? Nieudane próby stworzenia perpetuum mobile podejmowane na przestrzeni wieków świadczą o ograniczonych możliwościach wytwórczych człowieka.

Funkcjonowanie satelitarnego rozpoznania w podczerwieni

Spotyka się różne określenia dotyczące tej samej techniki zbierania informacji, w rodzaju: „rozpoznanie termalne", „termiczne" bądź „w podczerwieni". Faktycznie chodzi o tworzenie obrazów terenu i znajdujących się na nim obiektów na podstawie ich naturalnego promieniowania w obszarze widma elektromagnetycznego rozciągającego się od 760 nm do 1000 μm. Promieniowanie to jest właściwe wszystkim ciałom, których temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego (-273°C).

Emitowana przez ciała energia promieniowania podczerwonego jest proporcjonalna do czwartej potęgi ich temperatury, wskutek czego nawet minimalne różnice temperatury między rozpoznawanymi obiektami i tłem podłoża stwarzają duży kontrast. Istnieje wprawdzie możliwość podświetlania promieniowaniem podczerwonym rozpoznawanych obiektów, lecz zabieg taki nie jest stosowany w rozpoznaniu satelitarnym. Wykorzystuje się metodę biernego odbioru promieniowania. Stosowana aparatura reaguje na różnicę temperatur rzędu 0,01°C. Największą zaletą rozpoznania w podczerwieni jest jego niezależność od pory doby. Noc nie wpływa ujemnie na wyniki rozpoznania. Większa długość fal promieniowania podczerwonego, w porównaniu z widzialnym wykorzystywanym w fotografowaniu klasycznym, sprawia, że jest ono bardziej przenikliwe. Nie mniej jednak takie przeszkody, jak gęsta mgła, padający śnieg lub deszcz, rozpraszają to promieniowanie, a nawet okresowo eliminują przydatność tej techniki rozpoznania.

Właściwości aparatury rozpoznawczej działającej w podczerwieni predestynują tę technikę do wykrywania przede wszystkim obiektów maskowanych, nisko kontrastowych pod względem optycznym, a kontrastowych termicznie również z kosmosu. Technikę rozpoznawania w podczerwieni cechuje pewne podobieństwo do fotografowania.

Zarówno w fotografowaniu, jak i w urządzeniach na podczerwień pierwotnym elementem zbierającym informacje są układy optyczne. W kamerach na podczerwień układ optyczny zbiera energię promieniowania w zadanym paśmie częstotliwości i ogniskuje ją w detektorze. Ze względu na naturę promieniowania w podczerwieni, detekcja za pomocą kamer na podczerwień porównywana bywa do zbierania informacji za pomocą układów antenowych w urządzeniach radiolokacyjnych. Wspominamy o tym problemie, aby podkreślić, że za pomocą obiektywów ogniskuje się tylko strumienie naturalnego promieniowania różnych ciał w wybranym paśmie częstotliwości.

Spośród całości aparatury kosmicznego rozpoznania w podczerwieni można wyodrębnić: układ programowania i sterowania, układ zbierania informacji (kamera) oraz układ przetwarzający i przesyłający obrazy. Sądzi się, że potrzebny jest komentarz dotyczący ostatniego układu, gdyż dwa pierwsze nie różnią się ideą od elementów układów fotograficznych.

Układ opracowujący obrazy może uzyskiwać dane z cieplnych lub kwantowych detektorów promieniowania podczerwonego, w zależności od koncepcji danej aparatury. Detektory tych dwóch rodzajów różnią się właściwościami fizycznymi i użytkowymi. Wykorzystywanie wyników detekcji odbywa się przez przekształcanie i przesyłanie obrazów rozpoznawanych obiektów, zgodnie z potrzebami użytkowników systemu. Technicznie możliwe jest jednoczesne przetwarzanie obrazów na sygnały elektromagnetyczne i ich przesyłanie do stacji naziemnych oraz utrwalanie tych obrazów na kasetach (taśmach magnetycznych), na błonach fotograficznych lub na materiałach pozytywowych. Utrwalanie obrazów na pokładzie satelity rozpoznawczego może być celowe w przewidywaniu okresowego opróżniania tego swoistego „banku informacji" lub powtórnej transmisji informacji nie odebranych przez stacje naziemne w czasie rzeczywistym. Różne przyczyny mogą powodować zakłócenia w odbiorze danych. Celowa działalność przeciwnika oraz silne anomalia w stanie fizycznym przestrzeni wokółziemskiej brane są pod uwagę w procesie projektowania

aparatury rozpoznania w podczerwieni. Obrazy odbierane z satelity przez stacje naziemne mogą być odtwarzane i wykorzystywane analogicznie jak fotograficzne.

Obrazy uzyskiwane z kosmosu w podczerwieni nie dorównują fotograficznym pod względem kontrastowości i zdolności rozdzielczej. Przyczyną tego stanu rzeczy są duże odległości dzielące satelity od Ziemi i różne zakłócenia. Za pomocą tych systemów możliwe jest współcześnie rozpoznawanie obiektów o rozmiarach od kilku metrów wzwyż. Poszczególne zestawy aparatury mogą pracować w różnych zakresach podczerwieni i ujawniać różne właściwości terenu i jego pokrycia, a także obszarów wodnych i obiektów pływających. Wręcz niezastąpiona jest aparatura pracująca w podczerwieni, gdy obiekty rozpoznania są silnie maskowane. Zwykłe siatki maskujące i roślinność nie tłumią wystarczająco promieniowania podczerwonego, zwłaszcza pojazdów lądowych i statków powietrznych, które w ciągu wielu godzin od wyłączenia silników wydzielają wzmożone promieniowanie cieplne.

Aparatura rozpoznawcza w podczerwieni znakomicie ułatwia odróżnianie obiektów pozornych od rzeczywistych. Podczas wojny tworzenie obiektów pozornych jest jednym z głównych sposobów mylenia przeciwnika. Buduje się sztuczne obiekty proste, imitujące sprzęt bojowy, oraz obiekty złożone, na przykład zgrupowania rakiet, czołgów i lotniska. Do tworzenia obiektów pozornych wykorzystywany jest zużyty sprzęt własny i nieprzyjaciela oraz specjalnie budowane makiety, w tym napełniane powietrzem powłoki elastyczne dosyć wiernie imitujące różne rodzaje sprzętu bojowego. Odróżnienie, co jest obiektem naturalnym, rzeczywistym, a co sztucznym, jest możliwe dzięki obrazom wykonywanym w podczerwieni. Promieniowanie obiektów „martwych" różni się od użytkowanych i stanowi niezawodne źródło informacji o rozpoznawanych obiektach.

Funkcjonowanie satelitarnego rozpoznania radioelektronicznego

Rozpoznanie radioelektroniczne może być prowadzone z kosmosu za pomocą aparatury radiolokacyjnej lub radiowej. Są to dwie różne sfery rozpoznania, w których wykorzystywana jest aparatura odrębna pod względem budowy i funkcjonowania.

W rozpoznaniu radiolokacyjnym mogą być stosowane tak zwane systemy radiolokacji pasywnej i radiolokacji aktywnej. W systemach radiolokacyjnych wykorzystywane jest pasmo mikrofalowe rozciągające się od granicy podczerwieni (około 1000 μm) w kierunku fal centymetrowych.

Radiolokacja pasywna polega na odbieraniu mikrofal emitowanych przez różne ciała (wcześniej opisane). Brakuje informacji o tego rodzaju detekcji w rozpoznaniu kosmicznym. Ocenia się, że ze względu na duże odległości, niską intensywność promieniowania i istnienie silnych pól elektromagnetycznych, radiolokacja pasywna nie jest dotychczas stosowania w rozpoznaniu satelitarnym. Zakłócenia są w tym wypadku szczególnie skuteczne, ponieważ naturalne promieniowanie występuje w zakresie fal centymetrowych.

System radiolokacji aktywnej, zwanej też impulsową, emituje sygnały sondujące (w postaci fal elektromagnetycznych), które odbijając się od rozpoznawanych obiektów, wracają do systemu i w ten sposób dostarczają informacji o tych obiektach.

Ze względu na funkcjonowanie i charakterystykę użytkową wyróżniane są stacje radiolokacyjne: **obserwacji okrężnej, obserwacji sektorowej i obserwacji bocznej**. Określenia te wyrażają kierunki i przestrzeń emitowania sygnałów, a więc i zbierania informacji radiolokacyjnych. W rozpoznaniu kosmicznym najlepsze efekty można uzyskiwać za pomocą stacji radiolokacyjnych obserwacji bocznej. Oś wiązki emitowanych fal elektromagnetycznych usytuowana jest prostopadle do linii orbity satelity, na którym instaluje się stację radiolokacyjną. Stacje takie mogą emitować sygnały koherentne (spójne), umożliwiające nie tylko rejestrację amplitudy, ale także fazy powracających sygnałów. Generowanie, emitowanie i odbiór sygnałów odbitych od powierzchni obiektów z zachowaną strukturą fazową zapewnia układ nadawczo - odbiorczy stacji. Można przypuszczać, że stosowane są wielokanałowe syntetyzowane anteny o efektywności znacznie przewyższającej anteny o podobnych wymiarach, lecz niesyntetyzowane. Istnieją dwa typy anten syntetyzowanych - bez ogniskowania oraz z ogniskowaniem na zadaną odległość. Ogniskowanie anteny zapewnia rozróżnialność liniową zobrazowań, niezależną od odległości detekcji. Jest oczywiste, że przy stosowaniu anten nieogniskowanych wzrost odległości rozpoznania obniża rozróżnialność liniową zobrazowań.

Długość fal elektromagnetycznych wpływa na rozróżnialność kątową. Skracanie długości wykorzystywanych fal, na przykład do wielkości milimetrów, obniża Θ_R. Innymi słowy - zapewnia oddzielne widzenie mniejszych obiektów. Tak się dzieje, gdy nie występują zakłócenia. W rzeczywistości, im krótsze fale emituje stacja radiolokacyjna, tym silniej są one tłumione w atmosferze ziemskiej, zwłaszcza w niekorzystnych warunkach atmosferycznych. Wobec tego zmniejszanie Θ_R przez zwięk-

szanie długości anten stacji jest działaniem bardziej efektywnym. Możliwe jest to do osiągnięcia na drodze syntetyzacji lub przez zwiększanie rzeczywistych wymiarów anten. Wobec braku znaczącej siły tarcia na wysokości kilkuset kilometrów i na wyższych orbitach, możliwe jest wyposażanie satelitów w bardzo długie anteny, nawet rzędu kilkuset metrów. Wpływ długości wykorzystywanych fal oraz długości anten stacji na kątową zdolność rozdzielczą obrazów wyrażają dane zawarte w tabeli 5.

Tabela 5

Kątowa zdolność rozdzielcza obrazów stacji radiolokacyjnych w zależności od długości wykorzystywanych fal elektromagnetycznych i długości anten

Długość fali (γ) / Długość anteny (d)	600 μm	6000 μm	1 cm	10 cm
10 m	15"10	2'31"	4'12"	41'56"
50 m	3"02	30"26	50"33	8'23"
100 m	1"51	15"10	25"16	4'12"
300 m	0"50	5"03	8"39	1'14"
500 m	0"30	3"02	5"03	50"33
1000 m	0"15	1"51	2"52	25"16

Znajomość kątowej zdolności rozdzielczej zobrazowań radiolokacyjnych jest nieodzowna wtedy, kiedy dokonujemy określania minimalnych rozmiarów obiektów, które mogą być rozpoznawane za pomocą aparatury radiolokacyjnej. Określania tych rozmiarów można dokonywać, posługując się zależnością:

$$x = \frac{\Theta_R \cdot H_o}{206265}$$

gdzie:

x - obliczane rozmiary obiektu;

H_o - wysokość orbity (odległość rozpoznania);

Θ_R - wartość kątowej zdolności rozdzielczej wyrażona w sekundach;

206265 - wartość radiana wyrażana w sekundach.

Za pomocą powyższego wzoru oblicza się długość łuku, którą przy dużych odległościach i małych kątach można traktować jako długość jego cięciwy. Dla zobrazowania problemu wykonano obliczenia, których wyniki zawiera tabela 6.

Tabela 6

Rozmiary obiektów rozróżnianych na zobrazowaniach radiolokacyjnych w zależności od Θ_R i H_o

Kątowa rozróżnialność zobrazowań (Θ_R)	Wysokość orbity (odległość) rozpoznania (H_o)		
	200 km	500 km	1000 km
5'	290,88 m	727,21 m	1454,43 m
1'	58,17 m	145,44 m	290,88 m
30"	29,08 m	72,72 m	145,44 m
10"	9,69 m	24,24 m	28,48 m
5"	4,84 m	12,12 m	24,24 m
1"	0,96 m	2,42 m	14,54 m

W tabeli tej przedstawiono dane o rozróżnialności obiektów w zależności od odległości rozpoznania. Są one reprezentatywne dla stacji radiolokacyjnych wyposażonych w anteny nieogniskowane. Dla anten ogniskowanych, co jest możliwe gdy są one syntetyzowane, nie uwzględnia się odległości rozpoznawania. Natomiast przyjmować należy, że ogniskowanie anten możliwe jest w stosunkowo niewielkim zakresie odległości, podobnie jak w obiektywach aparatów fotograficznych.

Zadowalającą rozróżnialność w rozpoznaniu szczegółowym osiąga się przy Θ_R poniżej 1 sekundy, co zapewnia stosowanie anten o długości co najmniej 300 m oraz fal elektromagnetycznych zakresu milimetrowego. Oba warunki są dosyć kłopotliwe do spełnienia i dlatego w praktyce stosowana jest aparatura o znacznie mniejszej rozróżnialności, spełniająca tylko niektóre wymagania rozpoznania ogólnego.

Aparatura rozpoznania radiolokacyjnego jest podatna na zakłócenia aktywne i pasywne. Niemniej jednak wielki zasięg rozpoznania z kosmosu, jego swoista pe-

riodyczność, różnorodność stosowanych systemów rozpoznawczych oraz ich kompatybilność stwarzają podstawę do wnioskowania, że praktyczne efekty potencjalnych zakłóceń nie byłyby znaczące.

Dane uzyskiwane z rozpoznania radiolokacyjnego, których nośnikami są odbite fale elektromagnetyczne, poddaje się przekształceniom w odpowiednim układzie analizującym. Celem tego działania jest niezbędne uszeregowanie informacji o obiektach rozpoznania i nadanie im formy umożliwiającej odległościowe przekazywanie w pożądanym czasie. Przekazywanie wyników może odbywać się w formie obrazów, które w punktach odbioru będą natychmiast odtwarzane na ekranach urządzeń zobrazowania. Jest to najsprawniejsza z możliwych forma przekazu, ale nie jedyna. W uzasadnionych wypadkach może być stosowany bardziej złożony system rejestracji i wizualizacji wyników rozpoznania radiolokacyjnego, a mianowicie optyczny.

Satelitarne rozpoznanie radiowe polega na przechwytywaniu fal elektromagnetycznych emitowanych przez obiekty będące przedmiotem rozpoznania. Można przy tym wyodrębnić trzy grupy obiektów rozpoznania, którymi są systemy: **łączności, radiolokacyjne i radionawigacyjne**. Systemy te nie mogą być rozpoznawane wprost. Nawet pojedynczych środków należących do tych systemów nie można zobaczyć. Natomiast generowane przez te środki fale elektromagnetyczne są źródłem wielu bezpośrednich informacji i na ich podstawie możliwe jest określanie:

a) częstotliwości fali nośnej nadajników rozpoznawanych środków radioelektronicznych;
b) parametrów emitowanych sygnałów impulsowych, zwłaszcza ich długości i częstotliwości powtarzania;
c) sposobów modulacji i polaryzacji fal radiowych;
d) struktury przestrzennej promieniowania elektromagnetycznego danego obiektu;
e) współrzędnych punktów, w których rozmieszczone są rozpoznawane źródła promieniowania elektromagnetycznego.

Z powyższego wynika, że są to cechy, na podstawie których można wnioskować o dalszych charakterystykach rozpoznawanych urządzeń. Działanie takie jest możliwe wobec sprzętu, o którym rozpoznający ma obszerne informacje katalogowe, a więc wobec sprzętu znanego. W efekcie wnioskowania opartego na pewnym zbio-

rze cech rozpoznawanych obiektów określa się większość pozostałych właściwości interesujących rozpoznającego. Informacjami ustalanymi na podstawie cech pierwotnie rozpoznanych mogą być:

a) rodzaje, klasy, typy i nazwy urządzeń radioelektronicznych;
b) użytkownicy, przeznaczenie i zakres wykorzystywania urządzeń;
c) zadania wykonywane za pomocą rozpoznawanych urządzeń oraz możliwości eliminowania lub ograniczania skuteczności działania tych urządzeń;
d) miejsce w ugrupowaniu wojsk przeciwnika, a poprzez to pośrednie wnioskowanie o tym ugrupowaniu;
e) elementy prawdopodobnego zamiaru dalszych działań przeciwnika.

W rozpoznaniu radiowym także trzeba wcześniej poznać przynajmniej opisy obiektów, aby móc o nich wnioskować. Niestety, wnioskowanie pośrednie o urządzeniach nowych, nieoczekiwanie pojawiających się, jest niemożliwe lub co najmniej niepewne. Nowe jednak rodzaje i typy sprzętu, a więc nie znane, nie są codziennością. Tym bardziej, że zaskoczenie nową techniką jest coraz trudniejsze do osiągnięcia.

Tworzenie uniwersalnych systemów rozpoznania radiowego nie jest raczej działaniem racjonalnym, ponieważ właściwości fizyczne wymienionych wcześniej trzech grup obiektów rozpoznania są zróżnicowane. Pracują one w szerokich przedziałach długości fal. Systemy radiolokacyjne mają fale centymetrowe i metrowe, a systemy radiowe – nawet kilometrowe. Między innymi ten fakt przesądza o tym, że czasami fachowcy używają zamiennych nazw; rozpoznawanie radiowe na długościach fal wykorzystywanych w systemach radiolokacyjnych nazywają radioelektronicznym, chcąc w ten sposób podkreślić jego pewną odrębność od rozpoznania urządzeń radiowych.

W okresie pokoju nie dostrzega się szerszego zainteresowania satelitarnym rozpoznaniem radiowym. Przyczyną tego jest niewątpliwie posiadanie wystarczających informacji o pokojowym funkcjonowaniu systemów elektronicznych. Sytuacja uległaby prawdopodobnie radykalnej zmianie w obliczu zagrożenia wojną lub w czasie jej prowadzenia. Rozpoznanie radiowe byłoby ważnym źródłem wiadomości o przeciwniku.

2.2. Satelity nawigacyjne

Aktualnie funkcjonują 2 systemy nawigacji satelitarnej o zasięgu globalnym. Pierwszym z nich jest system amerykański oznaczony skrótem GPS[24] lub NAVSTAR[25]. 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 morskim (okrętom i statkom).

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 innych użytkowników. Nie ma dowodów, ale można przypuszczać, że Rosja (wcześniej ZSRR) wykorzystały dostępne informacje i stworzyły własny Globalny Nawigacyjny System Satelitarny, zwany w skrócie GLONASS. Świadczą o tym zbliżone parametry techniczne i użytkowe (tabela 7).

Tabela 7

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[26]	64,8°
Czas obiegu satelity po orbicie	12 h	12h i 15 min.

[24] Global Positioning System.
[25] Nawigation Systems with Time and Ranging.
[26] 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.

1	2	3
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

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 NAVSTAR 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 do 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[27]. 24 satelity krążące na 6 orbitach kołowych zapewniają bezpośrednią „widoczność" (pomiar) użytkownika z co najmniej 4 satelitów i określenie pozycji położenia. 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 danego bitu kodu przez satelitę do momentu jego odebrania przez odbiornik użytkownika. Pomiar tego czasu zwanego „pseudo-

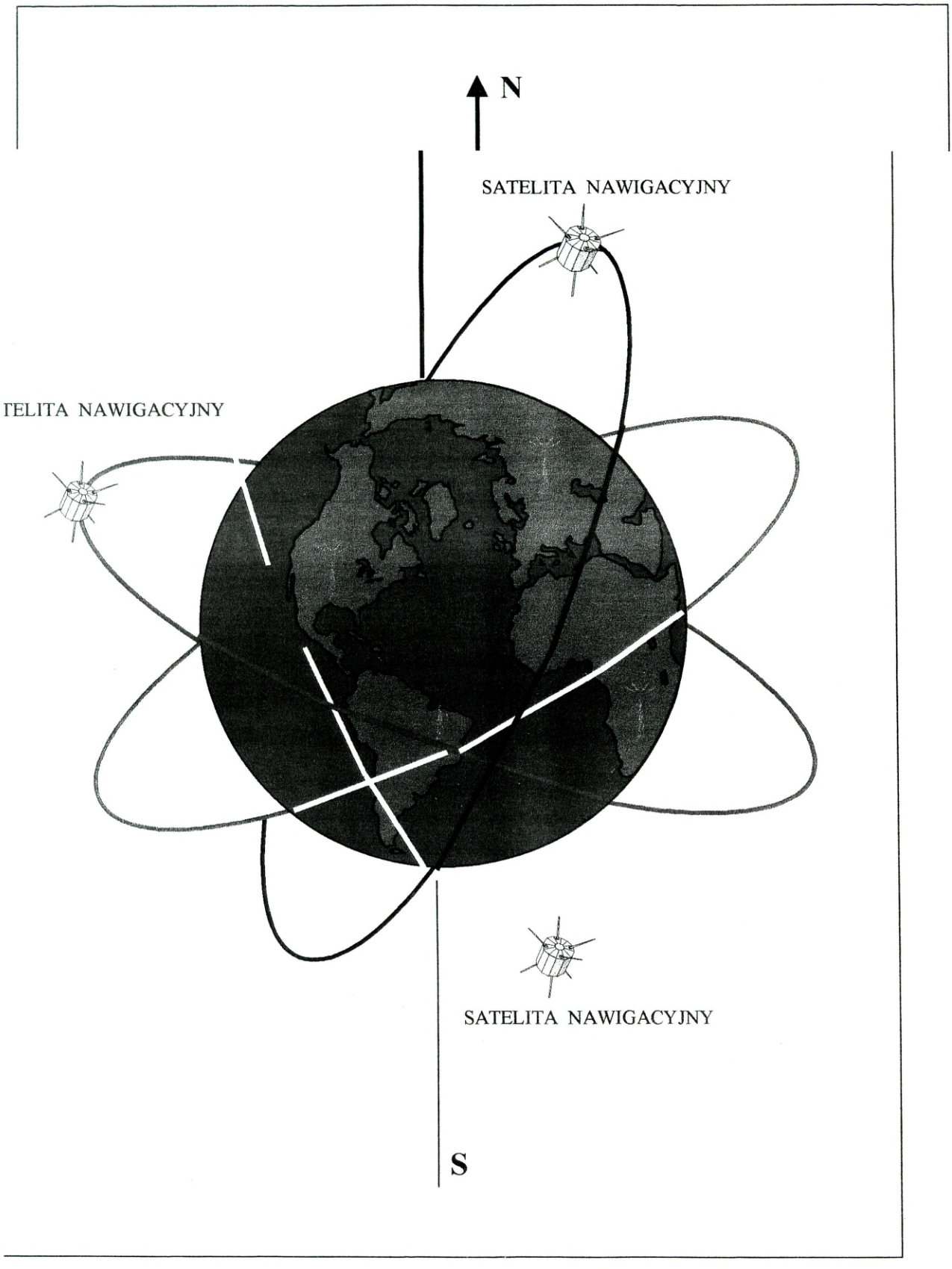
[27] Orbita geostacjonarna odległa jest od Ziemi 35880 km. Wówczas okres obiegu satelity w płaszczyźnie równika (T) wynosi 24 h, a prędkość kołowa (V_c) 3,07 km/s, a więc jest równa prędkości obrotu kuli ziemskiej.
Tamże, s. 576.

odległościowym" jest zasadniczym sposobem namiarów w systemie GPS. Wykonanie w jednym momencie 4 takich pomiarów od jednego odbiornika do 4 satelitów pozwala rozwiązać układ równań, w którym niewiadomymi są 3 współrzędne przestrzenne i 1 czasowa, a zatem wyznaczenie pozycji.

Taki system nawigacyjny bazujący na konstelacji satelitów (rys. 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.

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).

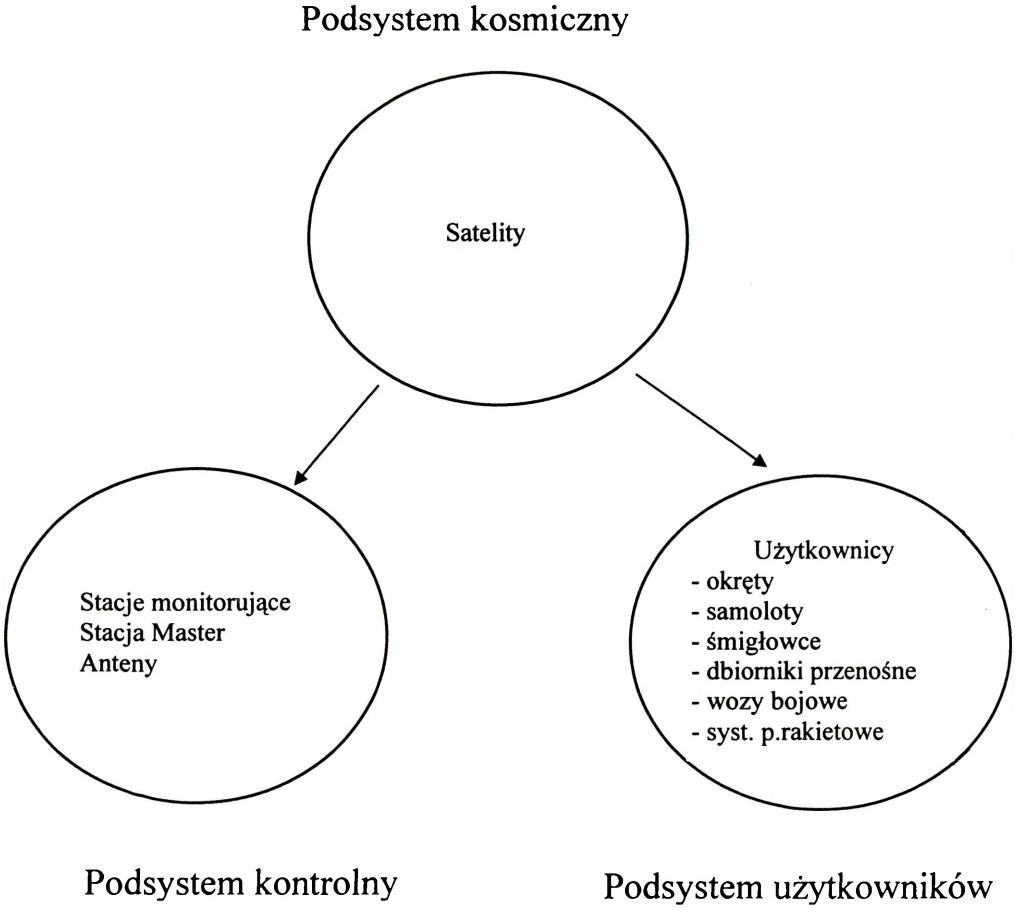
Od 1983 roku ograniczone możliwości systemu zostały udostępnione do powszechnego użytku. Zostało to zrealizowane poprzez opublikowanie danych o tak zwanym kodzie C/A (Coarse Acguisition). Kod ten modeluje jedną z dwóch częstotliwości nośnych na jakich są nadawane sygnały z satelitów. Realizowany za jego 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 zakłócenia „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 licen-



Rys. 11. Struktura systemu nawigacji satelitarnej

cjonowanych 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. 12): **podsystemu satelitarnego; podsystemu kontrolnego; podsystemu użytkownika**.



Rys.12. Ogólna struktura systemu NAVSTAR[28]

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

Podsystem satelitarny składa się z 24 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 wszystkie satelity odbywa się na dwóch częstotliwościach leżących w paśmie L. Są to częstotliwości:

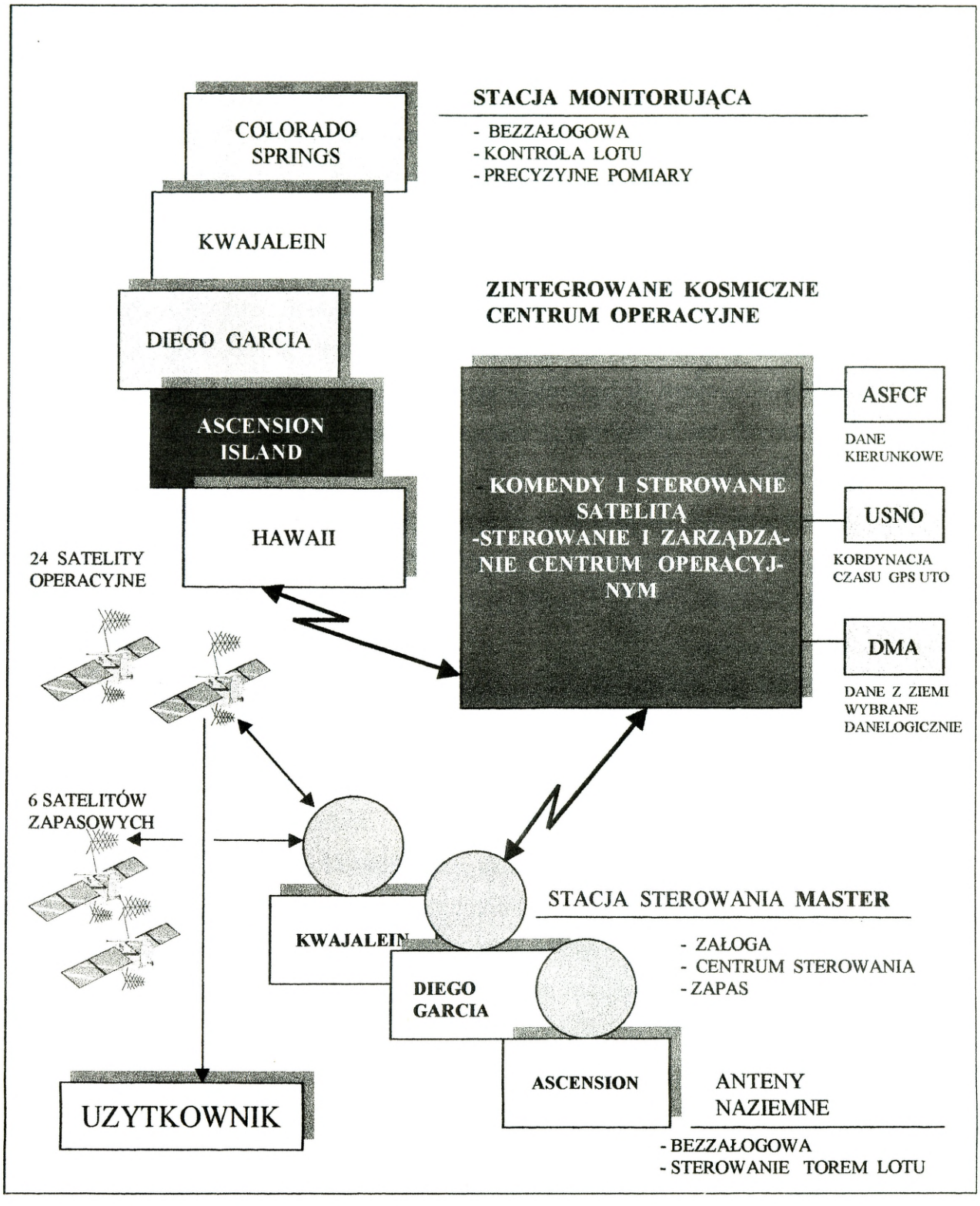
- L_1=154 f_o = 1575.42 MHz
- L_2=120 f_o = 1227,60 MHz

gdzie f_o=1-23 MHz jest częstotliwością systemu.

Obie częstotliwości są modulowane sygnałami pseudolosowymi (PRN - pseudoradom 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. 13.



Rys. 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. Istnieją odbiorniki wykorzystujące wyłącznie sygnały nadawane z satelitów jak i odbiorniki współpracujące z dodatkowymi źródłami danych. Wśród tych ostatnich występują systemy różnicowe. Obecnie zagwarantowane jest bezpłatne wykorzystanie systemu (w ograniczonym jakościowo zakresie przez wszystkich użytkowników)[29].

W odbiorniku użytkownika GPS dokonywana jest ocena 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.

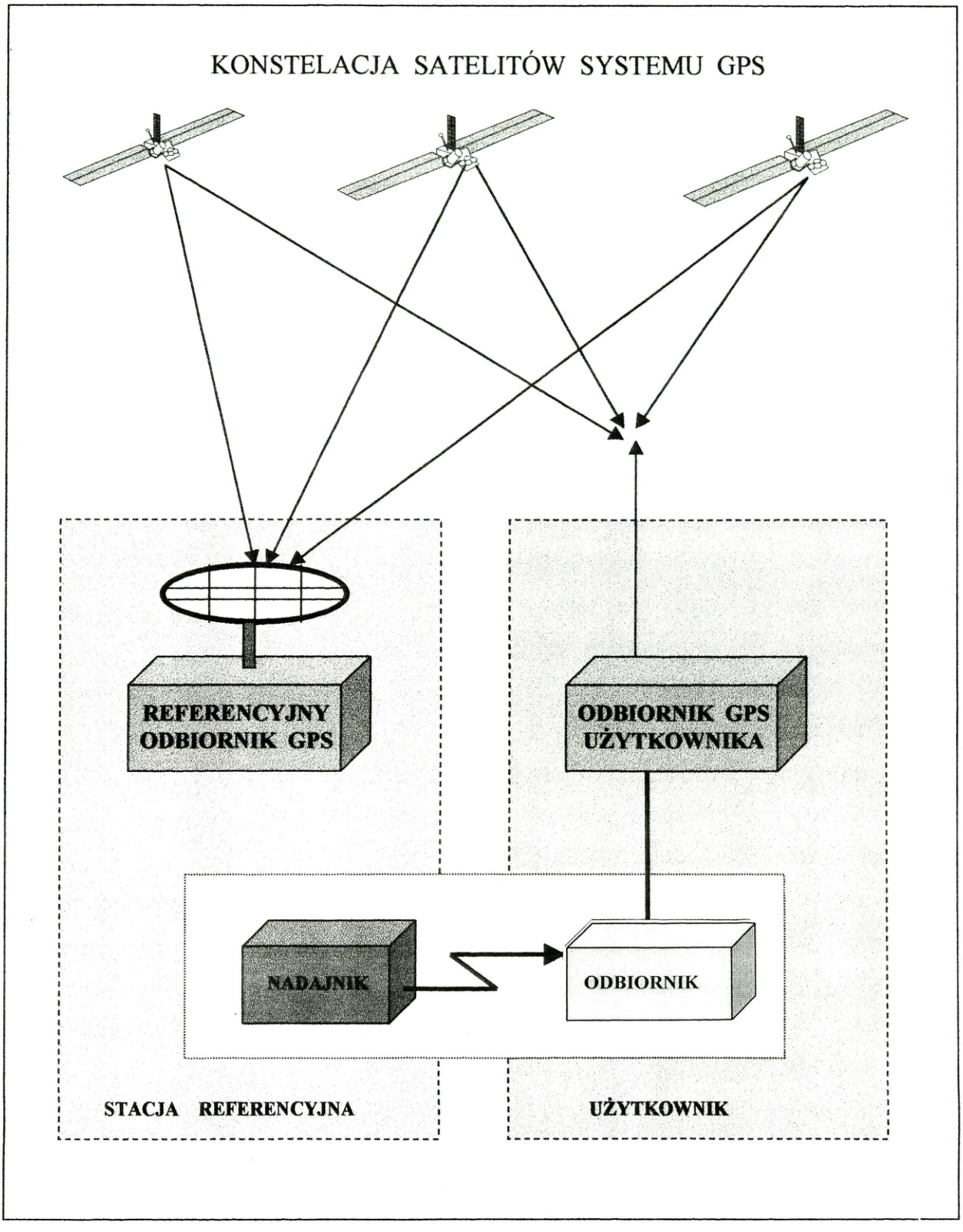
Starając się poprawić dokładność systemu dostępną dla użytkowników korzystających zarówno z kodu P (Y) jak i szczególnie kodu C/A zaczęto budować wersje rozwojowe systemu kontrolnego. Zostały one generalnie określone jako układy różnicowe (DGPS - Differential GPS).

Głównym źródłem błędów są niedokładności 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. 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;
- **odbiornika użytkownika** dostosowanego do odbioru poprawek;

[29] 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 autora.



Rys. 14. Ogólna idea zbioru elementów układu różnicowego

- **łącza telemetrycznego** którego część nadawcza znajduje się przy stacji referencyjnej, a część odbiorcza przy odbiorniku użytkownika.

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

System różnicowy o lokalnym zasięgu określany jest skrótem LADGPS[30]. W jego składzie występuje pojedyncza stacja referencyjna wyznaczająca skalarną wartość korekcji[31] pomiarów odległości do każdego widzialnego satelity (dla odbiorników wykorzystujących śledzenie fazy kodu modulującego) - rys. 15.

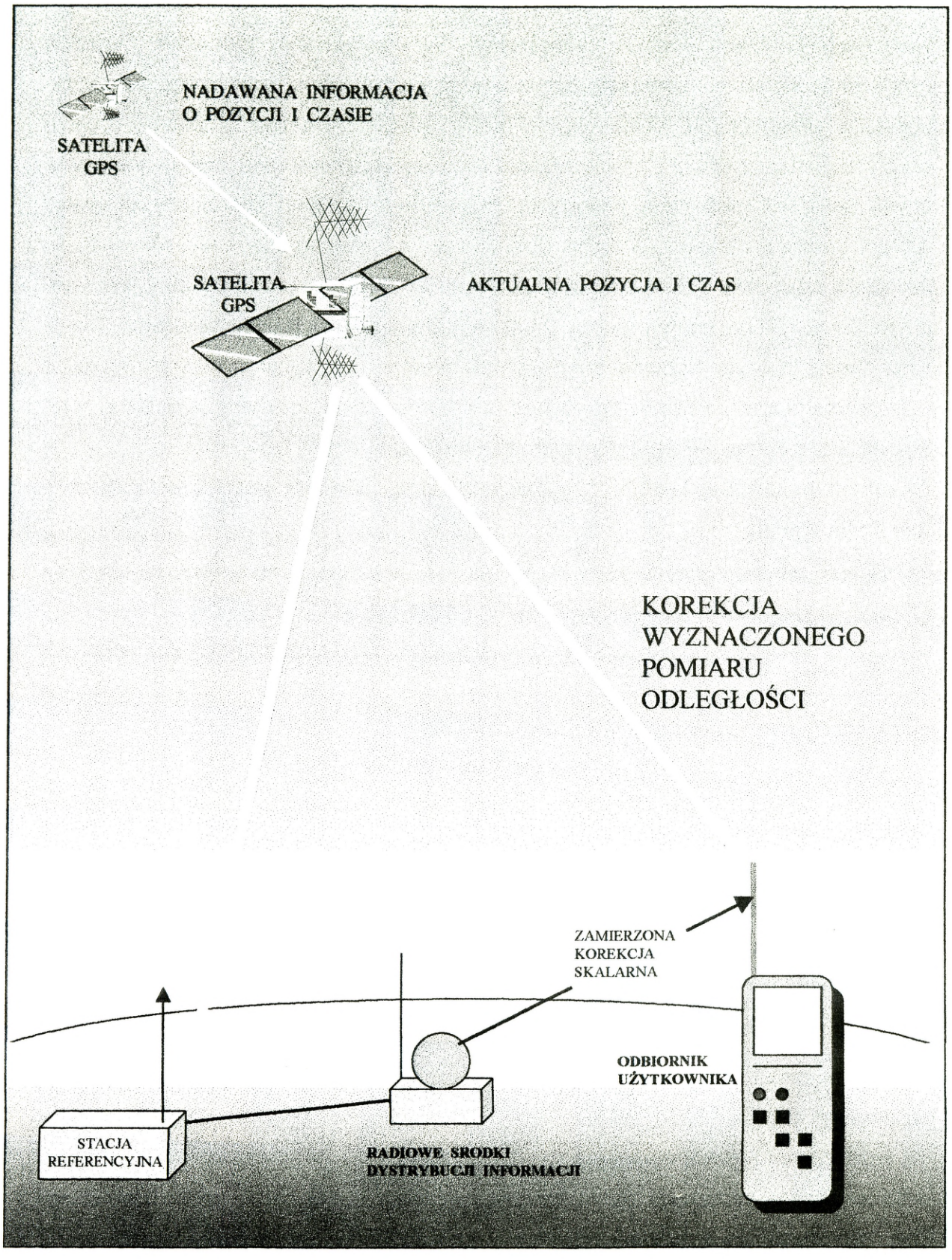
Przekazywana korekcja poprzez łącze teletransmisyjne w zależności od czasu jaki upłynie od jej wyznaczenia do momentu wykorzystania przez odbiorcę pozwala na uzyskanie dokładności rzędu 1-10 m. Warunkiem koniecznym jest zapewnienie widzialności przez obydwa odbiorniki tego samego zbioru satelitów. Powoduje 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.

Obszarowy system DGPS - zwany WADGPS[32]**.** 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. Stacja bazowa wyznacza wektor korekcji dla każdego satelity. Jeżeli stacja współpracuje z systemem lokalnym to korekcja jest użyteczna na znacznie większym obszarze. Może być stosowany więc w zasięgu kontynentalnym lub szerszym. Do transmisji poprawek wykorzystuje się satelity telekomunikacyjne.

Położenie obiektów nawodnych i powietrznych było i jest określane za pomocą umownego układu odniesienia. Znane jest stosowanie układu współrzędnych geograficznych, prostokątnych lub parabolicznych. Te i inne sposoby pomiarów odnoszą się do powierzchni Ziemi i otaczającej ją warstwy atmosfery. Wyniki pomiarów zobrazowywane są na pokładach nawigowanych obiektów oraz w naziemnych lub po-

---

[30] LAD GPS - Local Area Differential GPS.
[31] Korekcja = domniemana pseudoodległość - zmierzona pseudoodległość (wyjaśniono wcześniej).
[32] WADGPS - Wide Area DGPS.



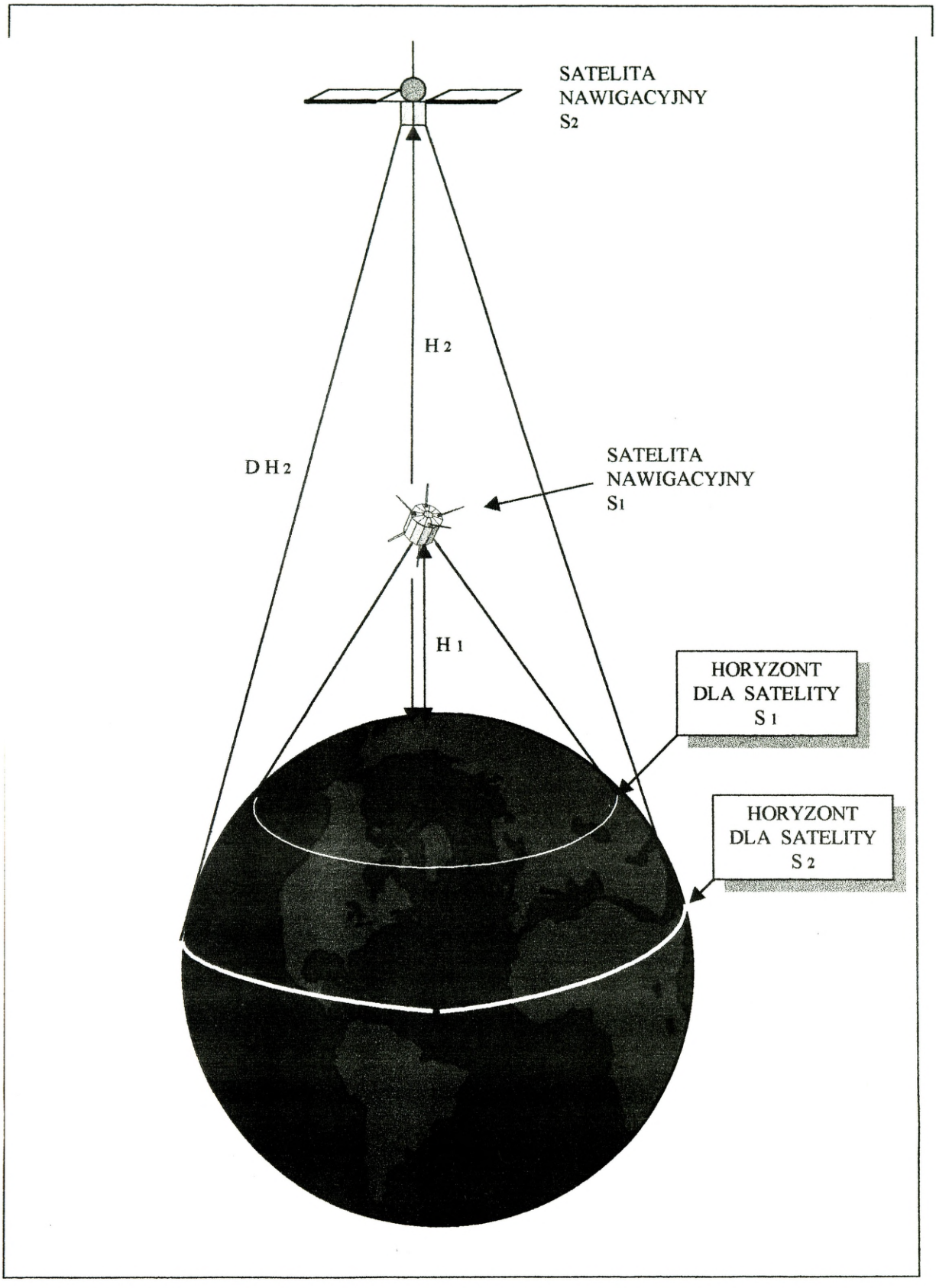
Rys. 15. Elementy składowe lokalnego układu różnicowego LADGPS

wietrznych punktach kontroli nawigacyjnej. W nawigowaniu jednostek morskich i statków powietrznych coraz większą rolę odgrywają systemy zewnętrzne, współpracujące z urządzeniami pokładowymi nawigowanych obiektów. Czołową pozycję w tym względzie zajmują obecnie właśnie systemy satelitarne, stanowiące integralną część nawigacji kosmicznej. Natomiast część druga nawigacji kosmicznej obejmuje teorię i praktykę planowania ruchu obiektów w bezkresnym kosmosie. Mamy tu do czynienia z zupełnie innymi punktami odniesienia. Ruch ten przewidywany jest w ramach Układu Słonecznego, naszej Galaktyki lub poza sferą jej oddziaływania. Ciągły ruch elementów tych układów oraz skomplikowane i zmienne ich oddziaływania na obiekty kosmiczne powodują odrębność merytoryczną nawigowania w dalekiej przestrzeni kosmicznej. Pominięto daleką nawigację kosmiczną skupiając uwagę na systemach bliskiej nawigacji, zwanej satelitarną. Taka jest potrzebna naszym Siłom Powietrznym.

Utworzenie systemów kosmicznych oznacza niebywały skok jakościowy nie tylko w sferze nawigowania sił powietrznych i morskich. Także wojska lądowe, zwłaszcza rakietowe, stwierdziły celowość wykorzystywania satelitarnych systemów nawigacji. Oprócz systemów specjalizowanych, przeznaczonych dla określonych rodzajów sił zbrojnych, coraz większą rolę odgrywają globalne systemy wyznaczania położenia.

Do podsystemów bliskiej nawigacji satelitarnej zaliczane są urządzenia instalowane na dowolnych orbitach wokółziemskich. Podsystemy te mogą wykorzystywać użytkownicy posiadający odpowiednie urządzenia i dysponujący niezbędną wiedzą o użytkowaniu danych systemów. Z kolei właściwości urządzeń poszczególnych użytkowników muszą odpowiadać ich potrzebom i możliwościom wykorzystywania. Inne potrzeby i możliwości ma pojedynczy piechur, inne zaś samolot bądź wielki okręt z liczną załogą.

Jedną z istotnych cech systemów nawigacji satelitarnej jest duży zasięg ich przestrzennego oddziaływania. Wręcz trudno byłoby ograniczyć zasięg takiego systemu do powierzchni i przestrzeni jednego kraju, nawet znacznego obszarowo. Każdy satelita emitujący informacje obsługuje odbiorców na dużej części globu ziemskiego (rys. 16). Wraz ze wzrostem wysokości orbit satelitów rośnie powierzchnia Ziemi, do której docierają sygnały danego satelity, jeśli ich moc jest odpowiednio duża. Im więcej satelitów transmituje do odbiornika sygnały tym pomiary są dokładniejsze.



Rys. 16. Wielkość kontrolowanego obszaru przez satelity nawigacyjne i odległość oddziaływania dla różnych orbit

Istnieje techniczna możliwość instalowania w kosmosie systemów nawigacji do użytku tylko określonego kontynentu, grupy państw lub jednego państwa. Jednakże względy militarne, a głównie ekonomiczne, powodują, że tworzone systemy obejmują w praktyce swym działaniem całą kulę ziemską[33]. Dąży się przy tym do zapewnienia systemom nawigacji satelitarnej odpowiednich właściwości taktyczno – technicznych. W stawianych wymaganiach pierwszą pozycję zajmuje dokładność pomiarów położenia użytkowników systemu. Najsurowsze kryteria dokładności pomiarów dotyczą naprowadzania na cele środków rażenia i wyprowadzania różnych obiektów w zaplanowane punkty ich spotkania.

Naprowadzanie rakiet, głowic bojowych i innych środków na cel za pomocą satelitów nawigacyjnych odbywać się może przez automatyczne mierzenie rzeczywistego toru ich lotu, porównywanie z torem założonym i eliminowanie rozbieżności. Pomiary i korekty musi wykonywać układ znajdujący się w naprowadzanym obiekcie. Dokładność naprowadzania klasycznych środków rażenia, mierzona błędem kołowym, nie powinna przekraczać 3-5 m. Jest to odległość między rzeczywistym a pożądanym punktem upadku naprowadzanego środka rażenia. Niewiele niższe wymagania dotyczą dokładności naprowadzania głowic jądrowych. Formułowane są postulaty naprowadzania głowic jądrowych małej mocy z dopuszczalnym błędem poniżej 15-20 m i dużej mocy 30-50 m. Do automatycznego lądowania samolotów wymagana dokładność pomiarów $\pm$ 0,5 m.

Satelitarne systemy nawigacyjne muszą zachowywać stałą dyspozycyjność oraz umożliwiać użytkownikom dokonywanie namiarów w czasie rzeczywistym. Wymaga się funkcjonowania systemu w czasie jednolitym dla całego globu ziemskiego. Istotny jest przy tym aktywny reżim pracy satelitarnych systemów nawigacyjnych i nieograniczona liczba obsługiwanych użytkowników. Oznacza to, iż satelity muszą emitować stosowne sygnały docierające do biernej aparatury odbiorczej użytkowników. Zasięg określany jest nie tylko rodzajem i mocą sygnałów, lecz także czułością aparatury odbiorczej oraz naturalnymi i celowymi zakłóceniami przeciwnika. Względy ekonomiczne i taktyczne przemawiają za minimalizowaniem masy, gabarytów oraz preferują prostotę budowy i eksploatacji aparatury użytkowników. Jak to wynika z dalszego opisu, jeden system nawigacji satelitarnej może składać się z kilku lub najwyżej kilkudziesięciu satelitów i tyluż stacji naziemnych. Natomiast użytkowników lądo-

[33] Takie cechy ma amerykański GPS i rosyjski GLONASS.

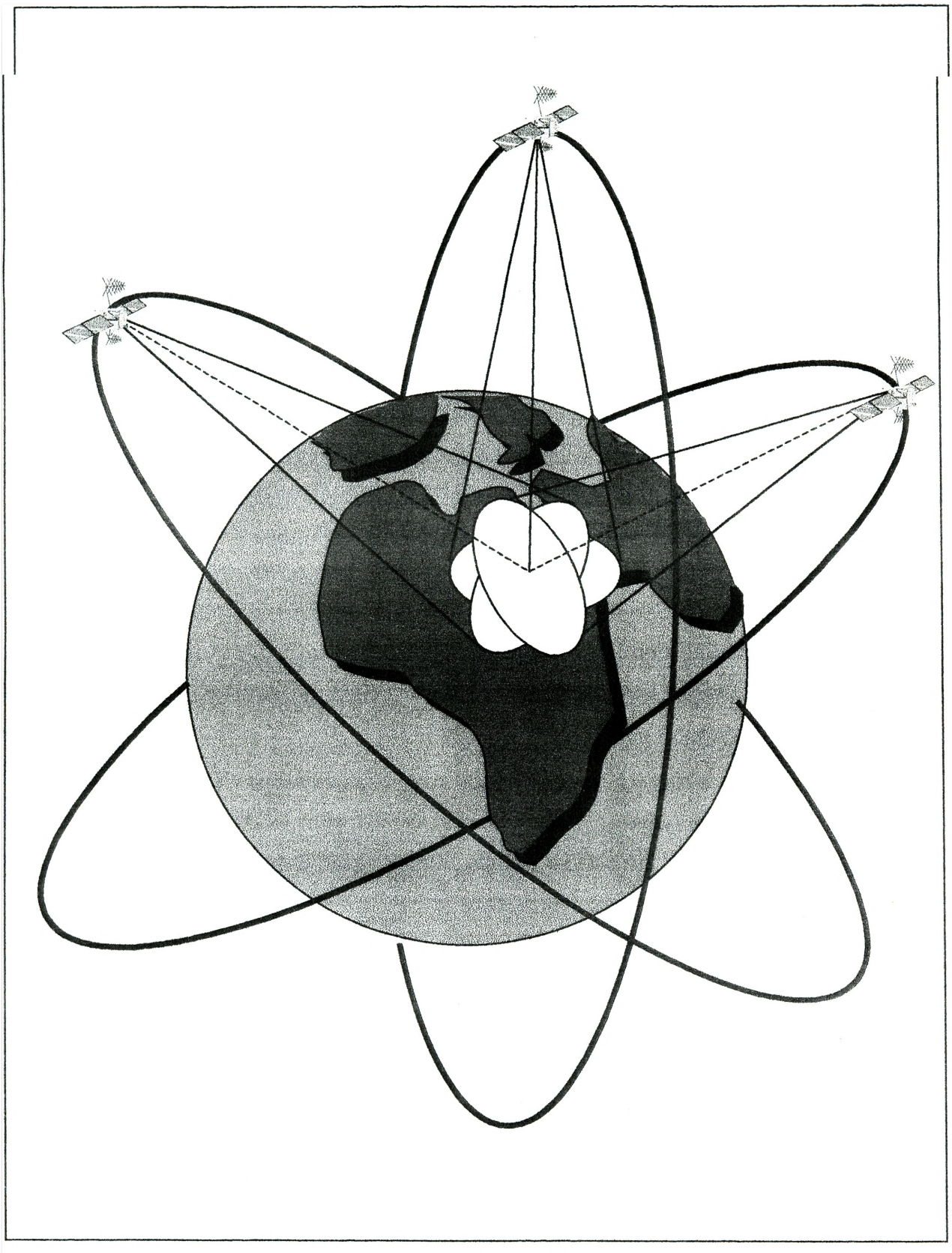
wych, morskich, powietrznych i kosmicznych mogą być tysiące, setki tysięcy, a nawet miliony. Z technicznego punktu widzenia możliwe jest umieszczanie na orbitach odpowiednio potężnych satelitów i odpowiednich źródeł zasilania. Natomiast zabezpieczenie satelitów przed niszczeniem i zakłóceniami powodowanymi przez przeciwnika pozostaje nadal problemem otwartym.

Ze względu na konieczność prowadzenia dokładnych pomiarów ruchu satelitów, umieszcza się je na orbitach kołowych. W przeszłości wykorzystywano orbity odległe o około 1000 km. Zapewniały one wprawdzie względną dokładność pomiarów, lecz na takich wysokościach występuje jeszcze nieznaczna siła hamująca ruch satelitów, którą wywołują śladowe cząsteczki gazów. Dlatego w nowych systemach wykorzystywane są wyższe orbity. Dąży się do tego, aby z każdego punktu kuli ziemskiej można było odbierać sygnały minimum 3-4 satelitów równocześnie. W praktyce potwierdzono przydatność orbit kołowych, zwanych półsynchronicznymi. Są one odległe od powierzchni Ziemi o około 20190 km, a okres obiegu satelity na takiej wysokości wynosi 12 godzin. Duże znaczenie ma przy tym praktycznie nieograniczony czas pozostawania satelitów na tych wysokościach oraz duża stabilność ruchu, warunkująca dokładność pomiarów nawigacyjnych. Prędkość ruchu na orbitach kołowych jest stała. Biorąc kolejne namiary nawet z jednego satelity, można określać położenie namierzanego obiektu.

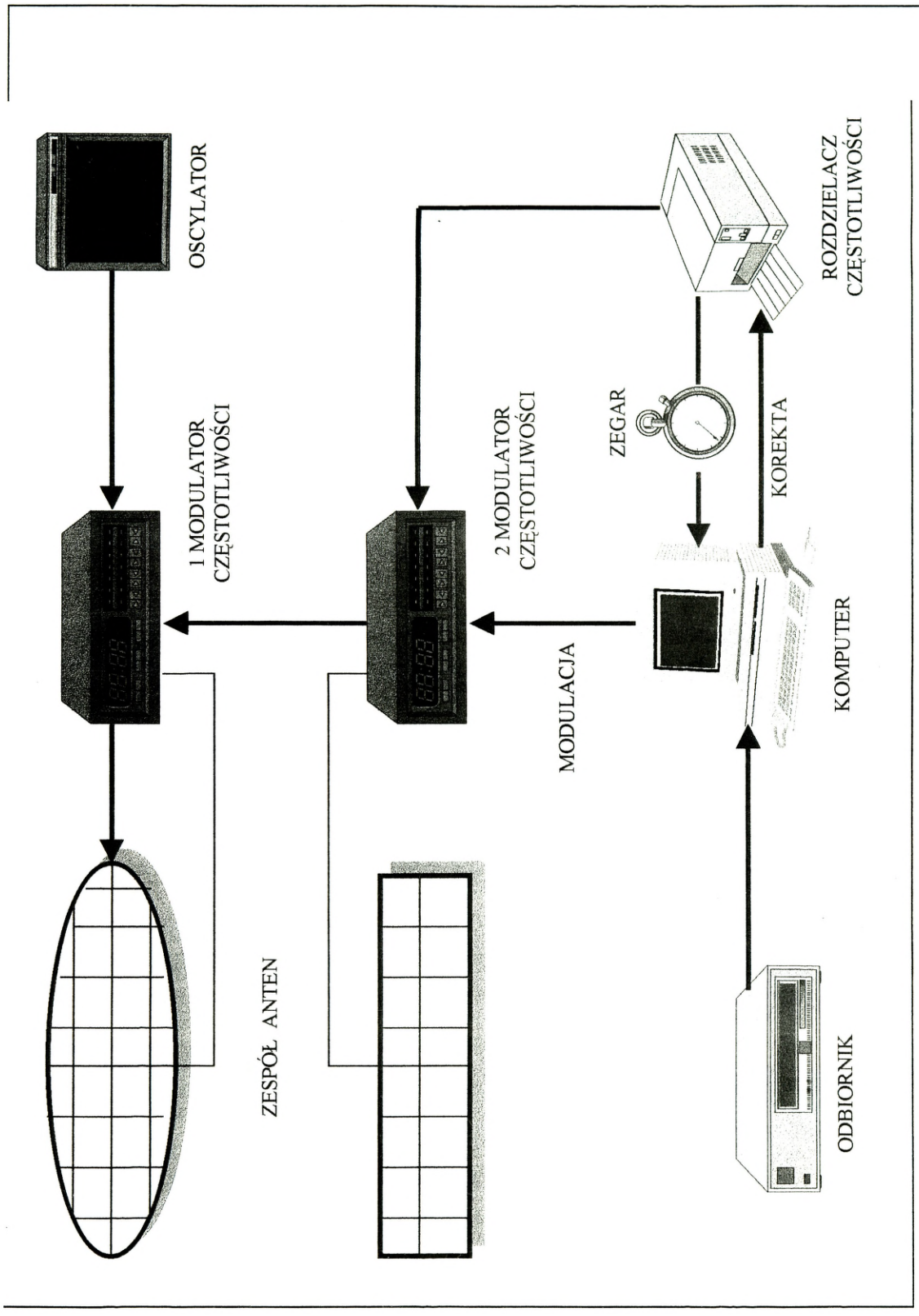
Zbiór satelitów systemu nawigacyjnego rozmieszcza się w zasadzie równomiernie, najkorzystniej w sześciu płaszczyznach orbitalnych. W zależności od ogólnej liczby użytych satelitów, na każdej orbicie mogą krążyć 3-4 satelity. Wówczas spełniony jest warunek dostępności namiarów z 3-4 satelitów jednocześnie w każdym miejscu na Ziemi (rys. 17).

Typowy satelita nawigacyjny składa się z korpusu, układu przetwarzania i transmisji sygnałów, układu korekcji położenia satelity i źródła zasilania. Jest oczywiste, że zasadniczy element stanowi układ sygnałów, w tym dokładny czas. Pozostałe zapewniają jego sprawne funkcjonowanie (rys. 18).

Za pośrednictwem odbiornika wprowadzane są do komputera informacje korygujące funkcjonowanie satelity. Informacje te pochodzą z zewnętrznych, w zasadzie naziemnych, stacji przeznaczonych do śledzenia satelitów i korygowania ich funkcjonowania. Liczba modulatorów częstotliwości zależy od koncepcji budowy i funkcjonowania systemu. Nie ma w zasadzie systemów emitujących sygnały na mniej niż -



Rys. 17. Zbiór satelitów systemu nawigacyjnego



Rys. 18. Schemat ideowy satelity nawigacyjnego

dwóch częstotliwościach. Odbiór sygnałów przez użytkowników tylko na jednej częstotliwości znacznie pogarsza dokładność określania położenia.

Kształt satelity wpływa w naturalny sposób na jego stabilność na orbicie. Stwierdzono, że przedmioty wydłużone krążące po orbicie sytuują się wzdłuż gradientu siły ciężkości. Aby wzmocnić tę naturalną właściwość, stosowane są różne maszty i pręty stabilizacyjne. Natomiast do doraźnej korekty położenia przestrzennego satelitów w trakcie ich instalowania na orbitach i w czasie dalszej eksploatacji mogą być stosowane układy żyroskopowe oraz specjalne silniki rakietowe.

Tradycyjnym źródłem zasilania satelitów nawigacyjnych są baterie słoneczne, zwykle zespół kilku baterii przetwarzających energię słoneczną w prąd elektryczny. W czasie ruchu satelity w przestrzeni zaciemnionej przez Ziemię energia czerpana jest z baterii wewnętrznych, ładowanych podczas lotu w promieniach Słońca.

Integralną częścią nawigacyjnych systemów satelitarnych są urządzenia przeznaczone do kontroli i odległościowego korygowania pracy satelitów. Rozmieszcza się je na Ziemi, a wyniki ich pracy, przekazywane automatycznie do stacji głównej, są tam przetwarzane i następnie wykorzystywane do korekty ruchu satelitów. Z wyjątkiem stacji głównej, pozostałe pracują biernie, odbierając sygnały transmitowane przez satelity w zasięgu słyszalności danych stacji.

Potrzeba stosowania stacji kontroli i korygowania satelitarnych systemów nawigacyjnych wynika z faktu występowania różnorodnych zniekształceń pomiarów i w efekcie błędnego określania położenia obiektów. Głównym błędem jest tak zwany błąd systematyczny, na który składają się nieścisłości popełniane w procesie określania: efemerydy satelity i czasu w systemie; warunków propagacji fal; wartości sił ciężkości przyjętych przy planowaniu orbity satelity; skutków oporów atmosfery i ciśnienia promieniowania; zakłóceń przyrządów pomiarowych oraz wysokości obiektu, którego współrzędne mają być precyzyjnie wyznaczone. Występuje też błąd będący złożoną funkcją geometrii toru lotu satelity i kierunku ruchu obiektu, którego położenie jest określane. Właśnie te zjawiska przesądzają o konieczności stosowania stacji kontroli i korygowania. Z uwagi na niezbędną precyzję pomiarów, stacje te powinny zapewniać kontrolowanie funkcjonowania satelitów w każdym punkcie orbity, co nie zawsze można osiągnąć.

Użytkownika interesuje najbardziej aparatura, którą ma się posługiwać. W jej skład wchodzi zazwyczaj odbiornik, procesor nawigacyjny, wskaźnik danych o poło-

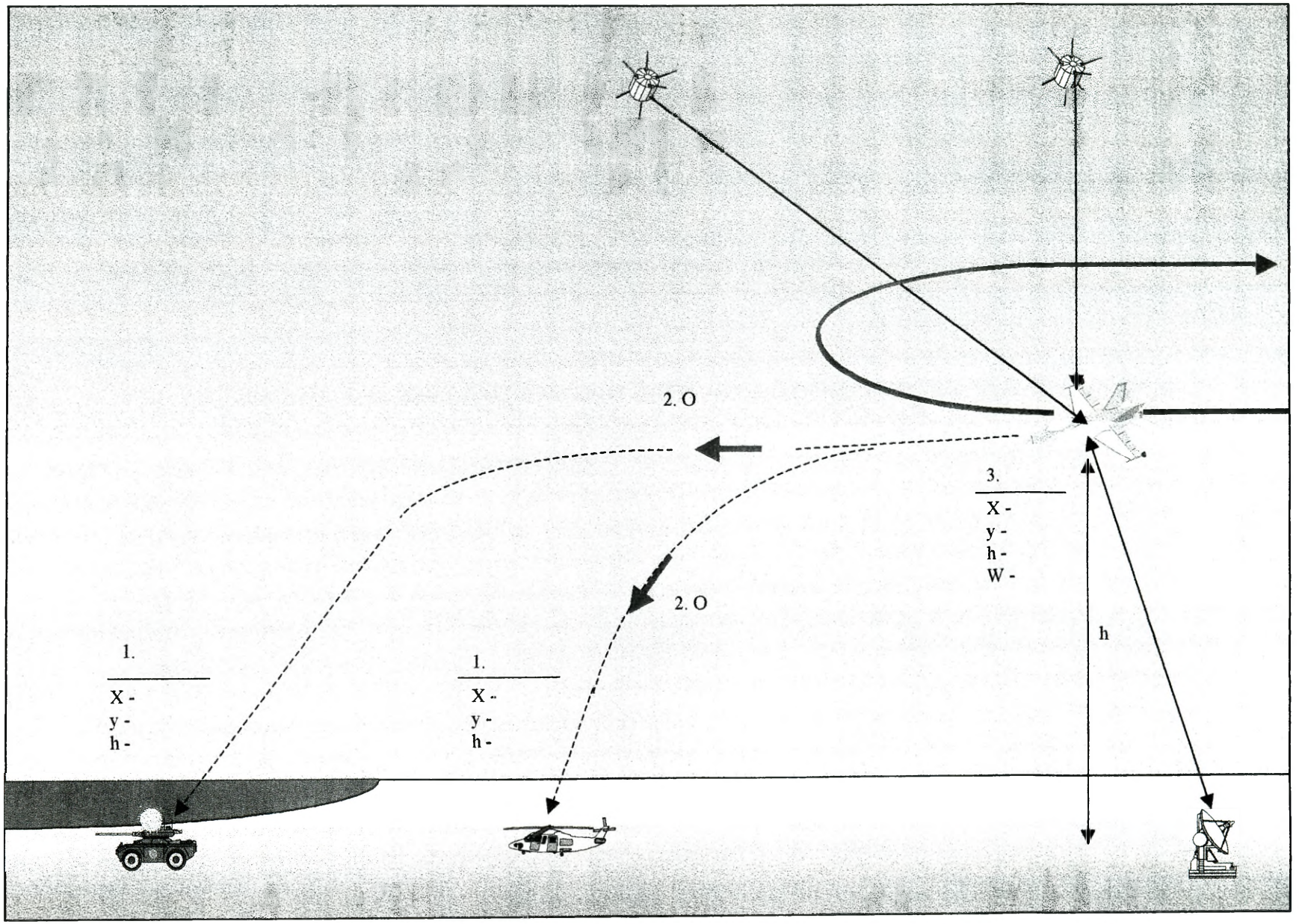
żeniu i ewentualnie urządzenie samokontroli. Istniejące urządzenia użytkowników różnią się zasadniczo masą, gabarytami i możliwościami. Muszą one odpowiadać przewidywanemu zakresowi i warunkom stosowania – różnym dla okrętu, samolotu, pojazdu lądowego i pojedynczego żołnierza. Z konieczności dostosowania do warunków pracy wynikają właściwości aparatury użytkowników, sposoby pomiarów i zobrazowywania wyników, a także zasilania urządzeń.

System satelitów nawigacyjnych pracuje w wybranym geodezyjnym układzie odniesienia, jednolitym dla całej kuli ziemskiej. Wykorzystywany jest przeważnie najświeższy pomiar geodezyjny Ziemi. Urządzenia odbiorcze mogą być wyposażane w układy przekształcające pomiary jednolite na współrzędne w dowolnym układzie odniesienia, stosownie do potrzeb użytkowników systemu.

Nowoczesne systemy nawigacji satelitarnej zapewniają precyzyjne, trójwymiarowe określanie pozycji użytkownika, dysponującego odpowiednim wyposażeniem, odpowiednio do prędkości, z jaką się on porusza (rys. 19). Jak wcześniej powiedziano 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 w odbiornikach użytkowników może być dokonywane obliczanie 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

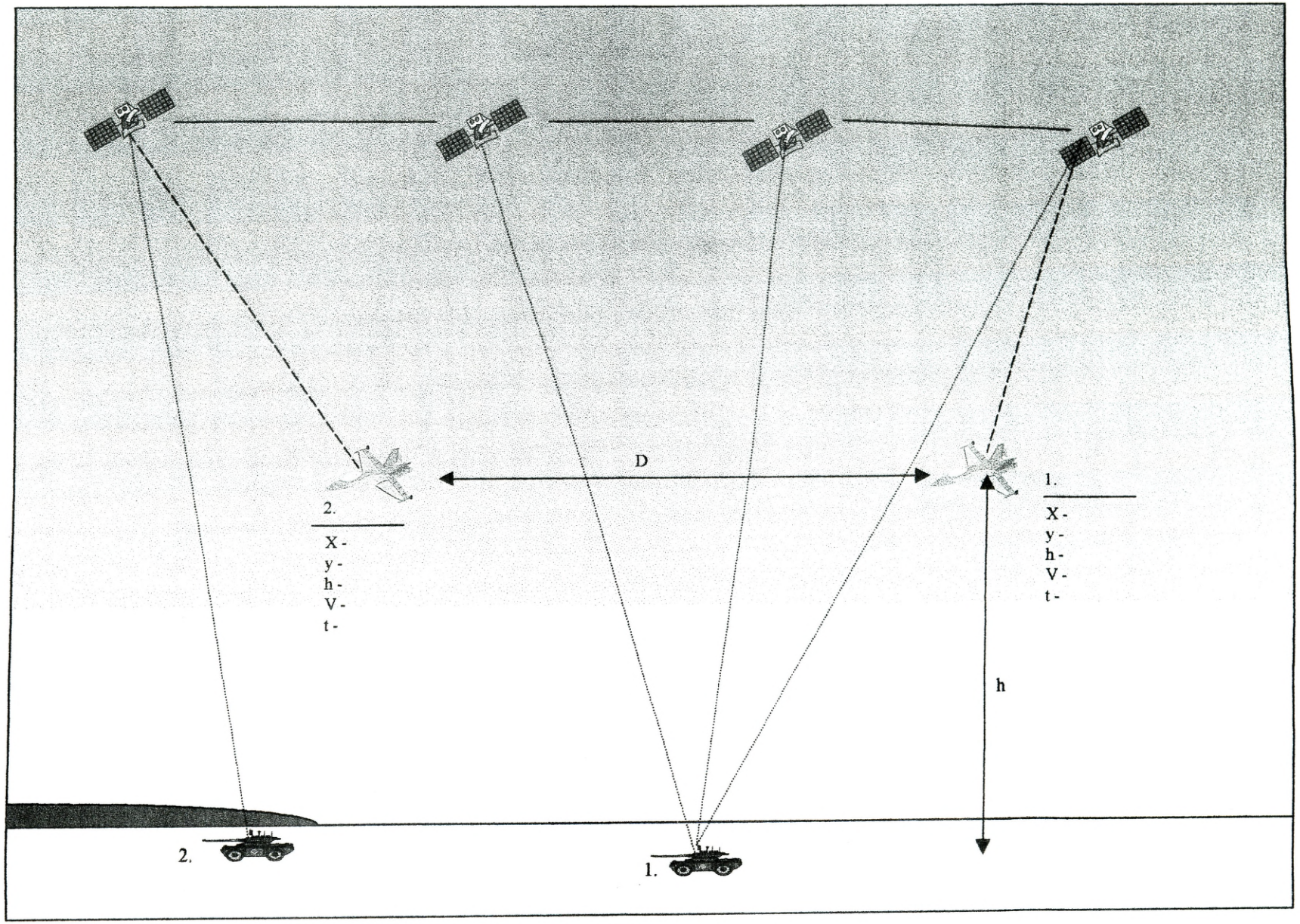


Rys. 19. Rażenie celu na podstawie namiarów satelitaenych

polegało głównie na wyznaczaniu drogi dla sterowanego 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 był port morski, 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 położenie obiektu atakującego określano w stosunku do obiektu atakowanego. Obecnie mamy inną sytuację i inne potrzeby. Pokładowe systemy nawigacyjne statków powietrznych, morskich i pojazdów lądowych są 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 zapewniane skuteczne rażenie celów, nawet bez ich optycznego obserwowania. Przykład przedstawiono na rys. 20.

Na podstawie trójwymiarowo określonego położenia celu, warunków atmosferycznych (1) oraz właściwości dynamicznych i balistycznych środków rażenia (2) system nawigacyjno – bombardierski może obliczyć punkt (3), w którym musi być uwolniony ładunek, w postaci środków rażenia, aby trafił w cel. Wyprowadzenie samolotu lub innego obiektu w punkt ataku może być zaprogramowane i realizowane automatycznie za pomocą komputera. Także uwolnienie ładunku dokonywane jest przez układ automatyczny, jeśli załoga nie zdecyduje o ataku w inny sposób. Podobnie zadania ogniowe mogą być wykonywane przez załogi okrętów i innych nosicieli uzbrojenia.

Wykorzystywanie w kompleksach nawigacyjno – celowniczych różnych źródeł danych czyni je nie tylko precyzyjnymi, lecz i niepomiernie uodparnia na naturalne i celowe zakłócenia przeciwnika. Podsystemy nawigacji satelitarnej wyróżniają się przy tym szczególną przydatnością do naprowadzania obiektów powietrznych, morskich, lądowych i kosmicznych w wielkich przestrzeniach i na duże odległości. Błędy w nawigowaniu i naprowadzaniu środków rażenia za pomocą systemów satelitarnych nie rosną proporcjonalnie do rozmachu przestrzennego, jak to jest w układach inercyjnych i radionawigacyjnych. Ponadto zasięg systemów satelitarnych jest praktycznie nieograniczony.

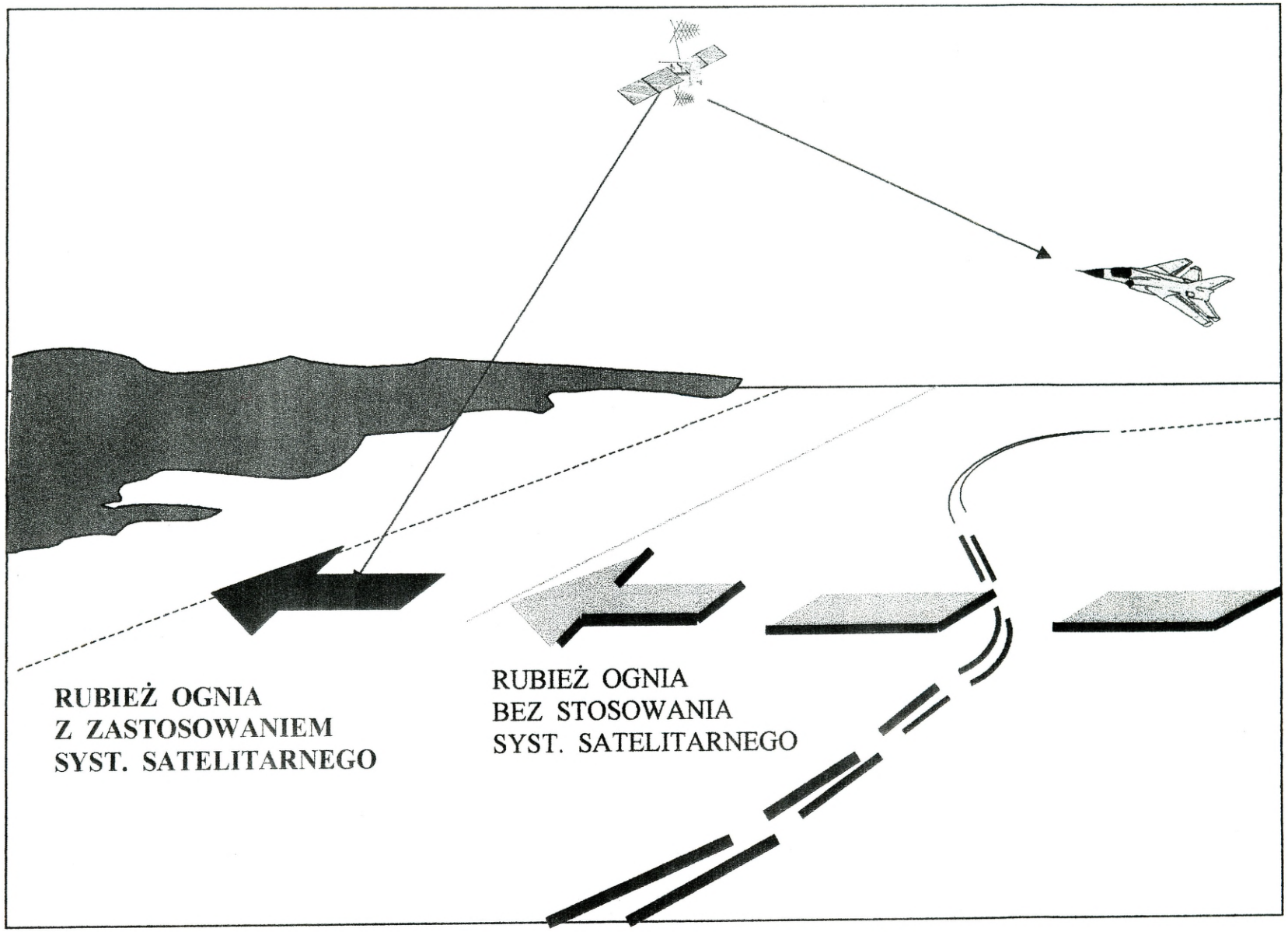


Rys. 20. Idea określenia danych nawigacyjnych za pomocą satelitów

Satelitarne podsystemy nawigacyjne stwarzają możliwości skutecznego zwalczania nie tylko stałych, lecz także ruchomych celów lądowych i nawodnych. Podczas lotu rakiet, trwającego od kilku do kilkudziesięciu minut, cel ruchomy może znacznie przemieścić się. Możliwość bieżącego korygowania toru rakiet, bez względu na przyczyny takiej potrzeby, w wielu wypadkach będzie przesądzać o skuteczności ataku.

Globalizm nowoczesnych podsystemów 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 wypadku przecenić, można bowiem planować i prowadzić działalność ogniową i manewr wojsk bez konieczności stosowania tradycyjnych przedsięwzięć zabezpieczających, bez wzajemnego rażenia i wytwarzania chaosu. Istotę problemu przedstawia rys. 21.

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 rażenia. Łącznie może to wynosić 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 3-5 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. Podobne wyniki uzyskuje się w realizacji uderzeń morskich środków ogniowych, artylerii polowej, śmigłowców bojowych i innych środków rażenia. Oprócz precyzyjnego określania położenia użytkowników systemy nawigacji satelitarnej tworzą nową jakość w dziedzinie pomiarów prędkości ruchu dowolnych obiektów, wyposażonych w urządzenia odbierające sygnały systemu. Pomiary prędkości mogą być dokonywane z dokładnością do 0,5-0,8 m/s. W wypadku pojazdów lądowych wystar-



Rys. 21. Wpływ wymiany informacji za pośrednictwem satelitów o położeniu wojsk na możliwości przestrzenne prowadzenia ognia

czająco precyzyjne są pomiary prędkości dokonywane tradycyjnymi metodami. Natomiast prędkości statków powietrznych i wodnych konwencjonalnymi przyrządami mierzone są ze znacznymi błędami. Załogi dysponują bieżącymi zobrazowaniami tak zwanej prędkości przyrządowej, nietożsamej z rzeczywistą. Wobec tego manewrowanie pojazdami odbywa się z odchyleniami wynikającymi z różnicy między prędkością przyrządową a rzeczywiście rozwijaną. Statki powietrzne i morskie oraz pojazdy lądowe mogą być nawigowane za pomocą wielu systemów, uzupełnianych systemem nawigacji satelitarnej[34].

Wykorzystywane dotychczas systemy nawigacji satelitarnej emitujące określone dane, mogą być dostępne nie tylko upoważnionym użytkownikom. Istnieje też 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, jeśli zważy się, że liczba użytkowników może wynosić setki tysięcy lub miliony.

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

W wypadku określania położenia za pomocą kilku satelitów tworzona jest odpowiednia siatka współrzędnych, umożliwiająca lokalizację obiektu. Uwzględniane są

[34] W okresie pokoju, a zwłaszcza podczas wojny „właściciele" systemów mogą wprowadzać kody. Jako członek NATO Polska może liczyć na umożliwienie jej korzystania z tych podsystemów zawsze.

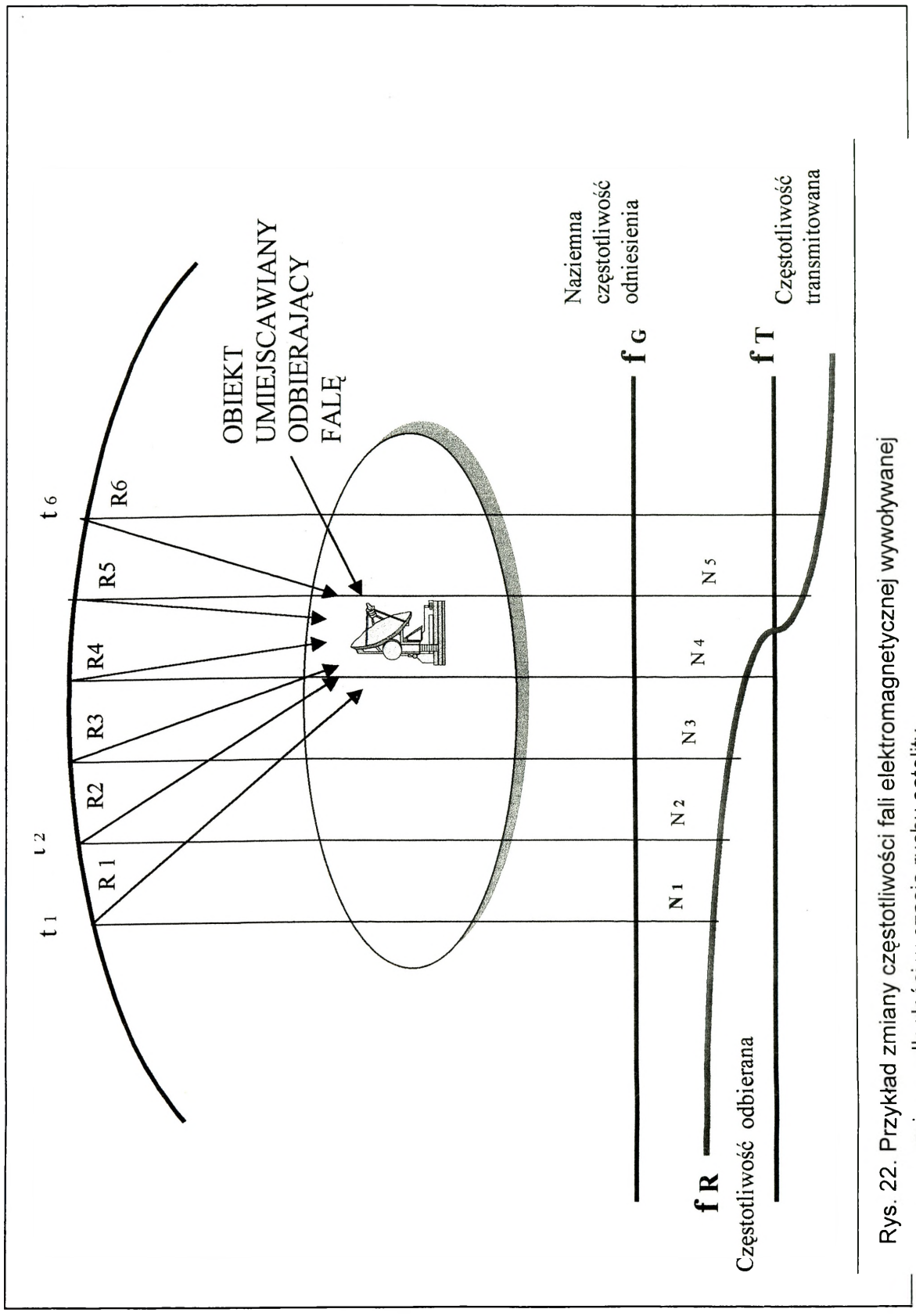
przy tym rejestrowane na bieżąco nieznaczne odchylenia, powstające w trakcie ruchu satelitów. Nie mają więc one w zasadzie wpływu na dokładność określania położenia.

Istnieje możliwość ustalania położenia przy wykorzystaniu jednego satelity (rys. 22). Wówczas analizuje się zmiany częstotliwości (N). Znając prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych /c/, zmianę częstotliwości można wyznaczyć z równania:

$$N = \int_{t_1+R_{1/C}}^{t_2+R_{2/C}} (f_G - f_R)dt = (f_G - f_T)(t_2 - t_1) + \frac{f_G}{C}(R_2 - R_1)$$

Nie ulega wątpliwości, że podczas wojny systemy nawigacji satelitarnej będą przedmiotem różnorodnego oddziaływania przeciwnika. Dlatego dąży się do jak najlepszego ich zabezpieczenia, zwłaszcza przed zagłuszaniem i dezinformowaniem. Dotychczas najlepsze efekty dawało stosowanie dwóch częstotliwości transmisji danych, z rozciągniętym widmem i szumem pseudolosowym. Poszczególne sygnały mogą być odpowiednio kodowane. Przedsięwzięcia te oraz fakt funkcjonowania systemów nawigacyjnych na dużych przestrzeniach w zasadzie wykluczają możliwość znaczącego paraliżowania systemów nawigacji satelitarnej 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 satelitarnych podsystemów nawigacyjnych jest podatność na wykorzystanie nie tylko przez stronę, która dany system stworzyła. Na przykład Amerykanie sądzą, że ich globalny system nawigacyjny Navstar GPS, pokrywający całą kulę ziemską, stale dostępny i dokładny, jest atrakcyjny dla potencjalnych przeciwników. W związku z tym do czasu stworzenia przez Rosjan ich podsystemu GLONAS nie było możliwości określania położenia za pomocą GPS dokładniej niż z błędem 200 m. Oceniano, że dokładność taka nie stanowiła zagrożenia dla Stanów Zjednoczonych. Problem ten jest corocznie weryfikowany i przewiduje się wprowadzanie zmian w kierunku podnoszenia dokładności GPS. Sądzić należy, iż w miarę rozwijania dokładnych systemów nawigacji satelitarnej przez inne państwa, zanikać będzie sens ochrony GPS. Na razie jednak w systemie tym stosowane są sygnały zobrazowane na rys. 22.



Rys. 22. Przykład zmiany częstotliwości fali elektromagnetycznej wywoływanej zmianą odległości w czasie ruchu satelity

O zróżnicowaniu urządzeń odbiorczych użytkowników już wspominano. Wspólnymi elementami różnych typów aparatury użytkowników są odpowiednie odbiorniki i procesory nawigacyjne dokonujące obliczeń oraz urządzenia 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, a odległości te oblicza się na podstawie mierzonego czasu biegu fal elektromagnetycznych emitowanych z satelitów. Na przykład, błąd w rejestracji czasu biegu fal wynoszący 1/100000 s powoduje błędne określenie położenia obiektu o 3000 m.

Satelitarne podsystemy 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. Dodajmy, że ziemskie systemy nawigacyjne nie zapewniają nawigowania w bezkresie wszechświata.

W wielu państwach stworzono lub tworzy się sieci tak zwanych „Różnicowych Stacji Naziemnych", które umożliwiają eliminowanie metodycznych niedokładności podsystemów satelitarnych. W sferze teoretycznych opracowań sieć taką stworzono także w Polsce. Sieci takie umożliwiają uzyskiwanie pomiarów współrzędnych x; y; z; z dokładnością do 0,5 m.

2.3. Satelity meteorologiczne

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[35]. Satelity obserwacji ogólnej umiesz-

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

czone 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 systemy meteorologiczne[36].

Satelity meteorologiczne (tabela 8), 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.

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 wyposażane są w różnorodne mierniki, dokonujące pomiarów właściwości

[36] Największym jest światowy system geostacjonarnych satelitów meteorologicznych (World Weather Watch), który tworzą satelity amerykańskie GOES, rosyjskie GOMS, zachodnioeuropejskie Meteosat oraz japońskie GMS. Cztery satelity funkcjonujące w rosyjskiego - 70° długości wschodniej.

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	

ośrodka kosmicznego. Do przekazywania zbieranych informacji stacjom naziemnym, okrętowym, statkom kosmicznym i powietrznym stosowane są nadajniki radiowe (rys.23).

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.

2.4. Satelity telekomunikacyjne[37]

Nazwa „satelity telekomunikacyjne" jest utożsamiana z nazwą „satelity łączności", chociaż samo wyrażenie „łączność" (bez przymiotnika) nie jest w słownikach i encyklopediach definiowane[38]. Wobec tego proponuje się używanie wyrażenia „łączność satelitarna" jako synonim „telekomunikacji satelitarnej"[39].

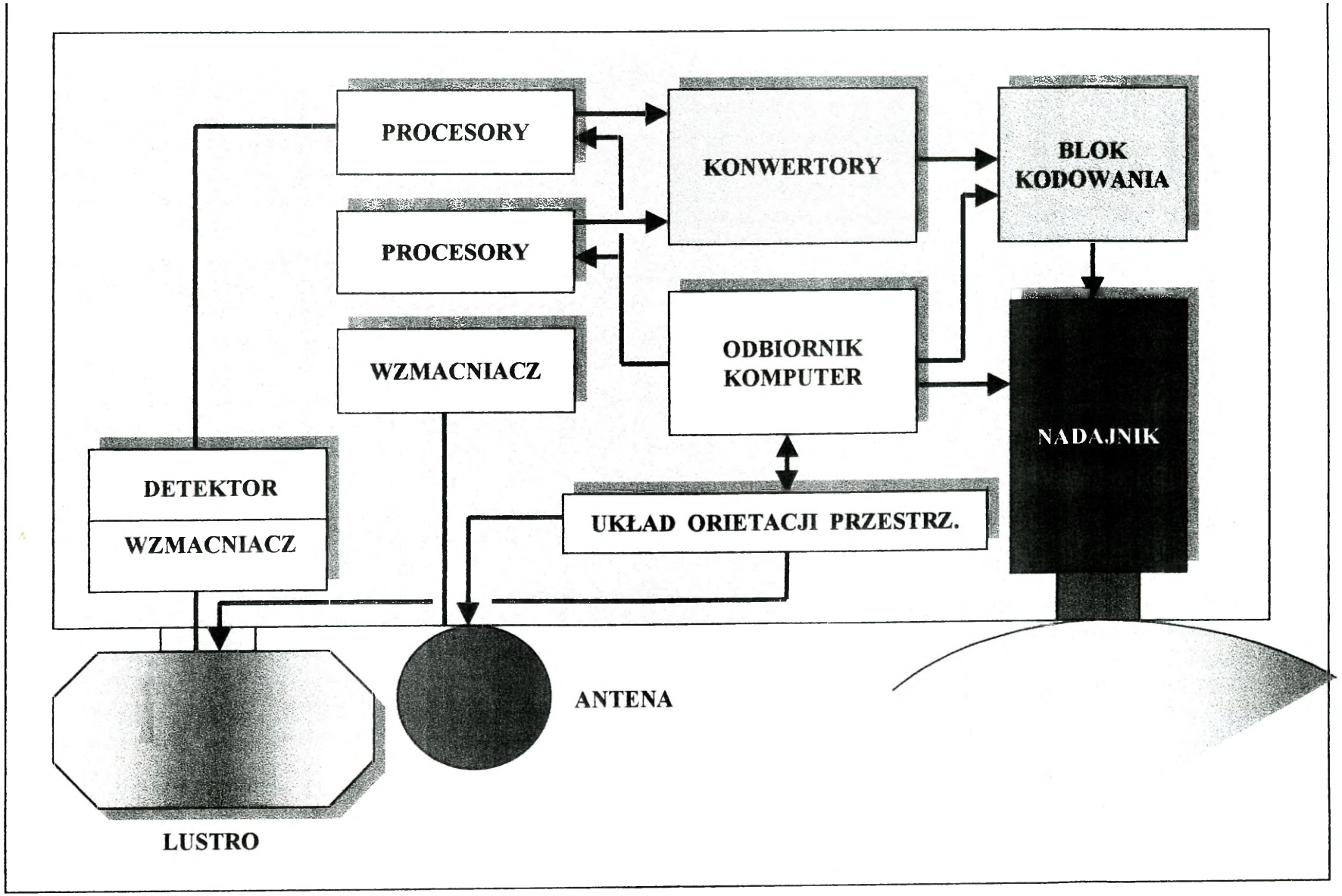
Już w 1964 r. rozpoczęto praktyczne wykorzystywanie łączności satelitarnej. Z biegiem czasu konstruowano i umieszczano na orbitach coraz doskonalsze łącznościowe satelity Ziemi. Były one specyficznymi stacjami przekaźnikowymi, niebywale rozszerzającymi zasięgi systemów łączności radiowej i radiotelefonicznej. 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

---

[37] 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, radiotelegrafia, radiotelekopia, telewizja).
Mała encyklopedia wojskowa. MON, 1971. T. 3, s. 315.

[38] Tamże, T. 3. s. 226-227.

[39] Leksykon wiedzy wojskowej. MON, 1979, s. 204.



Rys. 23. Schemat blokowy aparatury satelity meteorologicznego

się dwie swoiste grupy systemów łączności: łączności satelitarnej[40] z Ziemią i w dalekim kosmosie - tabela 9.

Bez łączności satelitarnej nie mogłyby funkcjonować inne podsystemy kosmiczne. Można to twierdzenie zweryfikować 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, ale tylko jako alternatywa przekazów radiowych.

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[41] lub grupa państw[42] mających wspólne interesy polityczne czy gospodarcze. Mniej prawdopodobne jest wykorzystywanie do celów wojskowych globalnych systemów łączności satelitarnej[43] 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 niewtajemniczonych. Znając nowoczesne systemy satelitarnej łączności komercyjnej można wnioskować o ich pierwowzorach lub odpowiednikach wojskowych.

---

[40] Leksykon wiedzy wojskowej, Warszawa 1979, s. 204.

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

[42] 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.

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

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 między ośrod-	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 miał być zastąpiony przez satelity Milstar

1	2	3	4	5	6
		kami kontroli startu rakiet między kontynentalnych			
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 miał 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. miał 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

Pod względem przestrzennym wyróżniane są systemy łączności globalne i o znaczeniu regionalnym. Z uwagi na zakres zastosowania wojskowego tworzone są odrębne systemy przeznaczone do dowodzenia strategicznego[44], o zasięgu globalnym, oraz systemy taktyczne[45], zapewniające dowodzenie ograniczone przestrzennie do najniższego szczebla. Swoimi systemami dowodzenia mogą dysponować także poszczególne rodzaje sił zbrojnych[46]. Łączność satelitarna może być wykorzystywana na Ziemi w dowodzeniu siłami zbrojnymi działającymi na lądzie, na morzach i w powietrzu. Relacje te obrazuje rys.24.

Aparatura satelitów łączności spełnia funkcje bezpośredniej lub pośredniej retranslacji[47]. 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.

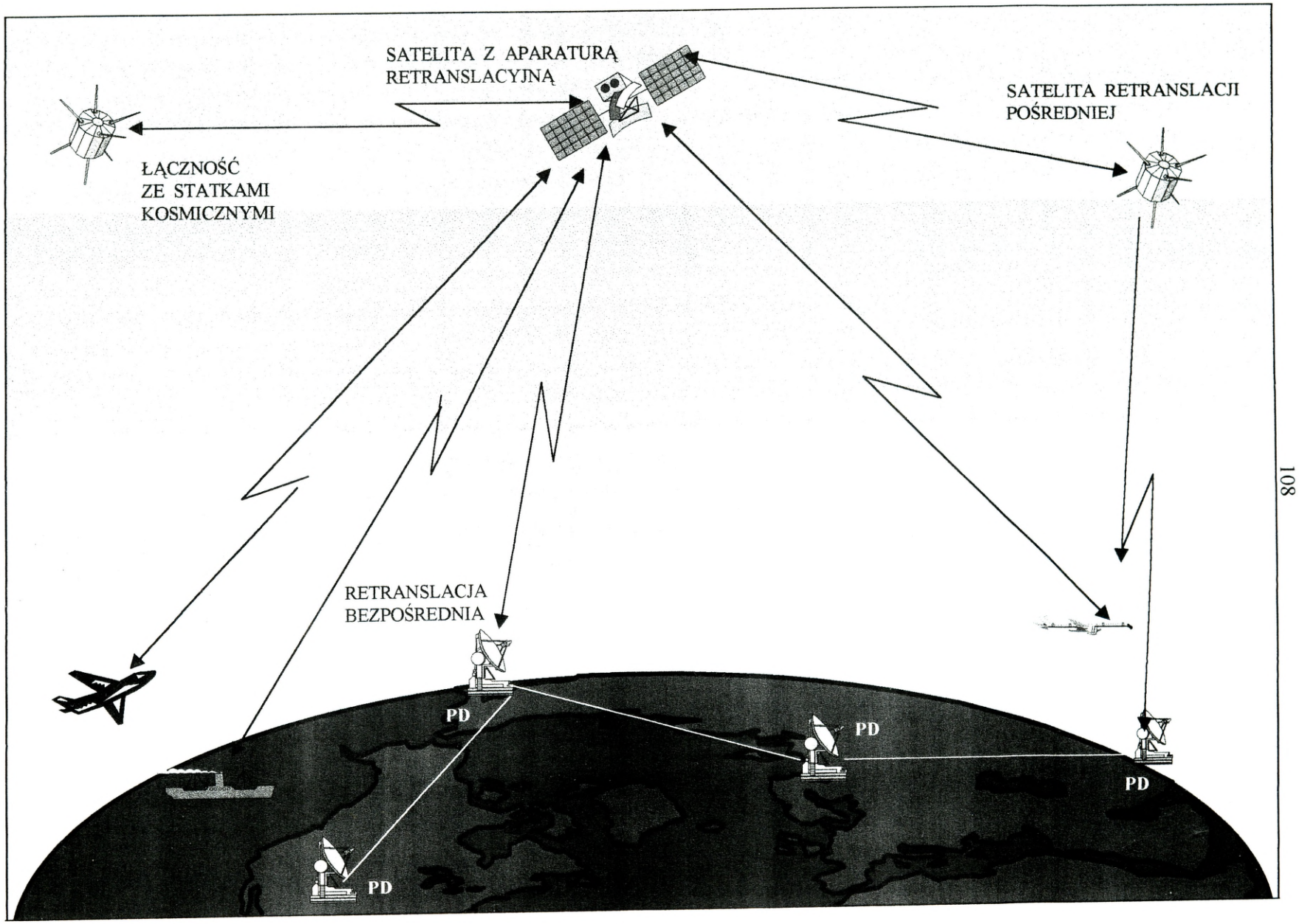
---

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

[45] 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.

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

[47] 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.



Rys. 24. Idea funkcjonowania globalnej łączności satelitarnej

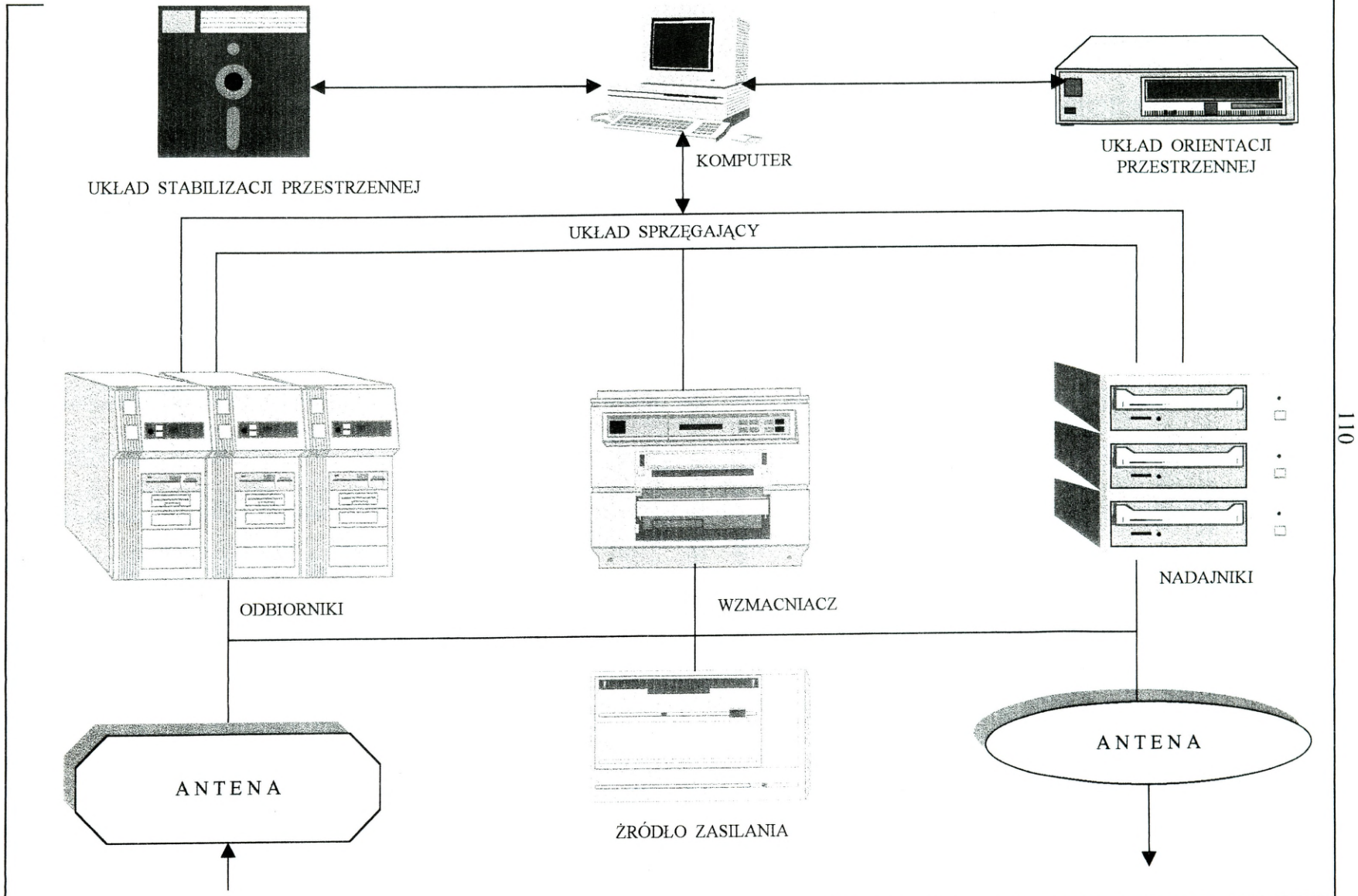
Z teoretycznego punktu widzenia dla satelitów łączności mogą być wykorzystywane dowolne orbity. Względy praktyczne wskazują, że najbardziej przydatne są orbity geostacjonarne oraz półsynchroniczne, nachylone, eliptyczne. Satelita wyposażony w anteny o szerokich wiązkach promieniowania może z orbity geostacjonarnej pośredniczyć między stacjami rozmieszczonymi w granicach $\pm 75^{o}$ 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 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^{o} wokół osi i o taką wartość przemieści się rzut poprzedniego apogeum satelity na powierzchnię Ziemi. Jeśli umieści się trzy satelity na orbitach synchronicznych, przesuniętych względem siebie o 120^{o}, 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^{o}.

Aparatura stanowiąca wyposażenie satelitów łączności jest zróżnicowana, odpowiednio do ich przeznaczenia i spełnianych funkcji[48]. Klasyczne satelity łączności mają aparaturę przedstawioną na rys.25.

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

[48] 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.



Rys. 25. Schemat blokowy aparatury satelity łączności

różne przyczyny. Układ orientacji sygnalizuje odchylenia i uruchamia działanie stabilizatorów, którymi mogą być silniczki korekcyjne, platformy żyroskopowe i balasty.

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[49]. 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

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

najmniej kilkadziesiąt tysięcy ogniw umożliwia tworzenie 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 kwadratowych.

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[50]. 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.

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.

---

[50] 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.

Stosownie do przeznaczenia, warunków stosowania i poziomu nowoczesności, kosmiczne stacje łączności różnią się budową, masą i warunkami technicznymi ich użytkownika. Uwarunkowania te przedstawiono schematycznie na rys. 26.

Różnice masy i gabarytów są wielkie. Potężne stacje stacjonarne mogą mieć masę setek ton[51], 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. 27.

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 sygnały o bardzo małych mocach[52], 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.

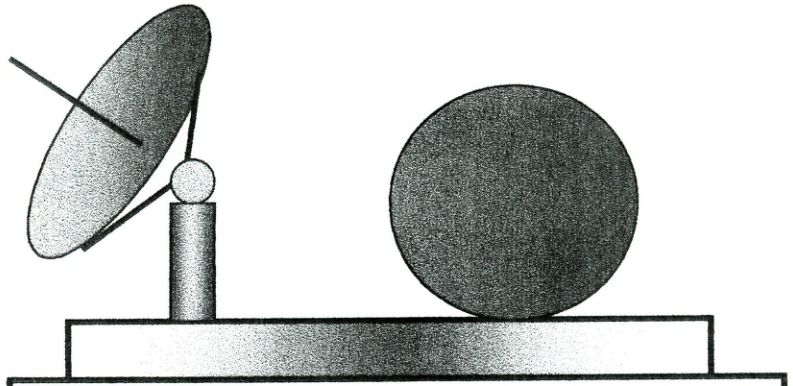
Jest oczywiste, że o efektywności pracy stacji decyduje sprawność nadajników i odbiorników, w tym ich modulatorów, demodulatorów i wzmacniaczy. Natomiast nie zawsze docenia się rolę systemów antenowych stacji naziemnych i satelitów. Mówi-

---

[51] 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 Intelsat antena ma średnicę 30 m i masę 300 t.

[52] Gęstość mocy sygnałów docierających do Ziemi z pojazdów wysyłanych w daleką przestrzeń kosmiczną waha się w granicach od 10^{-10} do 10^{-20} W/m^2. Najpotężniejsze stacje naziemne wyróżniają sygnały radiowe nawet o gęstości mocy tylko 10^{-18} W/m^2.



STACJE ŁĄCZNOŚCI KOSMICZNEJ

CHARAKTERYSTYKI

ZAKRES STOSOWANIA

1. GLOBALNY
2. STRATEGICZNY
3. OPERACYJNY
4. TAKTYCZNY
5. INDYWIDUALNY

MOBILNOŚĆ

1. STACJONARNE
2. SAMOJEZDNE
3. PRZEWOŹNE
4. PRZENOŚNE

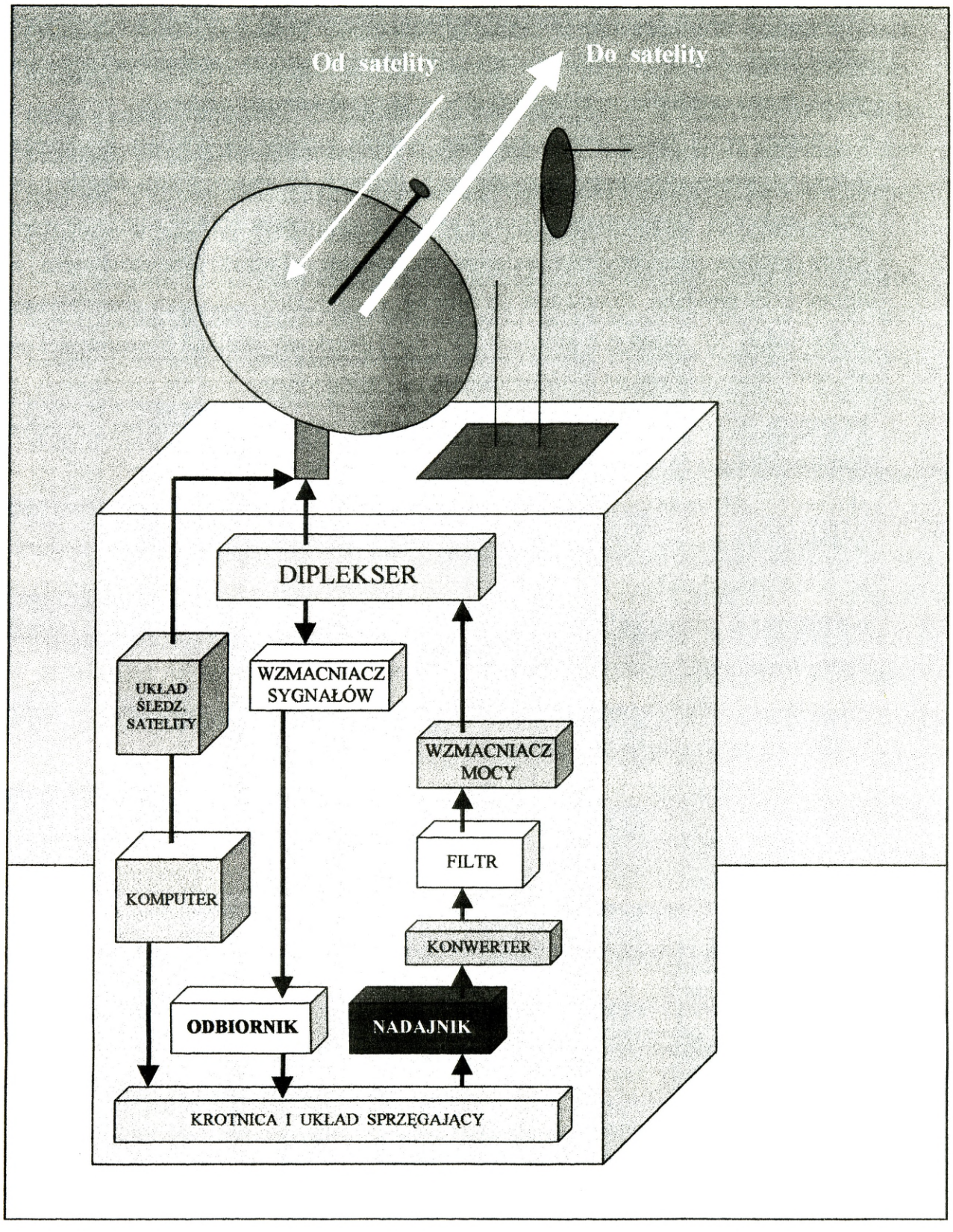
RODZAJ STACJI

1. KOŃCOWE
2. POŚREDNICZĄCE
3. TRANSMISYJNE
   - Telefoniczne
   - Telegraficzne
   - Teledacyjne
   - Teleobrazowe

ŚRODOWISKO PRZESTRZENNE

1. NAZIEMNE
2. MORSKIE
3. POWIETRZNE
4. KOSMICZNE

Rys. 26. Podział wojskowych stacji łączności ze względu na warunki ich stosowania



Rys. 27. Schemat blokowy aparatury stacji łączności kosmicznej

my 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°[53]. 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 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.

W drugiej połowie XX wieku gwałtownie rozszerzyła się wymiana informacji, nie tylko w sensie ilościowym, lecz i jakościowym. Systemy łączności okazały się niezastąpione w odległościowym sterowaniu urządzeniami technicznymi, w tym zwłaszcza

---

[53] Wspomniane wcześniej stacje naziemne R-440, które miały Siły Zbrojne RP, miały szerokość wiązki wynoszącą 7°.

wojskowymi. Powstały nowe techniki przekazywania informacji. Rewelacyjnym osiągnięciem było stworzenie systemów łączności umożliwiających bezprzewodowe przesyłanie obrazów. Dzięki temu można było zdobywać obrazy innych planet tworzone z pewnej odległości lub za pomocą sond lądujących na tych planetach. Ludzie pracujący na powierzchni Księżyca mogli utrzymywać bezpośrednią łączność z Ziemią. Nie mieliśmy wówczas do czynienia z łącznością satelitarną, lecz kosmiczną. Przymiotnik „kosmiczna" wyraża środowisko, w którym łączność funkcjonuje.

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 W ten sposób wyodrębniły się dwie swoiste grupy systemów łączności: łączności satelitarnej[54] z Ziemią i w dalekim kosmosie.

Szczególnie w kosmosie coraz większą role odgrywają systemy sterowania radiowego. Specyficzne przeznaczenie i usytuowanie tych systemów w strukturze obiektów kosmicznych przesądza o zaliczeniu ich do układów, w łonie których pracują. Sądzi się, że radiowe komunikowanie potrzebne jest w kosmosie nie tylko w relacji człowiek – człowiek, ale także w relacji człowiek – maszyna, a nawet maszyna – maszyna. Systemy takiego sterowania radiowego już istnieją. Sterowanie może mięć charakter pośredni. Przykładem są w tym wypadku systemy nawigacyjne. Rakiety lub okręty otrzymują drogą radiową niezbędne informacje o swym aktualnym położeniu, na podstawie których układy wewnętrzne odpowiednio korygują tory ich ruchu.

Sterowanie bezpośrednie występuje wówczas, gdy sygnały radiowe stanowią komendę uruchamiającą ściśle określone działanie sterów i powodują przewidzianą ewolucję sterowanego obiektu. W systemie zautomatyzowanego dowodzenia wojskami może zachodzić radiokomunikacja między oddalonymi obiektami bez pośrednictwa ludzi. W kosmosie nie ma warunków do stosowania wszystkich technik łączności wykorzystywanych na Ziemi. Podstawę stanowi łączność radiowa.

W procesie pośredniczenia między korespondentami stosowane są różne metody retranslacji satelitarnej. Do najbardziej znanych rozwiązań należą: pośredniczenie

[54] Leksykon wiedzy wojskowej, Warszawa 1979, s. 204.

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

W 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

---

[55] Metoda taka stosowana jest w taktycznym systemie łączności satelitarnej amerykańskich sił zbrojnych, oznaczonym w skrócie TACSAT – COM.

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 czasie wojny systemy satelitarnej łączności wojskowej staną się niechybnie przedmiotem wszechstronnego przeciwdziałania przeciwnika. Pogląd taki dominuje przynajmniej w większości opracowywanych prognoz. Radykalne będą działania nieprzyjaciela zmierzające do zniszczenia zasadniczych elementów systemów. Nie jest to zadanie łatwe, a ponadto elementy zniszczone mogą być odtwarzane. W związku z tym totalna walka radioelektroniczna obejmie swym zasięgiem także systemy łączności satelitarnej. 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 wspomniano, że doskonałe efekty zabezpieczające systemy łączności przed zakłóceniami uzyskuje się przez celowe rozpraszanie sygnałów wszystkich stacji w szerokim paśmie częstotliwości, we wspólnym widmie. 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, musza znać używane przez nadawcę ciągi adresowo – kodowe i stosownie do tego mieć odpowiednio przygotowane odbiorniki. Sygnały transmitowane przez wszystkie stacje odbiera obsługujący je satelita. Sygnały są sumowane, wzmacniane i w postaci sygnału grupowego emitowane do adresatów. Treści dotyczące danej stacji wydziela z całego sygnału właśnie generator adresowo – kodowy odbiornika, korzystający z takich samych ciągów jak nadajnik[56].

W radioteleskopach bardzo kosztowny jest układ antenowy. Kilkudziesięciometrowe anteny paraboliczne mogą być ustawiane w pożądanym kierunku kosmosu[57]. Anteny wielusetmetrowe[58] są zwykle nieruchome i zawsze skierowane w stronę ze-

---

[56] Ten fragment opisu i wcześniejsze wskazują, że włączenie się nowych członków w systemy łączności NATO jest zadaniem niezwykle trudnym.

[57] Ewenementem jest zainstalowanie radioteleskopu z ruchomą anteną o średnicy 180 m w miejscowości Sugar Grove (Stany Zjednoczone). Radioteleskop w Jodrell Bank (Wielka Brytania) ma ruchomą antenę o srednicy 180 m, a jego masa wynosi około 700 t.

[58] Radioteleskop funkcjonujący w Arecibo (Puerto Rico) ma antenę o średnicy prawie 300 m.

nitu. Do nowocześniejszych rozwiązań należą tak zwane anteny interferencyjne, w których nie występuje jedna olbrzymia antena, lecz szereg mniejszych, odpowiednio rozmieszczonych.

*

* *

W zakończeniu rozdziału drugiego zespół można stwierdzić, że z podsystemów meteorologicznych i ograniczenie z podsystemu nawigacji satelitarnej GPS nasze Siły Powietrzne korzystają. Podsystem łączności wykorzystywany jest w zasadzie tylko podczas ćwiczeń z udziałem wojsk NATO[59]. Sądzi się, że po wstąpieniu do NATO w 1999 r. nasze SP zyskają nieodzowny dostęp także do innych podsystemów satelitarnych. Ze względów oczywistych podsystemy rozpoznania satelitarnego i łączności (dowodzenia) muszą być otaczane tajemnicą. Bliższą perspektywę wykorzystania podsystemów satelitarnych NATO przedstawiono w rozdziale następnym.

[59] W dniach 7.09. do 11.09.1998 na Poligonie Drawsko ćwiczyło 6000 polskich żołnierzy z udziałem przedstawicieli sztabów NATO. W środkach masowego przekazu sygnalizowano pozyskiwanie przez nasze SZ nowoczesnych podsystemów łączności (satelitarnej).

3. ASPEKTY WYKORZYSTYWANIA SYSTEMÓW SATELITARNYCH PRZEZ SIŁY POWIETRZNE POLSKI

Ludzie nie znający uwarunkowań stymulujących funkcje dużych paktów wojskowych mogą odczuwać zniecierpliwienie biegiem spraw po wstąpieniu Polski do NATO. Nastąpił akt polityczny, a integrowanie polskich Sił Zbrojnych z NATO, w tym wykorzystywanie systemów satelitarnych, jest procesem złożonym przede wszystkim technicznie. Potrzeba czasu i dużo pieniędzy na nowy sprzęt. Nie od rzeczy jest też uprzedzenie niecierpliwych, że cele obronne NATO jako zbioru państw mają rangę globalną i wstąpienie jednego czy kilku nowych państw do paktu nie może wywoływać gwałtownych zmian reguł w tym pakcie ukształtowanych. Dobrodziejstwo przynależności Polski do NATO nie polega na przejęciu zadania obrony naszego kraju przez innych lecz połączeniu potencjałów obronnych w ramach paktu do wspólnej obrony. Trzeba też zdawać sobie sprawę, że wstąpienie do NATO obliguje nas do realistycznej oceny sytuacji geostrategicznej. Niniejsze opracowanie ma służyć studentom oraz kadrze AON. Nie jest więc potrzebne tworzenie mitów lecz obiektywna ocena warunków w jakich funkcjonuje NATO. Siły Zbrojne paktu wykorzystują w zasadzie amerykańskie systemy satelitarne. Stany Zjednoczone Ameryki Północnej są obecnie jedynym supermocarstwem, ale nadużywanie tego faktu nie leży w interesie społeczeństwa amerykańskiego i wszystkich mieszkańców kuli ziemskiej. Dlaczego? Odpowiedź można znaleźć w faktach, które opisano poniżej.

3.1. Sytuacja geostrategiczna na kuli ziemskiej determinująca wykorzystywanie systemów satelitarnych

Ogół funkcjonujących systemów satelitarnych, a nawet poszczególne ich rodzaje mają charakter globalny. Z oczywistych względów powinny służyć przede wszystkim państwom, które je stworzyły, a ponadto sojusznikom tych państw. Ta ogólna formuła

ukazuje złożoność problemu, gdyż upadek byłego ZSRR nie wywołał powszechnego bezpieczeństwa militarnego na Ziemi. Wprawdzie głoszone są takie tezy, ale czynią to propagandziści pozbawieni wiedzy rzeczowej. Stwierdzenie to uzasadniają poniższe tezy.

W ciągu tysiącleci pozycję państwa na arenie międzynarodowej, w tym militarną, wyznaczały takie czynniki, jak: liczebność ludności; powierzchnia obszaru, bogactwa naturalne; poziom rozwoju ekonomicznego i cywilizacyjnego oraz tworzona na tej podstawie potęga militarna. Stworzenie straszliwej broni jądrowej zmieniło historycznie ukształtowane kanony, zwłaszcza kiedy kolejne państwa zaczęły podważać ukształtowany parytet. Dwubiegunowy układ państw posiadających broń jądrową wytworzył stan tak zwanego **„pata militarnego"**. Przez pojęcie to rozumie się niemożność rozstrzygania sprzeczności poprzez wojnę, pomiędzy posiadaczami broni jądrowej.

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

Czy globalna sytuacja militarna na świecie obecnie zmieniła się? Pytanie retoryczne. Arsenał nuklearny byłego ZSRR istnieje nadal[60]. USA i Rosja dysponują 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 tego do 1999 r. Rosja 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 z piętnem pata militarnego wkraczamy w XXI wiek. Posiadacze potężnych arsenałów nuklearnych nie będą nadal

---

[60] W 1999 r. Rosjanie wprowadzili do użytku nową generację rakiet międzykontynentalnych z głowicą jądrową (rakiety nazwano TOPOL).

mogli ich użyć, a to oznacza wykluczenie możliwości znaczącego naruszania wzajemnych interesów militarnych. Broń nuklearna prawie już od 50 lat stanowi prerogatywę mocarstwowości państw i swym istnieniem kształtuje stosunki polityczno - militarne na kuli ziemskiej. Inicjatywa Obrony Strategicznej[61] 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 nagminnie, wówczas zyskuje „międzynarodową" wrogość. Państwa wielkie nie mają takiej możliwości i „muszą" traktować się z respektem.

Wszystko to wydaje się oczywiste, ale raczej w teorii. Fakty powyższe nie mają należytego odzwierciedlenia w praktyce oceny. Rozliczne fobie, iluzje oraz 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".

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.

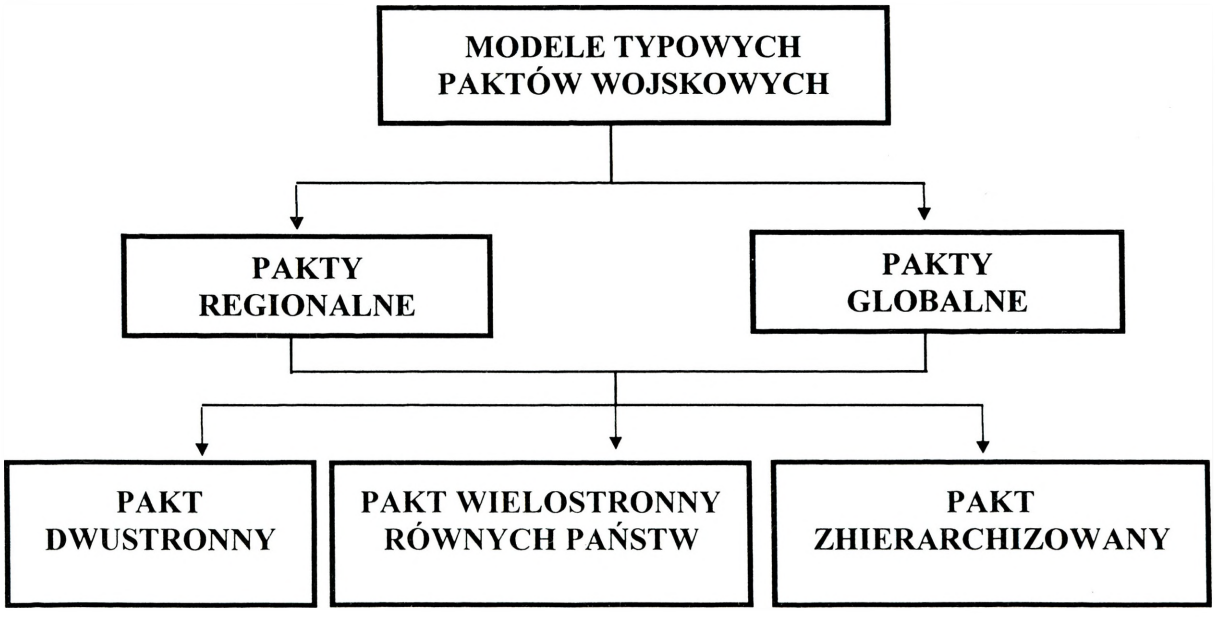
---

[61] Strategic Defense Initiatiwe (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.

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. 28.



Rys.30. 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 (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 innych mocarstw.

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 radykalnie wyeliminować sporu. 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[62]. **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 szafowanie 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[63]. Państwa totalitarne mogły jeszcze wówczas szafować życiem swych obywateli. Współzwycięski ZSRR stracił około 20 milionów ludzi, a pokonane Niemcy około 5 milionów[64]. 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 geograficzne Polski jest czynnikiem obiektywnym. Przez wieki pustoszyły nasz kraj armie, przechodzące ze wschodu na zachód i odwrotnie. Naród Pol-

---

[62] Aluzja do „dziwnej" wojny na zachodzie we wrześniu 1939 r., kiedy Sojusznicy Polski nie uważali za stosowne uderzyć na Niemcy. Przypis autora.
[63] Dwight D. Eisenhower. Krucjata w Europie. MON, 1959 s. 11.
[64] Mała encyklopedia wojskowa. MON 1967. T.1, s. 336.

ski przywykł do cierpień. Nic dziwnego, że jesteśmy „dumni" ze swych strat w II wojnie światowej (6 milionów zabitych obywateli), poniesionych w ludziach i mieniu, traktując je jako nasz „wkład" w dzieło zwycięstwa nad faszyzmem.

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, bowiem znany jest 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 przejęcie 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 wielką rolę wojskom obrony terytorialnej, usiłując wskazywać wzory szwajcarskie.

Trzeba 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, a przedmiotem obrony 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.

Rozumienie powyższych uwarunkowań skłania do formułowania rozsądnych oczekiwań, liczących się z interesami ogółu członków NATO, ale i głównego członka, jakim są USA. Trzeba przy tym mieć na uwadze trudności techniczne. Nie posiadamy sprzętu lotniczego umożliwiającego wykorzystywanie własności współczesnych systemów satelitarnych. Zapowiedź Rządu RP o zamiarze wyasygnowania 3 miliardów dolarów USA dla Sił Zbrojnych (głównie dla Sił Powietrznych) nie zawierała terminu[65]. Nowy sprzęt jest niezbędny ponieważ:

1. Siły powietrzne Polski powinny być jakościowo współmierne do potrzeb obronnych wynikających z możliwego zagrożenia, celów polityki militarnej i warunków ich osiągania w wypadku narzucenia Polsce konfliktu zbrojnego. Skoro nie przewidujemy klasycznej wojny ma wielką skalę, 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

[65] Optymiści marzą o nowej LEND-LEASE ACT. **Przypomnijmy**: ustawa o pożyczce i dzierżawie, przyjęta przez Kongres USA, obowiązywała do 1945 r. Nowa Encyklopedia Powszechna PWN. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 1997. T. 3, s. 704.

w potrzebnej mu skali. Pozbawienie potencjalnego przeciwnika takiej nadziei może być istotnym czynnikiem kalkulacji strategicznych skłaniających go do zaniechania agresji. Funkcjonowanie ostrzegania satelitarnego jest skutecznym narzędziem eliminowania zaskoczenia militarnego.

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. Wielki rozmach przestrzenny takich hipotetycznych działań zmusza do wykorzystywania systemów satelitarnych.

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 mają sprzęt umożliwiający wykorzystywanie systemów satelitarnych. Wniosek z tego jest oczywisty. Polskie Siły Powietrzne muszą otrzymać sprzęt kompatybilny z posiadanym w NATO, a więc samoloty zwane „wielozadaniowymi".

3.2. Systemy satelitarne bezpośrednio dostępne Siłom Powietrznym Polski

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, a USA i Rosja będące właścicielami tych systemów nie są w stanie wzbronić ich wykorzystywania. Wprawdzie mają przypuszczalnie sposo-

by zmiany reżimów pracy systemów GPS, GLONAS, NOAA i PIONEER, ale nie w okresie pokoju.

Wykorzystuje się „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[66] 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[67] 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). Nie można wykluczyć udostępnienia Polsce informacji o warunkach wykorzystywania jednolitych systemów satelitarnych przez NATO podczas wojny. Trzeba się jednak liczyć z koniecznością ponoszenia przez nasz kraj częściowych kosztów, w proporcji stosownej do naszych możliwości jako członka NATO.

Dotychczas nie ma przepisów, które zabraniałyby korzystania z 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 wykorzystują także satelity. Wnosząc opłaty za przeloty (ewentualnie korzystanie z lotnisk) pośrednio opłaca się również użytkowanie satelitów. Koncerny produkujące samoloty wojskowe i cywilne niewątpliwie mają zezwolenie na ich wyposażanie w podsystemy wykorzystujące satelity. Wojskowe statki powietrzne nie podlegają kontroli zewnętrznej. W myśl porozumień wiedeńsko - paryskich o limitach samolotów i śmigłowców bojo-

---

[66] 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.

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

wych (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 systemów satelitarnych przez ich twórców, ponieważ systemy te służą wielkim ilościom użytkowników w państwach, które te systemy zbudowały. Z tych samych powodów nie można zmienić z dnia na dzień reżimów pracy tychże systemów. Zmiana nie powinna być zaskoczeniem, chociaż perypetie z zegarami systemu GPS ujawnione w sierpniu 1999 r. dowodzą realności niespodzianek. Dlatego użytkownicy cywilno - wojskowych systemów satelitarnych mają na pokładach statków powietrznych, 2-3 inne urządzenia nawigacyjne (bezwładnościowe, radiotechniczne, radiokompasy). Załogi statków powietrznych muszą być zdolne realizować zadania bez wykorzystywania podsystemów satelitarnych.

3.2.1. Wykorzystanie systemów nawigacji satelitarnej

W kosmosie funkcjonują 2 podobne systemy nawigacyjne. Amerykański GPS NAWSTAR i rosyjski GLONAS. Różne firmy sprzedają wskaźniki umożliwiające wykorzystywanie GPS (samolotowe i śmigłowcowe, samochodowe i inne).

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[68] traktuje się jako relatywnie małe w porównaniu z ceną zakupu i eksploatacji samolotów oraz śmigłowców. Posiadanie na pokładach takich wskaźników umożliwia ich wykorzystywanie do nawigowania oraz realizowania zadań taktycznych.

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.

---

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

Na rynkach światowych oferowana jest szeroka gama odbiorników funkcjonujących w systemie GPS. Różnią się konstrukcyjnie, ale istota ich pracy jest zbliżona. Spełniają też podobne funkcje z tym, że w zależności od rozwiązań konstrukcyjnych, odbiornik może mieć większe możliwości i szerszą bazę danych. Wybierane są odbiorniki pokładowe których gabaryty zapewniają zaadoptowanie na aktualnie eksploatowane statki powietrzne. Parametrem decydującym o właściwościach eksploatacyjnych odbiornika jest liczba jego kanałów odbiorczych. Niejako trzecim kryterium jest sposób prezentowania wskazań (informacji) oraz oprogramowanie umożliwiające dokonywanie różnych obliczeń nawigacyjnych (wprowadzanie punktów zmiany kierunku, obliczanie odległości ortodromicznej i loksodromicznej).

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

Do zestawu odbiornika należą następujące elementy: pulpit; antena; przewód antenowy; łącza zasilające; łącza komputerowe. Pulpit użytkownika tworzą dwa elementy funkcjonalne:

1. Ekran - wyświetlacz ciekłokrystaliczny, którego rozdzielczość jest uzależniona od przeznaczenia i wielkości. Na ekranie zobrazowywane są parametry lotu i inne informacje nawigacyjne.
2. Klawiatura służąca do sterowania odbiornikiem pokładowym.

Pod względem przeznaczenia i konstrukcji odbiorniki wykorzystywane w systemie 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 namierzające jednym kanałem kolejno pięć satelitów z prędkością czterech milisekund. Zapewniają szybką aktualizację danych, ale ich

wadą jest obniżona zdolność odbierania sygnałów przy małych kątach wzniesienia satelitów nad horyzontem[69]

3. Odbiorniki sekwencyjne posiadające 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 poważnie ogranicza ich przydatność na samolotach.

Wprawdzie następują szybkie zmiany w kolejnych generacjach odbiorników służących celom nawigacji satelitarnej, ale warto przybliżyć najważniejsze informacje o obecnie eksploatowanych.

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 wykorzystywanie go jako dodatkowej pamięci. Producent wytwarza zestaw w 3 opcjach, stosownie do wymagań odbiorcy. Różnią się one właściwościami odbiornika.

a) Zestaw z odbiornikiem o pracy ciągłej przydatny dla szybko poruszających się obiektów (samolotów).

b) Zestaw z odbiornikiem sekwencyjnym efektywny przy dużej prędkości ruchu użytkownika.

c) Zestaw z odbiornikiem sekwencyjnym efektywny także przy małej prędkości ruchu nawigowanego obiektu.

Podstawowe parametry techniczne i użytkowego tego odbiornika są następujące:

- Masa 0,96 kg łącznie z baterią.
- Rozmiary 159x147x51 mm.
- Liczba odbieranych satelitów - do ośmiu.
- Czas uzyskiwania danych - 2 minuty (w reżimie pracy 2D, w którym samemu należy wpisać wysokość), 2,5 minuty (w reżimie pracy 3D, w którym są dostępne nie mniej niż cztery satelity, obliczana jest wysokość lotu oraz szerokość i długość

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

geograficzna), 15 s (w reżimie 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, systemach radioelektronicznych oraz danych trasy lotu - ogółem do 100 punktów. Wprowadzanie współrzędnych wyjściowego punktu trasy lotu (WPT) do pamięci urządzenia można dokonywać trzema sposobami poprzez:

a) wpisanie współrzędnych geograficznych WPT;
b) umiejscowienie nowego WPT w stosunku do WPT już znajdującego się w pamięci urządzenia (podanie NKDM oraz odległości od starego do nowego WPT);
c) umiejscowienie nowego WPT w stosunku do aktualnej własnej pozycji lub wpisanie NKDM i odległości z obecnej pozycji do nowego WPT.

Odbiornik Garmin GPS 150 umożliwia zaprogramowanie do 10 tras, oraz wykonywanie lotów w kolejności przyjętej podczas programowania, a także w kolejności odwrotnej. Trasa lotu jest wyświetlana na czytniku i w czasie lotu wskazywane są kolejne odcinki drogi po minięciu kolejnych punktów zmiany kierunku (PZK). Jeżeli powstaje konieczność zmiany zaplanowanej trasy lotu, wystarczy w odpowiednim miejscu trasy wpisać nazwę wcześniej wybranego PZK. Wówczas pozostałe PZK zostaną odpowiednio przesunięte. Taką 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 nakazanej linii drogi (NLD), to jest wskazywanie za pomocą strzałek czy lot wykonywany jest do WPT, czy też już po jego przekroczeniu, ostrzeganie (alarmowanie) w razie przekroczenia zaprogramowanego w pamięci dopuszczalnego odchylenia od NLD;

- powiadamianie (ostrzeganie) o zbliżaniu się do PZK, oraz zaprogramowanie wielkości strefy sygnalizowanej (niebezpiecznej) wokół danego PZK;
- określanie aktualnej pozycji oraz wyświetlanie na czytniku prędkości podróżnej, wysokości lotu (obliczoną względem 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 odbiornik zmian parametrów w jakich ma się odbywać nawigowanie. Pozycję można określać 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.

Odbiornik jest urządzeniem prostym w obsłudze. Uruchomienie kilkoma przyciskami powoduje natychmiastowe wyświetlanie żądanych danych nawigacyjnych. Wskazuje aktualną pozycję samolotu podczas całego lotu, a jeśli potrzeba to także rejestruje w pamięci pozycję, datę i czas położenia statku powietrznego nad kolejnymi punktami trasy lotu.

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 też wady. Podczas manewrów statków powietrznych dochodzi do „zrywania łączności" z satelitami. Pomiary nawigacyjne można przeprowadzać przy prędkości postępowej nie mniejszej niż 10 km/h, 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 on 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.

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/h. 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
	Ilość kanałów:	10 równoległych
LC: long cable, kabel antenowy 30 m	Typowy czas akwizycji:	< 75 sekund
TS: Przystosowany do współpracy z nadajnikiem sygnałów pozycyjnych	Typowy czas reakwizycji:	< 30 sekund
DG: differential GPS, przystosowanie do pracy w systemie różnicowym	Typowa dokładność (brak SA, HDOP<2)	
TP: time pulse, dostarczany impuls sekundowy zgodny ze skalą czasu UTC	Współrzędne płaskie:	25 m RMS/2D
HH: hand held, wyposażenie w pokrowiec z uprzężą	Wysokość:	50 m RMS
MT: mounted, z podstawą - uchwytem	Prędkość:	0,4 km/h RMS
Wymiary (szer.x wys. x dł.):		160x80x85 mm
Ciężar z akumulatorami:		900 g
Temperatura pracy:		-20..+40°C
Zasilanie zewnętrzne:		9..40V DC

Czas pracy przy zasilaniu z akumulatorów	6 h
Złącza:	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:

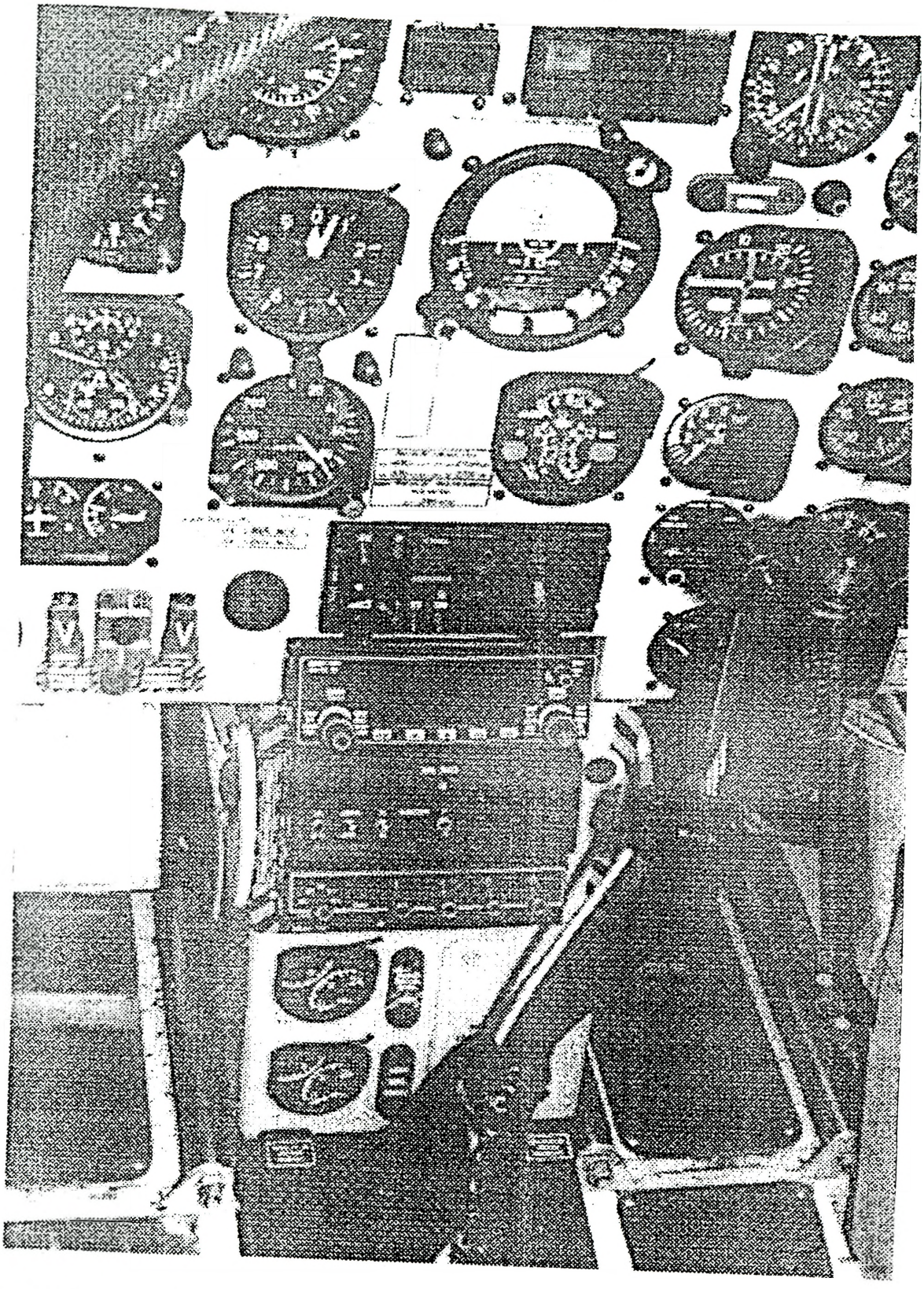
- format danych wyjściowych - NMEA 0183
- szybkość transmisji - 2400 do 9600 baudów
- okres przetwarzania pełnej sekwencji wyjściowej - co 1 s lub więcej (co 30 s, 60 s)
- rodzaj wysyłanych danych - położenie (3 wymiary w wybranych układach odniesienia: czas, kurs, prędkość).

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

- zrywanie kontaktu z satelitami przy energicznych manewrach;
- 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), oraz możliwości zapamiętywania przez urządzenie potrzebnych elementów programu misji bez konieczności przeszukiwania;
- brak informacji o przelocie zaprogramowanego punktu, informacji o wartości poprawek LBO i KBO, informacji o potrzebnym kursie do PZK;
- brak możliwości wprowadzenia pełnych nazw WPT, PZK, KPT (istnieje duże prawdopodobieństwo pomyłki), oraz wyświetlania pełnego czasu, h, min.) oraz jednostek prędkości.

3. System nawigacji satelitarnej BENDIX/KING KLN 90

KLN 90 jest względnie nowoczesnym urządzeniem nawigacyjnym, zapewniającym nawigowanie statku powietrznego z dużą dokładnością i stosuje się go w większości krajów świata – rys. 29. Podstawowa konfiguracja systemu KLN 90 składa się



Rys.29. Widok ogólny odbiornika nawigacyjnego GPS KLN 90 w pierwszej kabinie samolotu PZL-130 „Orlik".

z zamontowanego na tablicy przyrządów statku powietrznego odbiornika (komputera) nawigacyjnego GPS KLN 90, a ponadto kasety bazy danych i anteny. 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 oraz 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 płaska 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 kursem i wyświetlania punktów drogi na wskaźnikach sytuacji horyzontalnej (firmy Beddix/King EHI 40 i EHI 50). Do KLN 90 mogą być przyłączane pracujące w trybie NAV systemy sterowania lotem (firmy Benix/King).

Wysokość określana przez KLN 90 może być dostarczana do wysokościomierza kodującego (ze skalą lub bez skali), lub z komputera danych powietrznych. Wysokość lotu jest pomocna w określaniu położenia, jeżeli nie jest widoczna wystarczająca ilość satelitów. Wysokość lotu jest także niezbędna przy spełnianych wielu innych funkcjach takich, jak określanie wysokości nad lotniskiem, bądź przy specjalnych zastosowaniach statku powietrznego.

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 lotni-

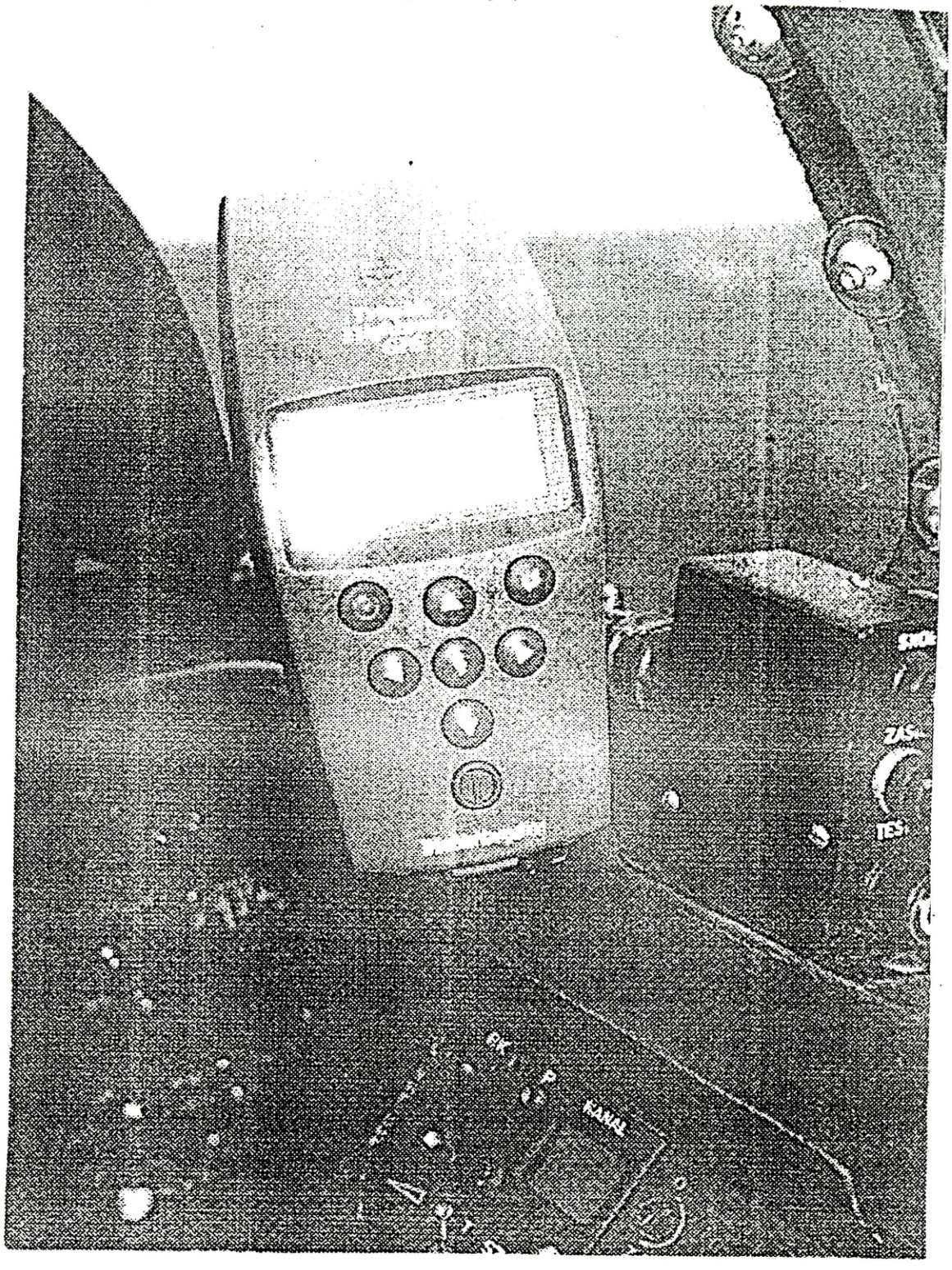
czych. Istnieją dwa rodzaje bazy danych KLN 90. Zapewniają one informację lotniczą pochodzącą z całego świata. W szczególności, obie bazy danych zawierają kompletne informacje o radiolatarniach VOR, NDB i minimalnych wysokościach bezpiecznych (MSA - Minimum Safe Altitude) nad różnymi kontynentami. Dla obszaru pierwotnego baza danych zawiera dane o wszystkich cywilnych i wojskowych lotniskach o długości pasa co najmniej 1000 stóp. Dla obszarów wtórnych baza danych dostarcza informacje o lotniskach z drogami startowymi utwardzonymi o długości co najmniej 3000 stóp. Częstotliwości i informacje o drogach startu i lądowania są podawane tylko dla obszarów pierwotnych. Baza danych zawiera również informacje o punktach przecięcia tras, centralach kontroli lotu, częstotliwościach środków radioelektronicznych stanowisk obsługi lotów i przestrzeniach specjalnych. Może ona być także dopełniona 250 punktami drogi zdefiniowanymi przez użytkownika. KLN 90 ma dwa reżimy pracy: Przelot - Odcinek (Enroute - Leg) i Przelot - Kurs OBS (EDnroute - OBS).

Odbiornik GPS w KLN 90 może przyjmować sygnały od ośmiu satelitów w celu określania pozycji. Wystarczająco poprawna pozycja jest określana przy użyciu czterech satelitów lub nawet trzech, jeśli jest podawana wysokość. Kiedy satelity w momencie pomiaru 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.

Do zasadniczych wad systemu nawigacji satelitarnej Bendix/King KLN90 trzeba zaliczyć brak możliwości zaadoptowania go na dowolny typ statku powietrznego bez zmiany jego awioniki 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 – rys. 30. Działać może z wykorzystaniem anteny wewnętrznej lub zewnętrznej. Pracuje w oparciu o satelity nawigacyjne systemu



Rys.30. Widok ogólny odbiornika Trimble Flightmate

GPS (Global Positioning System). Nawet tylko trzy sygnały satelitów umożliwiają dokonywanie namiarów. Odbiornik Trimble Flightmate jest zdolny rozwiązywać następujące zadania pilotażowo - nawigacyjne:

- rejestrować zamierzoną i rzeczywistą trasę lotu; określać wielkość bocznego odchylenia od zadanej linii drogi; określać 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 lub nad punktem manewru do ataku bądź lądowania;
- rejestrować przebieg drogi lotu, czas, wysokość i prędkość;
- korzystać z danych kalendarzowych oraz wykorzystywać odbiornik jako zegarek lub stoper;
- wybierać do pracy warianty wskazań na ekranie stosowne do potrzeb użytkownika, (km, mile, węzły, stopy, metry, km/h, warianty czasów UTC lub lokalne, itp.);
- odnosić wartość kątów 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 zboczono z nakazanej trasy, oraz po której stronie nakazanej linii drogi leci statek powietrzny;
- 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 kierowania lub geograficznych, z których załoga może korzystać w przyszłości. W bazie tej znajduje się 9 oddzielnych zbiorów danych:

- Scan Waypoint - po wywołaniu zobrazowywane są punkty bazowe w kolejności alfabetycznej z określeniem odległości i kierunku;
- Create User Waypoint - umożliwia tworzenie nowego punktu użytkownika;
- Modifity User Waypoint - umożliwia modyfikację punktu bazowego użytkownika i ewentualnie zmianę nazwy Rename User Waypoint;
- Erase User Waypoint – zapewnia usunięcie punktu bazowego użytkownika;
- Erase All User Waypoint – oznacza usuwanie wszystkich punktów bazowych użytkownika;
- Aveage & Save – to operacja obliczania dokładnej pozycji statku powietrznego przez uśrednianie kilku pomiarów;
- Ofset Form - polega na tworzeniu nowego punktu bazowego w oparciu o aktualną pozycję;
- Copy Waypoint - pozwala na kopiowanie punktów bazowych z baz danych dotyczących lotnisk stałych i VOR.

Opcja NEAR – polega na automatycznym wybieraniu i obliczaniu 10 punktów bazowych (np. lotnisk) najbliżej rozmieszczonych względem aktualnego położenia przestrzennego statku powietrznego;

Opcja TRIP – obejmuje określanie i zobrazowywanie:

- Totals - odległości i czasu jaki przebył statek powietrzny podczas lotu;
- Alitudes - minimalnej i maksymalnej wysokości na danej trasie lotu statku powietrznego;
- Made Good – trasy lotu pomiędzy punktem, w którym została wykasowana pamięć komputera, a aktualną pozycją statku powietrznego;
- Speed - średniej i maksymalnej prędkości podczas całego lotu.

Opcja TIME – obejmuje precyzyjne obliczanie czasu, który jest podstawowym czynnikiem dokładności pomiarów przestrzennych.

Opcja MORE - dotyczy kontroli działania odbiornika i w jej ramach można konfigurować odbiornik, uzyskiwać informacje o sieci satelitów GPS, godzinach wschodu i zachodu słońca. Opcja ta podzielona jest na trzy części:

- Customizing - do ustawiania wykorzystywanych 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 współrzędnych 100-200 m i wysokości do 30 m przy widzialności trzech satelitów.

Odbiornik GPS Trimble Flightmate jest niewielki (8,4 x 17,3 x 3,3 cm), waży 379g. Zasilany czterema bateriami typu R-6 lub prądem stałym o napięciu 9-36V. Czas wejścia do pracy nie przekracza dwóch minut. Do zestawu należy antena zewnętrzna, zasilacz i uchwyty montażowe.

Odbiornik ten jest przydatny głównie w lotnictwie pomocniczym i sportowym[70]. Największą jego zaletą są małe gabaryty i niezawodność działania. Natomiast do wad jego zalicza się:

- zrywanie kontaktu z satelitami przy energiczniejszych manewrach;
- brak możliwości zaprogramowania na ziemi całej trasy (misji). Zachodzi więc potrzeba przeprogramowywania w powietrzu warunków lotu 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);
- wyświetlanie skróconej 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);
- czas wyjścia nad obiekt podawany jest w godzinach i minutach, a brak wyświetlania sekund zmniejsza dokładność;
- bardzo krótki czas pracy na zasilaniu bateryjnym (nie przekracza jednej godziny, a po włączeniu podświetlenia wskaźnika spada jeszcze o połowę);

[70] W 1998 r. kosztował 1500$. To cena orientacyjna, gdyż znane jest zjawisko spadku ceny w miarę wzrostu produkcji i działania konkurencji.

- brak tych odbiorników w polskiej wersji językowej (pomimo występowania ich w innych wersjach językowych). Widocznie producent nie liczy na zbyt w Polsce.

W zadaniach naziemnych dowództw i sztabów Sił Powietrznych może być przydatny odbiornik nawigacji satelitarnej Magellan NAV 5000 PRO. Zestaw ten należy do grupy odbiorników przenoszonych – rys. 31. Magellan ma małe rozmiary (21,5 cm x 9,0 cm x 5,0 cm) i małą masę (0,85 kg z bateriami). Może być zasilany zewnętrznie lub integralnymi bateriami. Dokładność instrukcyjna wyznaczania współrzędnych wynosi 15 m (bez uwzględniania degradacji sygnału). W wypadku wprowadzenia poprawki możliwa dokładność współrzędnych 5 m. Odbiornik musi jednak znajdować się w zasięgu działania naziemnej stacji emitującej poprawki (referencyjnej). Dokładność zależy głównie od odległości między stacją naziemną a posiadaczem odbiornika. Przyjmuje się, że dla Magellana odległość ta nie powinna przekraczać 450 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 wypracowywana jest informacja różnicowa, a następnie wprowadzana do odbiornika i uwzględniana przy wyświetlaniu na displayu aktualnych danych dotyczących ruchu nawigowanego obiektu. Magellan NAV 5000 PRO posiada rozbudowane opcje nawigacyjne, po zdefiniowaniu trasy (opcja ROUTE) można efektywnie wykorzystywać opcję NAV. Umożliwia ona uzyskiwanie:

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

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



Rys. 31.Widok ogólny odbiornika nawigacji satelitarnej Magellan NAV 5000 PRO

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 umożliwia, na przykład bieżącą obserwację położenia samolotu na monitorze komputera typu „laptop" (aktualna trasa lotu może być przedstawiona na tle mapy numerycznej). Bez użycia oprogramowania GeoLink 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).

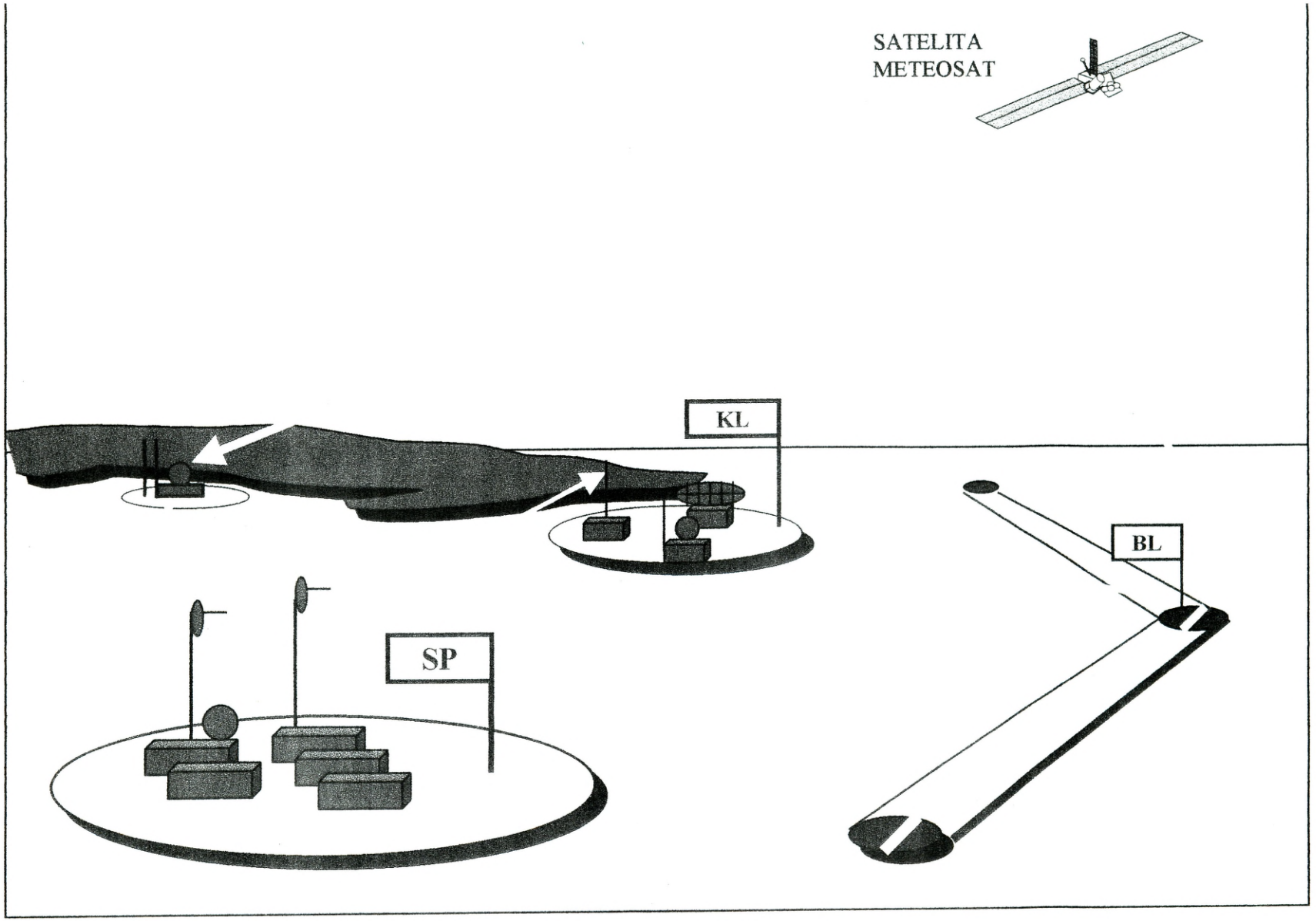
Odbiornik ten jest niezwykle czuły na przyspieszenia, efektem czego są duże błędy wyznaczania pozycji. Jego dokładność pogarsza się też znacznie podczas manewrów pojazdu lub statku powietrznego, a w czasie wykonywania przechyłów (np. w zakręcie), może mieć miejsce czasowy (nawet do dwóch minut) zanik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

W przeciwieństwie do wcześniej scharakteryzowanych ten odbiornik nie musi być montowany w samochodzie lub lekkim statku powietrznym. To jest jego główna zaleta, przesądzająca o przydatności w działaniach naziemnych.

3.2.2. Wykorzystywanie systemów meteorologii satelitarnej

Obecnie Siły Powietrzne RP wykorzystują do zabezpieczenia szkolenia informacje o stanie atmosfery ziemskiej dostępne w systemie satelitarnym **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 generacje 4 i 5. Pracują minimum 3 satelity (rozmieszczone pod kątem 120°), w celu objęcia „widzialnością" całej kuli ziemskiej. Jeden z satelitów obserwuje nieustannie Europę Zachodnią oraz obszary do niej przyległe. Stacje meteorologiczne naszych Sił Powietrznych wykorzystują obrazy transmitowane przez tego właśnie satelitę (orbita synchroniczna - satelita nie zmienia położenia względem Ziemi) - rys.32.

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,



Rys. 32. Schemat obiegu informacji w systemie METEOSAT

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 1 h do 3 h. Tylko wojskowe 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. Dane meteorologiczne z satelitów wykorzystują wojska rakietowe OP i wojska radiotechniczne w ramach Sił Powietrznych. Dowództwa i sztaby tych wojsk korzystają z informacji satelitarnej na równych prawach.

Satelity meteorologiczne Ziemi zbierają informacje o stanie jej atmosfery, której warstwa sięga do wysokości 30-40 km, oraz o przestrzeni kosmicznej do wysokości około 40000 km. Tymczasem stwierdzono już dawno, że zjawiska zachodzące na Ziemi stymuluje również Słońce, a ściślej – przemiany, które zachodzą w jego środowisku. Nie chodzi przy tym o życiodajny wpływ Słońca na Ziemię, gdyż tym zajmują się inne nauki.

Meteorologię satelitarną traktujemy jako dział meteorologii ogólnej zajmujący się poznawaniem zjawisk i procesów fizycznych występujących w otoczeniu różnych planet; Wiele zjawisk klimatycznych na Ziemi i w otaczającej ją atmosferze można poznać, a nawet prognozować, badając przyczyny sprawcze. Już w końcu XIX wieku sformułowano hipotezę, że burze magnetyczne są wynikiem oddziaływania na atmosferę ziemską strumieni elektronów i promieni nadfioletowych o różnym poziomie natężenia. Dopiero jednak rozwój meteorologii satelitarnej umożliwił poznanie zjawisk wcześniej tylko postrzeganych i wykrycie nowych. Stwierdzono, że również zorze polarne powstają pod wpływem bombardowania górnych warstw atmosfery elektronami emitowanymi przez Słońce. Wraz ze strumieniami elektronów docierają do

Ziemi także protony i neutrony, a poszczególne rodzaje cząstek powodują różne zjawiska w atmosferze Ziemi. Okazało się, na przykład, że zjawisko wiatru występuje nie tylko na Ziemi, ale również w kosmosie. Wiatr kosmiczny tworzą wspomniane cząsteczki, emitowane stale przez koronę Słońca. W okresie wzmożonej aktywności Słońca głównym źródłem cząstek są rozbłyski chromosferyczne. W miarę docierania tego specyficznego wiatru w pobliże Ziemi, w jego składzie oprócz elektronów pojawiają się także jony wodoru, tlenu i helu. Prędkość wiatru w pobliżu Ziemi osiąga wartość do 300 km/s. Podczas okresowych rozbłysków obserwowanych na Słońcu wyrzucane są chmury cząstek. Rozpędzane w polu magnetycznym do prędkości porównywalnych z prędkością światła uzyskują zdolność do prostoliniowego rozprzestrzeniania się i docierają do Ziemi. W efekcie w bliższej i w dalszej przestrzeni kosmicznej następują krótkotrwałe, ale gwałtowne zakłócenia pola magnetycznego oraz inne zjawiska.

Meteorologia atmosfery ziemskiej zajmuje się, na przykład, jej zanieczyszczeniami, opadami i polami magnetycznymi. Podobnie jest z meteorologią kosmiczną. Nie stwierdzono w kosmosie opadów deszczu lub śniegu. Istnieją natomiast zróżnicowane temperatury, różne składy atmosfer planet, pyły kosmiczne, meteory i wspomniane już pola magnetyczne.

Pomimo istnienia rozbudowanej sieci stacji meteorologicznych, usytuowanych na wszystkich kontynentach, i względnie dobrej wymiany informacji między państwami, meteorologiczne stacje naziemne nie zaspokajają potrzeb, mają one bowiem ograniczone możliwości zbierania informacji meteorologicznych. Dlatego też już od lat sześćdziesiątych funkcjonują wojskowe i cywilne systemy satelitarne wydatnie zwiększające efekty pracy służb meteorologicznych. Brak informacji z obszarów Ziemi, gdzie nie ma stacji meteorologicznych, a także niedowład istniejących, nie są najważniejszymi wadami systemu naziemnego, składającego się ze słabo zintegrowanych elementów. W razie wybuchu wojny współpraca służb meteorologicznych wrogich państw byłaby 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 meteorolo-

giczne 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, a poszczególne zdjęcia łączone w fotoszkice lub ciągłą sekwencję. Stosownie do potrzeb rozpoznania ogólnego lub szczegółowego rozmieszcza się satelity na odpowiednich orbitach i wyposaża je w aparaturę niezbędną do obserwacji. 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 podyktowane potrzebami użytkowników[71]. Stosowane w przeszłości orbity eliptyczne traktuje się obecnie jako niekorzystne.

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[72]. Służą one potrzebom użytkowników cywilnych i wykorzystywanie ich w celach militarnych byłoby działaniem podważającym ideę rozwoju pozytywnych stosunków międzynarodowych. Nietrudno jednak zauważyć, że poszczególne satelity systemu globalnego mogą pracować samodzielnie, przekazując informacje meteorologiczne ze swojej strefy obserwacji. Nie można wykluczyć podporządkowania celom wojny również cywilnych systemów meteorologii satelitarnej, nawet poszczególnych elementów systemów międzynarodowych.

Satelity meteorologiczne, zarówno geostacjonarne jak i szczegółowego rozpoznania warunków atmosferycznych, mają po części podobną aparaturę. Stanowią ją

---

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

[72] Największym jest światowy system geostacjonarnych satelitów meteorologicznych (World Weather Watch), który tworzą satelity amerykańskie GOES, rosyjskie GOMS, zachodnioeuropejskie Meteosat oraz japońskie GMS. Cztery satelity funkcjonujące w płaszczyźnie równika zapewniają ciągłe pokrycie pasa równikowego i obszarów przyległych.

kamery telewizyjne, fotograficzne i radiometry podczerwieni oraz aktynometry, mierniki temperatury i wilgotności.

Obrazy chmur zamieniane są przez aparaturę satelity 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. Na przykład satelity rozpoznania kosmicznego nie mogą należycie funkcjonować bez bieżących informacji meteorologicznych. Obszary zakryte chmurami nie mogą być efektywnie fotografowane. Decyzja o wyłączeniu i ponownym włączeniu aparatury musi być wypracowywana w ciągu kilkudziesięciu sekund. Warunek ten wynika stąd, że satelita fotograficzny rozpoznania szczegółowego, krążący na orbitach o wysokości 300-1000 km, przemieszcza się w stosunku do Ziemi z prędkością 440-460 km/min. Na takiej przestrzeni występują z reguły zmienne stany zachmurzenia i fotografowanie w rozległych „oknach" jest koniecznością. Natomiast w strefach przesłoniętych chmurami stosowane są inne, wcześniej opisane, techniki rozpoznania.

Obrazy chmur, a nawet powierzchni Ziemi, zawierają liczne informacje meteorologiczne. Odczytuje się z nich makroskopową strukturę chmur oraz stan atmosfery ziemskiej. Umożliwiają też wykrywanie niszczycielskich stref opadów, huraganów i tajfunów[73] 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. Kamery telewizyjne maja 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 towarzyszą-

[73] Tajfuny powstają w większości wypadków nad oceanami. Na tych obszarach jest najsłabsza obserwacja meteorologiczna za pomocą stacji nawodnych i 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.

cych. Znajomość obiektywnych uwarunkowań umożliwia wnioskowanie o wielu parametrach meteorologicznych na podstawie widoku chmur. Siły Powietrzne potrzebują informacji o stanie bieżącym i prognozowanym warunków atmosferycznych.

Abonenci systemów meteorologii satelitarnej muszą mieć odbiorniki pracujące na częstotliwościach transmisji. Odbiorniki małych stacji naziemnych, samolotowe, małych okrętów oraz statków kosmicznych wykorzystują ograniczony zasób transmitowanych informacji meteorologicznych. 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, 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[74] 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.

---

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

3.3. Systemy satelitarne pośrednio dostępne Siłom Powietrznym Polski w ramach dowodzenia NATO

Stany Zjednoczone AP stworzyły w erze rywalizacji militarnej z byłym ZSRR liczne podsystemy satelitarne, które nadal funkcjonują na orbitach. Państwo to, obecnie jedyne supermocarstwo militarne i ekonomiczne, ma globalne interesy. Nadal posiada setki baz i punktów wojskowych na kuli ziemskiej oraz zobowiązania wobec sojuszników w Europie, na Bliskim Wschodzie i innych kontynentach. Spośród członków NATO tylko Wielka Brytania i Francja umieściły swoje satelity na orbitach. To były działania determinowane ich dawną pozycją mocarstwową. Można oceniać, że USA nie dążą do zastąpienia swoich podsystemów satelitarnych NATO-wskimi. Członkowie NATO są świadomi tego stanu rzeczy i nie „prą" do tworzenia odrębnych (kosztownych) podsystemów satelitarnych paktu. Nie jest wiadome w jakim stopniu Amerykanie żądają refundowania swoich wydatków. Fakt, iż Naczelnym Dowódcą w Europie i na Atlantyku jest Amerykanin, ma określone reperkusje. Dowódcy ci muszą mieć niezawodną (wielorodzajową, wielokanałową) łączność z Komitetem Szefów Sztabów i prezydentem USA. Amerykanów obciąża brzemię odpowiedzialności za niedopuszczenie do „przypadkowej" wojny światowej. Oni dysponują potężnym potencjałem nuklearnym oraz konwencjonalnymi systemami militarnymi i nie można sądzić, że mogą „oddać" je pod dowodzenie przedstawicieli innych państw. Fakty te stanowią klucz do poznania relacji Siły Zbrojne NATO – Siły Zbrojne USA. Układ ten nie jest wyrazem dążenia do hegemoni USA, ale jest pochodną dziejów ostatniego półwiecza i odzwierciedleniem skali nakładów materialnych członków NATO. Równość partnerów jest absolutna w sprawach wspólnych. Poza tym każdy członek NATO ma zagwarantowany margines niezależności. Unifikacja uzbrojenia jest osiągana przy zachowaniu jego zróżnicowania.

Do informacji transmitowanych przez satelity rozpoznawcze (ostrzegające, rozpoznania ogólnego i szczegółowego) oraz przez satelity łączności nie mogą mieć bezpośredniego dostępu miliony „użytkowników" jak do satelitów nawigacyjnych i meteorologicznych. Nasze Siły Powietrzne mogą liczyć na dostęp do rozpoznania i łączności satelitarnej w ramach systemu dowodzenia NATO.

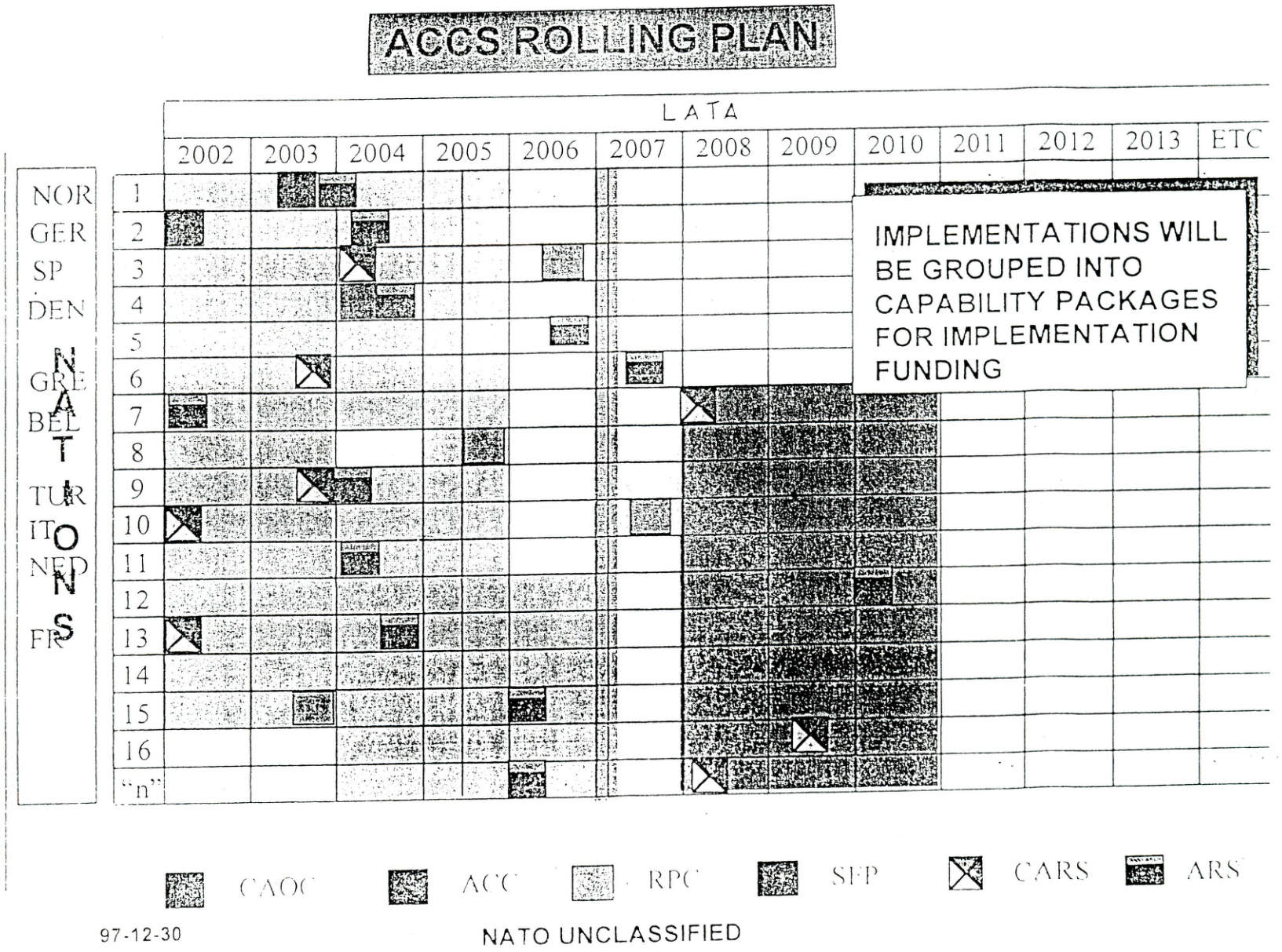
Cały system dowodzenia Siłami Powietrznymi RP strukturalnie został ukształtowany po 1990 r. Natomiast techniczne środki dowodzenia (łączność, zautomatyzowane podsystemy dowodzenia, środki rozpoznania) pochodzą z epoki Układu Warszawskiego. Szczęśliwym zbiegiem okoliczności dla Polski jest fakt, że NATO uznało iż system dowodzenia tego paktu wojskowego musi być także gruntownie zmieniony. Natowski System Dowodzenia i Kierowania Siłami Powietrznymi, zwany w skrócie ACCS (THE NATO AIR COMMAND AND CONTROL SYSTEM) – ma być tworzony do 2012 roku – rys. 33. W tym systemie będą wykorzystywane różne rodzaje rozpoznawczych systemów satelitarnych i łączności.

Celem bliższego poznania procesu tworzenia ACCS warto przytoczyć niemal dosłownie charakterystykę zamierzonych działań. Z uwagi na jawny charakter tej części zamierzeń możliwe jest przedstawienie najważniejszych aspektów programu.

Pierwszoplanowym działaniem w procesie przyjmowania Polski do NATO jest włączanie jej systemu OP do Zintegrowanego Systemu Obrony Powietrznej NATO (NATINADS). Za obronę powietrzną Polski po naszym zintegrowaniu z Sojuszem, podobnie jak innych członków NATO, będzie odpowiedzialny Najwyższy Dowódca Wojskowy w Europie (SACEUR). Pewne kroki dotyczące wymiany informacji i integracji zostały już zrealizowane przez NATO w ramach Programu Partnerstwo dla Pokoju oraz dwustronnych programów współpracy z krajami członkowskimi NATO. Poza tymi przedsięwzięciami podjęto integracje systemów dowodzenia. Zgodnie z przedstawionymi przez SHAPE materiałami[75] przewiduje się stopniowe osiąganie integracji, która jest realizowana etapowo w myśl programu NATO:

1. **Etap I** – został realizowany jeszcze przed przyjęciem Polski do NATO, w tym niektóre przedsięwzięcia do września 1998 r. W rezultacie zrealizowania tego osiągnięto minimalne wymagania w zakresie:
   - wymiany informacji o sytuacji powietrznej;
   - przekazywania informacji o stanie naszych sił i środków do ośrodków dowodzenia NATO;
   - przyjmowania zadań bojowych stawianych przez nadrzędne ośrodki dowodzenia NATO.

[75] Meldunek SHAPE dla Sztabu Międzynarodowego NATO (IMS) w sprawie Rozszerzenia NATO, Integracja Obrony powietrznej, Minimalne Wymagania Wojskowe, (ogólne i szczegółowe – dotyczące Polski) oraz Przewidywane wymagania dot. ACCS.



Rys. 33. Harmonogram wdrażania elementów ACCS

Sojusz zakłada, że poprzez wyposażenie nas w ICC (Initial CAOC Capability – moduł oprogramowania systemów dowodzenia NATO reprezentujący początkowe możliwości Centrum Połączonych Operacji Powietrznych CAOC – stanowisko dowodzenia rejonu OP NATO) zapewnił już w I Etapie podstawowe możliwości w zakresie dowodzenia i kierowania[76]. Osiągnięto to w efekcie wypożyczenia (leasing) Polsce ICC jeszcze w 1998 r. ICC, który został zainstalowany na CSD i wraz z systemem ASOC będzie stanowił rozwiązanie tymczasowe, dopóki ASOC nie zostanie rozbudowany o funkcje dowodzenia i kierowania. Ponadto ICC ma ułatwić skuteczne przejście do docelowego systemu dowodzenia NATO - ACCS[77].

2. **Etap II** – rozpoczął się z chwilą przystąpienia Polski do NATO (marzec 1999 r.). W wyniku nastąpi zapewnienie:
   - sprzężenia SP Polski z systemem wczesnego wykrywania i ostrzegania NATO (NAEW) (poprzez zainstalowanie modułu ASE i zapewnienie interoperacyjności w zakresie łącz Link 11 lub Link 16);
   - możliwości automatycznego kierowania aktywnymi środkami walki z CRC[78] (ODN) lub z systemu ASOC (w oparciu o wieloradarowy system rozpoznania radiolokacyjnego – multi – radar weapon control system);
   - możliwości automatycznego meldowania i powiadamiania ASOC o stanie sił i środków baz lotniczych oraz pododdziałów WR;
   - dostaw dla systemów dowodzenia i kierowania SP elementów ICC (15-20 stanowisk roboczych)[79];
   - możliwości automatycznego meldowania pomiędzy naszymi SD a właściwym terytorialnie dowództwem NATO – AIRCENT.
3. **Etap III** – włączenie SP RP do programu ACCS. W etapie tym jest planowane:
   - zapewnienie dla Polski 2 elementów systemu ACCS klasy ARS[80]. Prowadzony obecnie przez NATO przegląd wymagań ma rozstrzygnąć kwestie ewen-

---

[76] Pierwotnie przewidywane było to do realizacji w II Etapie integracji.
[77] System obecnie w trakcie opracowania, wdrożenie pierwszych obiektów przewidywane jest w 2004r.
[78] CRC (Command and Reporting Post) – stanowisko dowodzenia OP NATO szczebla taktycznego.
[79] Realizacja zostanie prawdopodobnie przyspieszona – w I. etapie integracji.
[80] ARS – element systemu ACCS obejmujący rozmieszczone łącznie: Ośrodek Kierowania Działaniami Powietrznymi – ACC, Centrum Opracowania i Zobrazowania Informacji o Sytuacji Powietrznej – RPC, Posterunek Zbioru, Przetwarzania i Udostępniania Informacji o Sytuacji Powietrznej – SFP. ARS ma zastąpić obecne CRC.

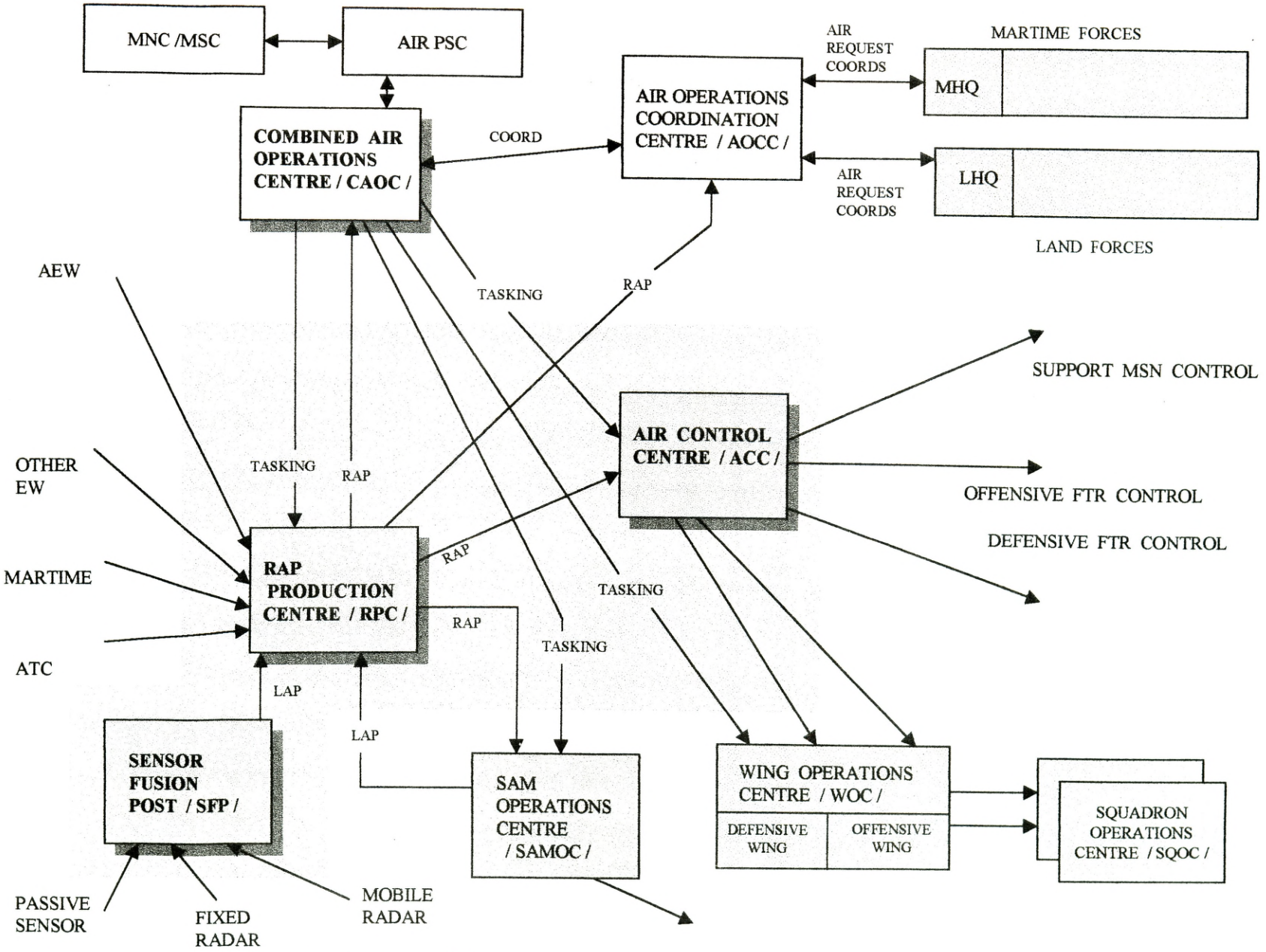
tualnego ustanowienia w Polsce stanowiska dowodzenia OP NATO szczebla CAOC. W wypadku pozytywnego rozstrzygnięcia tej kwestii drugi ARS stanowiłby CARS[81];

- sfinansowanie z funduszów NATO zakupu radarów 3D (prawdopodobnie 5 sztuk) mających zapewnić w systemie OP NATO podstawowe pole radiolokacyjne nad terytorium Polski. Strukturę ARS i CARS przedstawiono na rys. 34 i 35 (widoczne satelity rozpoznawcze i łączność satelitarna).

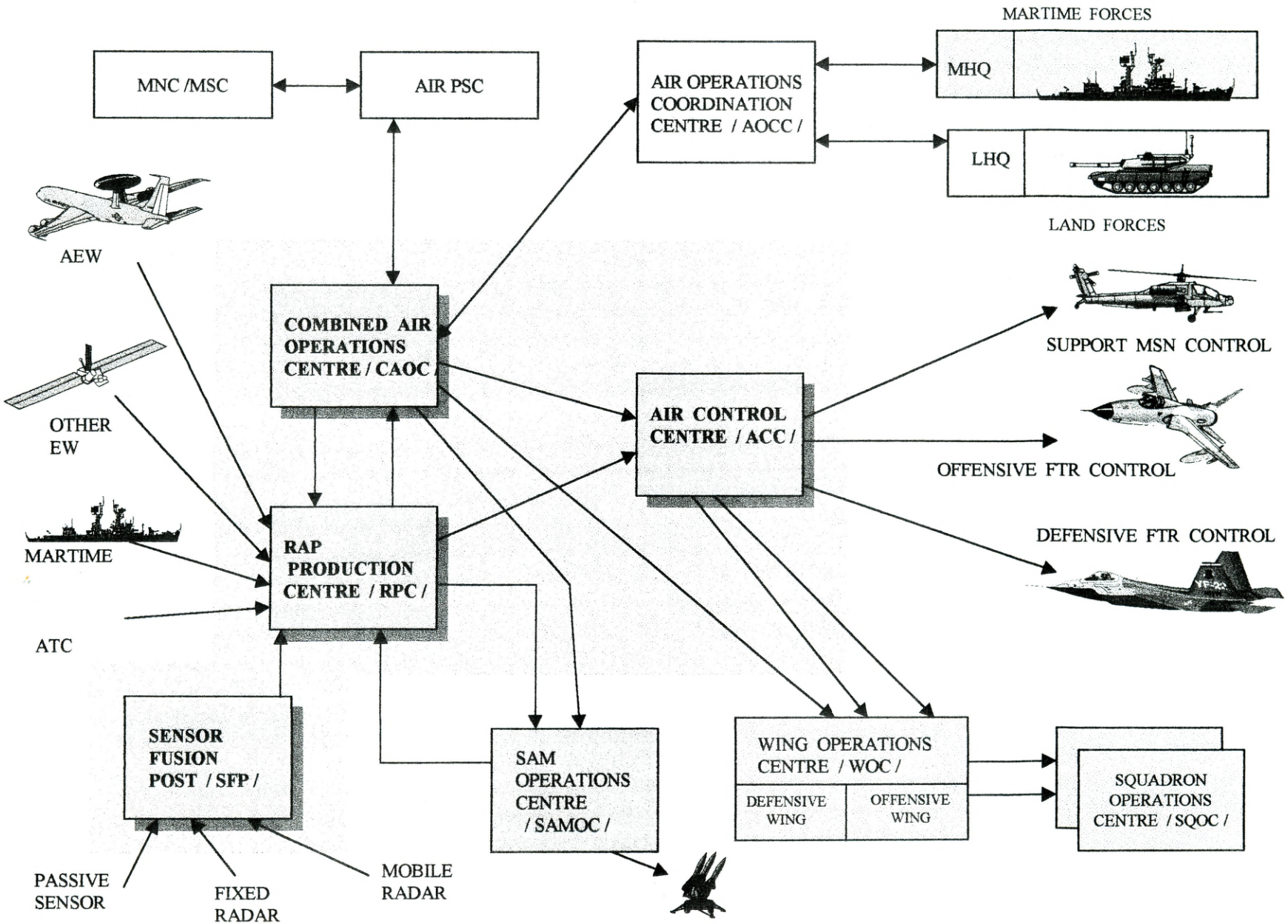
Po wstąpieniu Polski do NATO jej system OP jest włączany do Systemu OP NATO – NATINADS. Z ostatnich rozmów z SHAPE wynika, ze NATO nie podjęło jeszcze ostatecznych decyzji co do przyszłych struktur dowodzenia Obroną Powietrzną. Dotychczasowe propozycje ze strony SHAPE przewidywały utworzenie na bazie CSD WLOP (Centralne Stanowisko Dowodzenia Dowódcy Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej) stanowiska dowodzenia wyższego szczebla NATO CAOC (Połączony – wielonarodowy – Ośrodek Planowania Operacji Powietrznych). Obecnie pojawiają się tendencje rezygnacji z utworzenia takiego stanowiska dowodzenia na terenie Polski zgodnie z ogólną tendencją spłaszczania i dalszego ograniczania elementów struktur dowodzenia NATO. Wynika to z powstania nowych możliwości dzięki ogromnemu postępowi, jaki dokonuje się w ostatnich latach w dziedzinie techniki, w tym zwłaszcza w dziedzinie systemów informatycznych oraz środków łączności, a szczególnie łączności satelitarnej. Tendencje te doprowadziły do radykalnego zmniejszenia struktur systemów dowodzenia lotnictwem i OP w krajach członkowskich NATO. W Kanadzie, gdzie istniało poprzednio 40 CRC, wszystkie radary podsystemu rozpoznania są obecnie podłączone do jednego SD. Analogicznie w USA, jedno CRC zapewnia obecnie kontrolę przestrzeni powietrznej nad terytorium stanu Alaska i rozpatrywane są bardzo poważnie propozycje ograniczenia ogólnej liczby stanowisk w USA do jednego, maksymalnie 2. Podobnie w NATO jest brana pod uwagę propozycja, według której w systemie NATINADS będzie zachowane w Europie tylko jedno stacjonarne, uzupełnione ewentualnie o komponenty mobilne, stanowisko szczebla CAOC.

Jednak ze względu na wielkość Polski ilość sił i środków zaangażowanych w system OP, wprowadzenie w 1998 r. systemu ASOC (Air Sovereignty Operations Center), tworzącego bazę do połączenia z systemami zachodnimi, **utworzenie sta-**

[81] CARS – element systemu ACCS obejmujący rozmieszczone łącznie CAOC i ARS.



Rys. 34. Struktura organizacyjna ARS



Rys. 35. Struktura organizacyjna CARS

nowiska dowodzenia lotnictwem i OP szczebla CAOC byłoby, w opinii DWLOP, w pełni uzasadnione. Sprawą dużej wagi będzie podjęcie wszelkich możliwych starań i wywieranie presji poprzez stworzenie formy lobbingu – zarówno na szczeblu politycznym jak też wojskowym – dla zapewnienia naszemu CSD rangi CAOC. Nawet przedstawiciele NATO, którzy sami reprezentują oficjalnie opcje ograniczania ilości SD szczebla CAOC, przyznali, iż istnienie takiego punktu dowodzenia w Polsce wpłynęłoby pozytywnie na proces integrowania systemów OP, także w aspekcie finansowym. Brane są pod uwagę jeszcze dwie inne opcje:

- przekształcenia CSD w Centrum Operacyjnego dowodzenia OP funkcjonującego jako odpowiednik CAOC w strukturach narodowych – istnieje możliwość wynegocjonowania współfinansowania przez NATO;
- przekształcenia CSD w stanowisko dowodzenia OP NATO szczebla taktycznego – CRC.

Kolejną istotną kwestią, wykraczającą poza prowadzoną na poziomie grup roboczych harmonizacją procedur operacyjnych, jest rozstrzygnięcie i wynegocjonowanie z Sojuszem zakresów kompetencji dowództw narodowych i sojuszniczych przy podejmowaniu decyzji o użyciu sił oraz procedur planowania działań lotnictwa i OP, a także koordynacji ruchu w przestrzeni powietrznej. W tym przede wszystkim zasad i trybu sprawowania zwierzchności przez osoby funkcyjne w systemie dyżurowania NATO w stosunku do polskich zmian dyżurnych (np. trybu podejmowania decyzji o starcie samolotu na przechwycenie i dokonanie identyfikacji celu, decyzji o zwalczaniu).

Podczas rozmów w sprawie zapewnienia dla NATO podstawowego pola radiolokacyjnego nad terytorium RP strona polska przyjmuje jako podstawę wykorzystanie dorobku krajowego przemysłu obronnego – radarów 3D produkcji polskiej. Będzie to jednak wymagało możliwie szybkiego – przed 3 etapem integracji tj. do roku 2004 – zapewnienia kompatybilności polskich radarów zgodnie z wymogami NATO. Radary, które mają być wykorzystane do zapewnienia podstawowego, stacjonarnego pola radiolokacyjnego NATO w systemie ACCS (backbone radars) muszą spełniać wymogi kategorii I (Class I Radars). NATO przedstawiło ofertę dostarczenia Polsce 5 takich radarów z własnych funduszy. W związku z tym oraz z przewidywanym przez NATO wzmocnieniem na czas kryzysu lub wojny naszego narodowego pod-

systemu rozpoznania o dodatkowe radary mobilne z krajów Sojuszu występuje potrzeba:

- zwiększenia ilości wejść w systemie ASOC oraz ich dostosowanie do standardów NATO;
- przeanalizowania planowanych zakupów i zamówień złożonych na sprzęt radiolokacyjny.

Pole radiolokacyjne tworzone w ramach programu ASOC będzie stanowiło podstawę do generowania obrazu sytuacji powietrznej, przesyłanego do SD NATO. Realizacja programu dostosowania stacji radiolokacyjnych do wymogów ASOC w ramach prac B+R KOSÓWKA przebiega zadowalająco i stanowi pierwszy konkretny krok w osiąganiu przez sprzęt radiolokacyjny kompatybilności ze standardami zachodnimi (EUROCONTROL).

Problemem mogącym potencjalnie spowodować zagrożenia dla terminowej realizacji programu ASOC w zakresie podłączenia źródeł informacji radiolokacyjnej jest łączność – brak cyfrowych kanałów transmisji danych na posterunkach umożliwiających podłączenie do systemu ASOC oraz niezadowalająca jakość kanałów łączności dzierżawionych od TP SA.

ASOC stanowić będzie podstawę integracji, zapewniając wymianę informacji o sytuacji powietrznej pomiędzy systemami OP Polski i NATO. Aby sprzęt nasz mógł być wykorzystany w NATINADS, wcześniej powinien uzyskać stosowne akredytacje właściwych instytucji NATO.

Adaptowanie naszych narodowych systemów dowodzenia, zwłaszcza tych które znajdują się w niezbyt zaawansowanej fazie B+R, może być relatywnie łatwiejsze, biorąc pod uwagę fakt, że NATO jest obecnie w trakcie istotnej adaptacji systemów C2. W związku z tym należałoby w pierwszej kolejności:

- dokonywać sukcesywnie korekt wymagań taktyczno – technicznych na aktualnie realizowane w tej dziedzinie polskie prace B+R, w tym zwłaszcza w odniesieniu do programu BLUSZCZ (przyjęto formułę tematu otwartego, który jest na bieżąco dostosowywany do potrzeb) oraz DUNAJ. Korekty pracy pk. DUNAJ powinny doprowadzić do „dwutorowej" realizacji tego tematu, zapewnić możliwość realizacji funkcji dowodzenia posiadanymi obecnie środkami walki – do czasu ich zejścia z uzbrojenia;
- podjąć prace zmierzające do zapewnienia w przyszłości kompatybilności z docelowym systemem dowodzenia SP NATO – ACCS, a co za tym idzie stwarzają-

cych możliwość dalszego, choćby częściowego finansowania rozwoju systemów dowodzenia z funduszów Sojuszu przeznaczonych na ACCS.

Biorąc pod uwagę istotne ograniczenia czasowe oraz zupełny prawie brak doświadczeń w zakresie standardów, wymagań formalnych i technicznych oraz procedur NATO, w odniesieniu do systemów dowodzenia, konieczne jest utrzymywanie jak najściślejszej współpracy z właściwymi instytucjami NATO i ewentualnie pozyskanie przez nasze ośrodki badawczo – rozwojowe strategicznego partnera zagranicznego. Powinno to pozwolić na:

- zachowanie potencjału naszych ośrodków naukowo - badawczych;
- równoczesne pozyskanie brakujących doświadczeń i know-how;
- stworzenie warunków do uczestniczenia w realizacji prac naukowo - badawczych prowadzonych w ramach programów NATO w przyszłości.

Dla osiągnięcia tego celu należy współpracować przede wszystkim z organizacjami i instytucjami NATO. Nie można przy tym rezygnować z wykorzystywania polskiego potencjału naukowo - badawczego i wytwórczego. Z przedstawionych wyżej faktów wynikają następujące wnioski:

1. Proces integracji, zwłaszcza w odniesieniu do systemów dowodzenia, będzie długofalowy a osiąganie kompatybilności musi być realizowane stopniowo.
2. Współpraca regionalna w zakresie wymiany informacji o sytuacji powietrznej z krajami uczestniczącymi w inicjatywie RAI, do której zobowiązaliśmy się w ramach programu ASOC, będzie musiała zostać odłożona do czasu zapewnienia technicznych możliwości odfiltrowania informacji. Dotyczy to Litwy i Słowacji. NATO oczekuje od nas jednoznacznej deklaracji w tej sprawie.
3. Decyzję w sprawie uczestnictwa Polski w programie AWACS oraz wariantu sprzężenia należy odłożyć do 2. lub 3. Etapu integracji – głównie ze względów finansowych.
4. Występuje potrzeba wynegocjonowania z Sojuszem rangi naszego CSD jako SD szczebla operacyjnego – CAOC w strukturze OP NATO lub akceptacji CAOC w systemie narodowym oraz prawnego uregulowania zakresów kompetencji władz narodowych i sojuszniczych przy podejmowaniu decyzji o użyciu sił.
5. Wyniki ustaleń i rokowań z NATO powinny mieć bezpośrednie przełożenie na aktualizacje planowanych i realizowanych programów modernizacji sprzętu automatyzacji dowodzenia oraz zakupów sprzętu radiolokacyjnego i łączności.

Pozytywnym dla nas jest właśnie istnienie w systemie dowodzenia siłami Zbrojnymi NATO podsystemów satelitarnych. Mamy podstawy oczekiwać, że oprócz klasycznej łączności satelitarnej (nadajniki – odbiorniki na różnych długościach fal), zostaną zbudowane także układy laserowe – rys. 36. Jeszcze pilniejsze jest pozyskanie pozahoryzontalnych radarów – rys. 37.

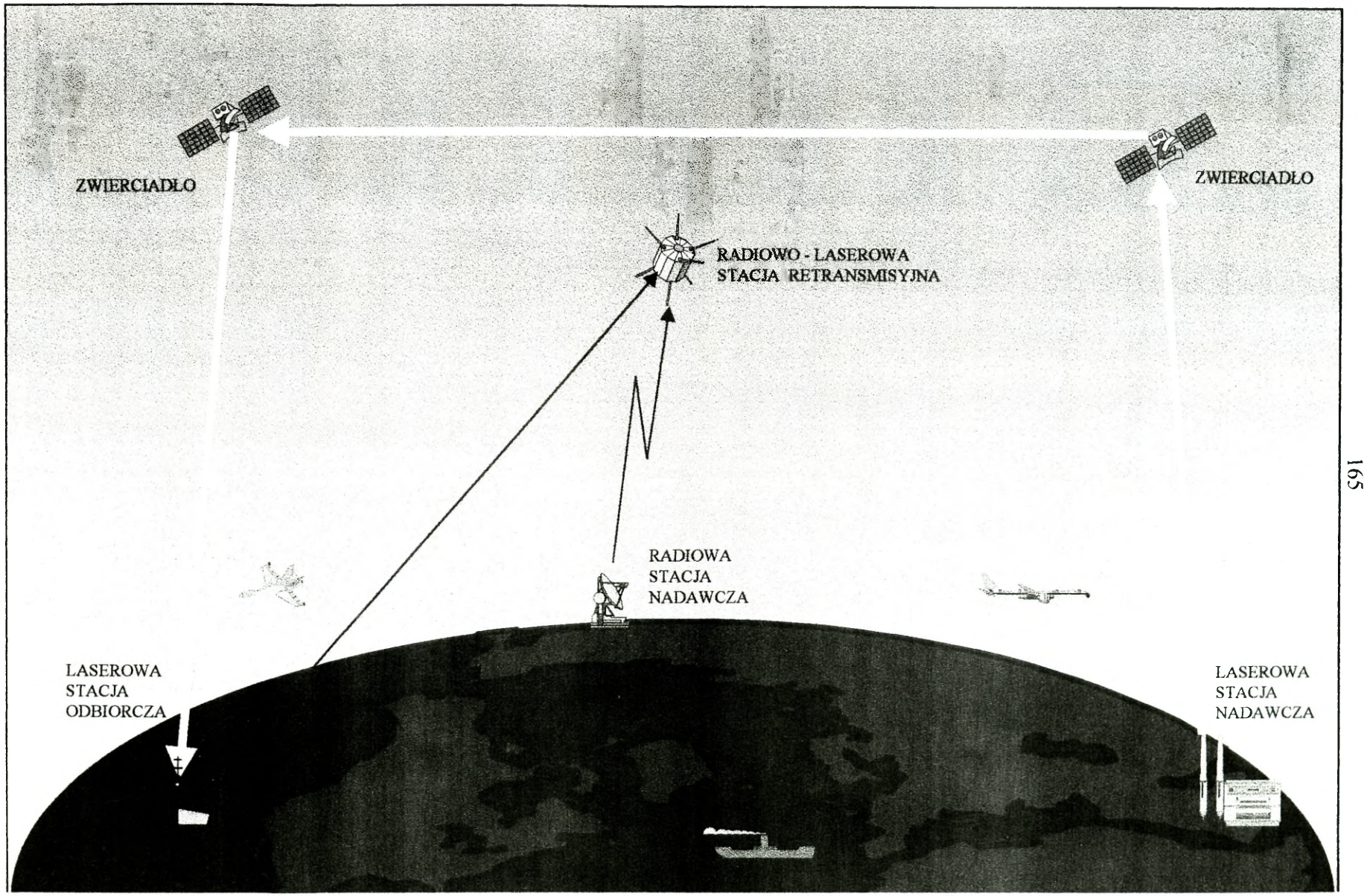
W dalszej perspektywie czasu mogą powstać radary laserowe, bardziej odporne na zakłócenia, zapewniające obserwację obiektów znajdujących się poza horyzontem widzialności optycznej. Idea laserowego radaru pozahoryzontalnego zakłada jego dwuczłonowość. Laserowa stacja naziemna ma emitować promienie do retransmisyjnej stacji kosmicznej, w której będą one ewentualnie wzmacniane i kierowane na obiekty. Odbite od celów promienie laserów mają wracać tą samą drogą, przynosząc informacje o wykrywanych obiektach. Rozwiązanie takie umożliwiłoby uporanie się z ograniczonym zasięgiem przestrzennym, co jest właściwością klasycznych stacji radiolokacyjnych. Działanie radarów laserowych będzie również podlegało ograniczeniom. Wszak gęste chmury i opady silnie rozpraszają i tłumią promieniowanie laserowe. Skomplikowane też byłoby uzyskiwanie precyzyjnych pomiarów wykrywanych celów. Dowiązywanie stacji naziemnych jest proste w porównaniu z takim samym zadaniem wobec stacji satelitarnych.

Wykorzystywanie urządzeń laserowych w systemach celowniczych i samonaprowadzania środków rażenia znane jest od dawna. Przewidywane są również inne wojskowe zastosowania laserów, zwłaszcza do pomiarów i diagnostyki, rozpoznania satelitarnego, odróżniania celów rzeczywistych od pozornych, co jest trudne do uzyskiwania przy stosowaniu obecnie istniejących detektorów. Wobec tego radary pozahoryzontalne służyłyby przede wszystkim do uprzedzania o nalotach we wczesnych fazach. Byłyby też skutecznym środkiem eliminowania właściwości samolotów „niewidocznych".

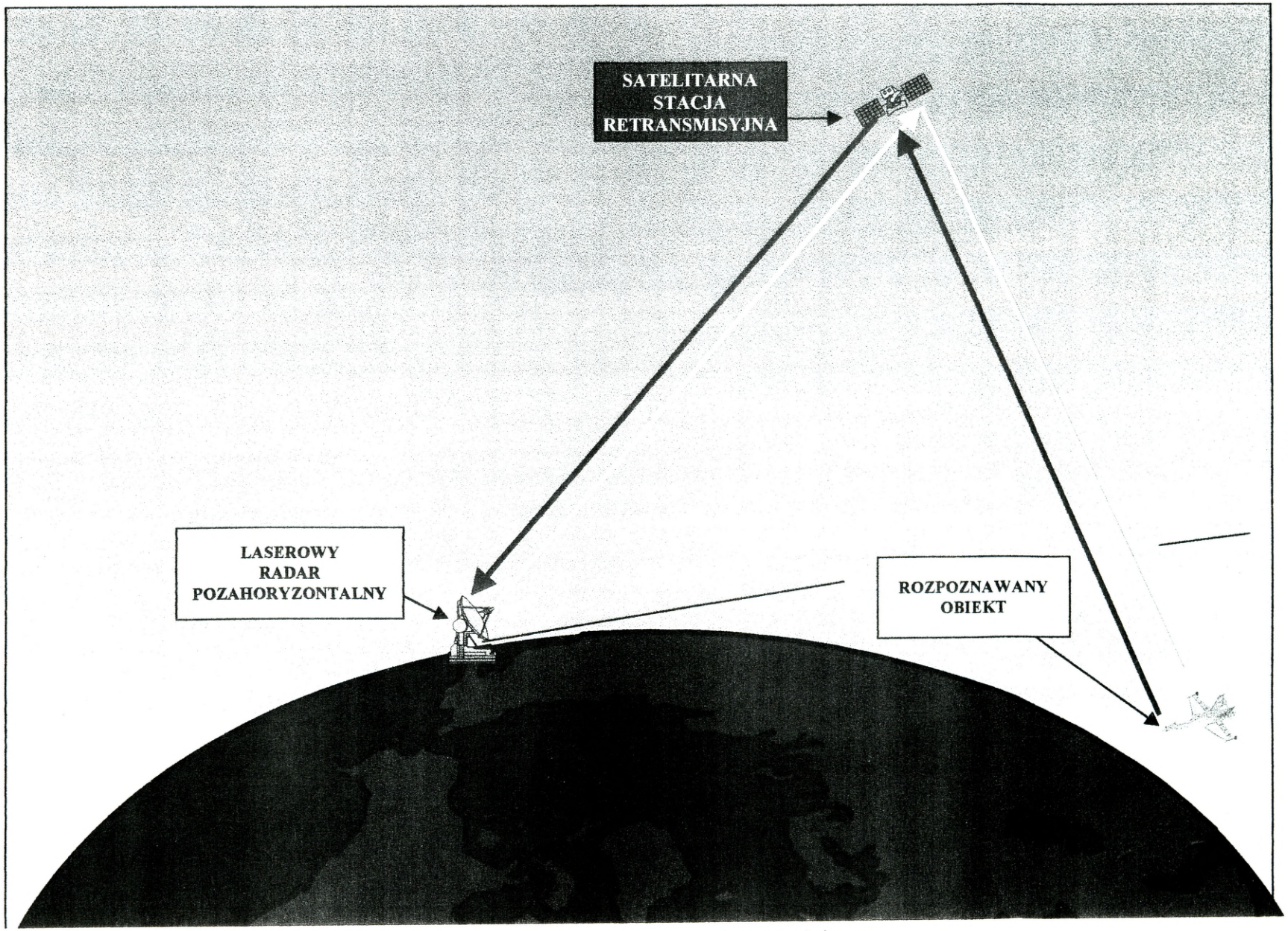
Oprócz problemów budowy satelitów i ich umieszczania na orbitach wielką trudność sprawiać będzie identyfikowanie obiektów (słabe echo przy wielkich odległościach). Dlatego proponowane jest automatyzowanie identyfikacji obiektów za pomocą sieci neuronowych[82].

---

[82] Zbigniew Świątnicki, Roman Wantoch – Rekowski, Sieci neuronowe w zastosowaniach wojskowych. Bellona, 1998, s. 127-140.



Rys. 36. Koncepcja wykorzystania laserów w systemach łączności



Rys. 37. Idea radioelektronicznego lub laserowego radaru pozahoryzontalnego

Z badań w różnych ośrodkach wynika, że istnieje możliwość zastosowania sieci neuronowych do identyfikowania obiektów powietrznych (lub morskich) z wykorzystaniem, sygnałów radarowych (sonarowych). Na podstawie analizy widma odebranego sygnału radiolokacyjnego (sonarowego) możliwe jest ustalenie typu obiektu, od którego sygnał ten został odbity. Niektóre typy obiektów mają na tyle charakterystyczne widmo sygnału, że jego obraz wystarcza do bezpośredniej identyfikacji. Jeśli takie rozpoznanie nie jest możliwe, to na ogół jesteśmy w stanie na podstawie odebranych sygnałów wyróżnić: stopień twardości materiału, z którego zbudowany jest obiekt; długość obiektu; rodzaj jego napędu czy skuteczną powierzchnię odbicia. Są to parametry, które stanowią cechy charakterystyczne obiektów i mogą stanowić podstawę do ich identyfikacji.

Rozpoznawanie obiektów powietrznych na podstawie sygnałów radiolokacyjnych z wykorzystaniem tradycyjnych metod obliczeniowych (najbliższego sąsiedztwa, maksimum prawdopodobieństwa) dotychczas nie przyniosło wystarczająco satysfakcjonujących rezultatów. Wynika to, między innymi, z ograniczeń czasowych narzucanych przez konieczność analizowania sygnałów radiolokacyjnych w czasie rzeczywistym oraz wielkości wykorzystywanej bazy danych i dostępu do wymaganych informacji. W związku z tym podjęto próby wykorzystania niekonwencjonalnych metod analizy sygnałów radiolokacyjnych. Jedną z nich jest właśnie zastosowanie sieci neuronowych. Podstawową zaletą tego rozwiązania jest możliwość nauczenia sieci neuronowej wzorców sygnałów, które powinna rozpoznawać. Ponadto nie jest wymagany dokładny algorytm przetwarzania sygnału radiolokacyjnego, co ma miejsce w przypadku innych metod analizy sygnałów radiolokacyjnych. Inną ważną cechą tego rozwiązania jest możliwość ciągłego uczenia sieci neuronowej w trakcie eksploatacji (bez przerywania pracy), czyli stałego polepszania skuteczności wykorzystywanej metody.

3.4. Wpływ systemów satelitarnych na sztukę operacyjną

Trudno określić 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. Tym niemniej celowe jest wskazanie zmian w 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. Jesteśmy członkiem NATO i powinniśmy znać reperkusje przynależności do tak potężnego Sojuszu.

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. W XXI wieku wyliczenia potencjału militarnego państw będą prowadzone wręcz pedantycznie ponieważ o potencjale wojennym 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 strategiczne 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 i lotnictwa 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 pierwszych chwil wojny dowolne obiekty mogą być przedmiotem ataku bez względu na położenie geograficzne. Wobec tego tradycyjne lokalizowanie przemysłu[83] 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 wojskami 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 wa-

[83] 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.

runkowane jest jednak odpowiednim wyszkoleniem wojsk, a przygotowanie pododdziałów i oddziałów do walki wymaga wyposażenia oraz wielu dodatkowych zabiegów szkoleniowych. Obecnie nawet pododdziały lądowe mogą prowadzić walkę w nocy, posługując się namiarami satelitarnymi.

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 stało się 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 włącznie z jądrowymi) oraz siły powietrzne. Bezpośrednie przygotowania do startu rakiet mogą ujść uwadze 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. Trudno 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.

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 ści-

sła zależność. Przewaga może dotyczyć potencjału systemów logistycznych lub także systemów walki. Na Ziemi i w powietrzu wyróżniamy skale przewagi - taktyczną, operacyjną i strategiczną. Podział taki nie ma racji bytu w kosmosie, zwłaszcza w przestrzeni wokółziemskiej. Może istnieć globalna przewaga jednej ze stron. Bardziej prawdopodobna jest równowaga potencjałów jądrowych.

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. Wzrasta precyzja rażenia, a atakowanie obiektów jest uniezależnione od ich wzrokowej widzialności. Atrybut pierwszy - precyzja trafiania - 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 jednak 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.

Podane przykłady ilustrują istotę wpływu systemów satelitarnych na uzyskiwanie przewagi. Skomentowane kwestie wskazują, że mając identyczną liczbę takich sa-

mych jakościowo samolotów lub śmigłowców dzięki systemom satelitarnym strona, która ma 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 rozpoznania wojsk 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[84]. Wiele obiektów przeciwnika gwałtownie zmieniało rejony swojego rozmieszczenia, tak że z nastaniem dnia trzeba było ponownie je poszukiwać.

Ewentualności takie nie występują przy ciągłym obserwowaniu przeciwnika z kosmosu. Wspomniana wcześniej możliwość kierowania techniką bojową z wykorzystaniem systemów nawigacji satelitarnej 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.

Z praktycznie nieograniczonymi możliwościami przestrzennymi oraz ciągłością rozpoznania satelitarnego nie idą w parze możliwości przetwarzania i dystrybucji da-

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

nych, mimo że obrazy są transmitowane z satelitów niemal na bieżąco. Wyodrębnić można natychmiast 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 nierzadkie wypadki, że wojska liczniejsze, 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 naziemnych 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.

ZAKOŃCZENIE

W publikacji tej nie ma opisów broni kosmicznej (satelitarnej). Przytoczone wcześniej traktaty i porozumienia o rezygnacji z umieszczania broni na orbitach są wyrazem troski raczej o wspólne interesy, a nie tylko szlachetności intencji stron. Amerykanie zainwestowali ogromne sumy w swój program SDI (Inicjatywa Obrony Strategicznej), a mimo tego nie zdołali zbudować skutecznego systemu obrony antyrakietowej, chroniącego ich Kraj i sojuszników. Utworzono w USA Dowództwo Kosmosu oraz dwie eskadry samolotów F-15 przenoszących rakiety typu ASAT, zdolne niszczyć obiekty na orbitach odległych od Ziemi do 200 km, ale to osiągnięcie nie odpowiadało potrzebom (kolejna generacja tych rakiet ma zasięg około 400 km). Rosjanie eksperymentowali „przechwytywanie" obiektów na orbitach za pomocą potężnych rakiet wystrzeliwanych z Ziemi. Eksperymenty te oceniono negatywnie. USA i Rosja zbudowały wahadłowce, ale nie uzbrojone. Właśnie, słabość orbitalnych systemów i rezygnację z ich tworzenia, powoduje brak odpowiednich środków rażenia. Nosiciele „kosmiczne" są budowane nie tylko przez USA i Rosję. Francuski koncern lotniczo – kosmiczny Aerospatiale zaprojektował prom kosmiczny „Hermes". Gabarytowo jest on zbliżony do rosyjskiego „Albatrosa", bowiem jego dane wynoszą: długość 12,5 m; rozpiętość 7,4 m; wysokość 4,5 m; załoga 5 ludzi lub 2 ludzi i 1,5 tony ładunku.

Japończycy prawdopodobnie zbudowali swój prom kosmiczny (o długości 14 m i rozpiętości 7,5 m.). Start tych „małych" promów (wielokroć mniejszych od amerykańskich wahadłowców) może odbywać się za pomocą specjalnych rakiet. Budowano je do zadań logistyczno – technicznych, a nie bojowych. Istnieje opinia, że skuteczna broń kosmiczna powinna mieć zasięg do kilku tysięcy kilometrów i razić precyzyjnie względnie małe i liczne głowice jądrowe. Takiej broni nikt nie skonstruował i wobec tego „uzbrajanie" kosmosu musiano odłożyć.

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 Obro-

ny 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.

Środowisko działań naszych Sił Powietrznych graniczy bezpośrednio z Kosmosem. Nie ma nawet jednoznacznie zdefiniowanej granicy pomiędzy atmosferą ziemską i bezkresnym kosmosem. Wobec tego wiedza o Kosmosie, a zwłaszcza systemach satelitarnych, jest niezbędna wszystkim rodzajom sił zbrojnych, szczególnie Siłom Powietrznym.

Będąc członkiem NATO Armia nasza, w tym Siły Powietrzne, muszą być kompatybilne (współoperacyjne)[85] ze standardami osiągniętymi przez armie krajów należących do tego paktu. 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.

[85] 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. AAP-6(U) NATO Glossary of Terms had Definitions, 1995.
2. Antczak A. (zbiorowe), Istota współczesnego odstraszania militarnego. MON, Warszawa 1995.
3. Astronomia popularna, opracowanie zbiorowe pod redakcją S. Piotrowskiego, wyd. II, Warszawa 1972.
4. ATP-33(B) NATO Tactical air doctrine, 1992.
5. ATP-40(A) Doctrine for air space control in times of crisis and war, 1995.
6. Balcerowicz B., Strategia wojenna Polski lat 90, AON, Warszawa, 1991.
7. Burakowski T., Sala A. Rakiety bojowe, MON, Warszawa 1974.
8. Burakowski T., Sala A., Rakiety i pociski kierowane, MON, Warszawa, 1960.
9. Dworecki S., Prognoza obronności Polski do 2010, Prognoza zagrożenia militarnego Polski do 2011 „GAMMA", AON, Warszawa, 1994.
10. Getland K., Kosmiczeskaja tiechnika, tłumaczenie z angielskiego, Moskwa 1986.
11. Getland K., Technika kosmiczna, Salamander Books, 1981, London.
12. Halliday R., Resnick R., Fizyka, Warszawa 1974.
13. Idczak W., Wojskowe aspekty integracji Polskich Sił Zbrojnych z zachodnim systemem obronnym, MON, Warszawa.
14. Knippind F., Wojny gwiezdne, MON, 1986.
15. Mańkowski R., Drążczyk W., Logistyka sił powietrznych w końcu pierwszego etapu transformacji SZ RP, Przegląd WLOP nr 4/1996.
16. Marks A., Ilustrowana encyklopedia dla wszystkich – kosmonautyka WNT, Warszawa, 1971.
17. Michalak W., Lotnictwo w obronie Rzeczypospolitej Polskiej, AON, Warszawa, 1996.
18. Michalak W., Panowanie i przewaga w powietrzu według poglądów NATO. Polska identyfikacja panowania i przewagi. Przegląd WLOP Nr 1/1997.
19. Nowicki J., Zięcina K., Samoloty kosmiczne, WNT, Warszawa, 1989.

20. Olszewski R., Siły powietrzne w odstraszaniu militarnym. Bellona, 1998.
21. Outer Space - Battlefield of the Future?, Stockholm Internalional Peace Research Institute, London 1978.
22. Praca zbiorowa, Kosmonautyka – encyklopedia, Moskwa 1985.
23. Praca zbiorowa, Siły powietrzne NATO, charakterystyka, zadania, możliwości, bazowanie, zasady działania, SG WP, Warszawa 1981.
24. Praca zbiorowa, Technika lotnicza – Ilustrowany leksykon lotniczy, Warszawa, WKiŁ, 1988.
25. Praca zbiorowa, The worlds great stealth and recconaisance, Oride, Hong Kong, 1991.
26. Rajchel J. Ewolucja lotnictwa myśliwskiego w kontekście rozwoju powietrznych podsystemów wczesnego wykrywania i naprowadzania, Przegląd WLOP Nr 6/1996, Poznań 1996.
27. Richardson D., Współczesne samoloty rozpoznawcze BWG, Warszawa 1990.
28. Schneigert Z., Zagrożenie z kosmosu, Warszawa 1987.
29. Stachlewski W., Zubek A., Satelitarne badania Ziemi, Warszawa 1985.
30. Szatałow W.A., Riebrow M.F., Waskiewicz E.A., K zwiezdam, Moskwa 1986.
31. Sztab Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, Metodyka szkolenia operacyjno - taktycznego w Wojskach Lotniczych i Obrony Powietrznej, Warszawa 1977.
32. Świątnicki W., Dowodzenie siłami powietrznymi, AON, Warszawa 1995.
33. Świątnicki W., Obronność indywidualna i zbiorowa państwa, Przegląd WLOP Nr 2/98, Poznań 1998.
34. Świątnicki W., Świątnicki A., Wojna w Kosmosie?, MON, 1990.
35. Świątnicki W., Świątnicki Z., Bronie inteligentne, MON, Warszawa 1992.
36. Świątnicki Z., Wantoch-Rekowski R., Sieci neutronowe w zastosowaniach wojskowych, Warszawa, Bellona,1998.
37. Titow H., Na ziemskich i gwiezdnych orbitach, DL, Moskwa 1987.
38. Wojskowe aspekty wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Sztab Gen. WP, Warszawa 1974.
39. Zabłocki E., Świątnicki W., Wojska lotnicze i obrony powietrznej 97, MON, Warszawa 1997.

SPIS TREŚCI

Str.

WSTĘP 3

1. NATURA KOSMOSU JAKO POTENCJALNEGO TEATRU WOJNY 6

1.1. Czynniki determinujące militaryzowanie kosmosu 7

1.2. Istota kosmicznego teatru wojny 14

1.3. Uwarunkowania fizyczne lotów w kosmosie 26

2. SYSTEMY SATELITARNE 40

2.1. Satelity rozpoznawcze 43

2.2. Satelity nawigacyjne 71

2.3. Satelity meteorologiczne 98

2.4. Satelity telekomunikacyjne 101

3. ASPEKTY WYKORZYSTYWANIA SYSTEMÓW SATELITARNYCH PRZEZ SIŁY POWIETRZNE POLSKI 121

3.1. Sytuacja geostrategiczna na kuli ziemskiej determinująca wykorzystywanie systemów satelitarnych 121

3.2. Systemy satelitarne bezpośrednio dostępne Siłom Powietrznym Polski . 129

3.3. Systemy satelitarne pośrednio dostępne Siłom Powietrznym Polski w ramach dowodzenia NATO 154

3.4. Wpływ systemów satelitarnych na sztukę operacyjną 167

ZAKOŃCZENIE 175

BIBLIOGRAFIA 177

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 52268
II
Akademii Obrony Narodowej