AKADEMIA
OBRONY NARODOWEJ

Ppłk dypl. pil. Waldemar JARUSZEWSKI

# ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH DO SZKOLENIA PILOTAŻOWEGO I TAKTYCZNEGO W WYŻSZEJ SZKOLE OFICERSKIEJ SIŁ POWIETRZNYCH

Rozprawa doktorska

57995

Biblioteka Główna
Akademii Sztuki Wojennej
57995
09-057995-000-0

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/3604
05-003604-002-0

WARSZAWA 1998

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OP

BIBLIOTEKA GŁÓWNA-ARCHIWUM
Nr 57995
Akademii Obrony Narodowej

Ppłk dypl. pil. Waldemar JARUSZEWSKI

# ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH DO SZKOLENIA PILOTAŻOWEGO I TAKTYCZNEGO W WYŻSZEJ SZKOLE OFICERSKIEJ SIŁ POWIETRZNYCH

Rozprawa doktorska

PROMOTOR

Ppłk dr hab. inż. Zbigniew ŚWIĄTNICKI

WARSZAWA 1998

## SPIS TREŚCI


WSTĘP ..... 4

1. METODOLOGICZNE ASPEKTY PRZEPROWADZONYCH BADAŃ ..... 7
   - 1.1. Uzasadnienie konieczności podjęcia badań ..... 8
   - 1.2. Przedmiot badań ..... 13
   - 1.3. Cel badań ..... 14
   - 1.4. Problemy badawcze ..... 15
   - 1.5. Hipotezy ..... 17
   - 1.6. Zadania badawcze ..... 19
   - 1.7. Stosowane metody badań ..... 20
     - 1.7.1. Analiza literatury ..... 25
     - 1.7.2. Obserwacja naukowa ..... 31
     - 1.7.3. Metody badania opinii ..... 32
     - 1.7.4. Metoda eksperymentalna ..... 33
   - 1.8. Układ ogólny rozprawy ..... 49

2. GENEZA ROZWOJU I STAN SYSTEMÓW SATELITARNYCH .. 53
   - 2.1. Uwarunkowania fizyczne funkcjonowania satelitów ..... 54
   - 2.2. Satelity rozpoznawcze ..... 71
   - 2.3. Satelity meteorologiczne ..... 80
   - 2.4. Satelity nawigacyjne ..... 84
   - 2.5. Satelity telekomunikacyjne ..... 95

3. POTRZEBY I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTYWANIA W WYŻSZEJ SZKOLE OFICERSKIEJ SIŁ POWIETRZNYCH SYSTEMÓW SATELITARNYCH W SZKOLENIU PILOTAŻOWYM I TAKTYCZNYM ..... 107
   - 3.1. Rozpoznanie satelitarne ..... 109
   - 3.2. Prognozowanie warunków atmosferycznych za pomocą obrazów satelitarnych ..... 124

3.3. Możliwości wykorzystywania nawigacyjnych namiarów satelitarnych ..... 129
3.4. Możliwości wykorzystywania łączności satelitarnej ..... 139

4. DOCELOWE WYKORZYSTYWANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH DO SZKOLENIA PILOTAŻOWEGO I TAKTYCZNEGO W WYŻSZEJ SZKOLE OFICERSKIEJ SIŁ POWIETRZNYCH ..... 146
4.1. Założenia do militarnego wykorzystywania systemów satelitarnych przed i po pełnej integracji z NATO ..... 147
4.1.1. Nawigowanie i zastosowanie bojowe statków powietrznych 150
4.1.2. Wykorzystanie meteorologii satelitarnej ..... 152
4.2. Wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym załóg statków powietrznych ..... 155
4.3. Wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu dowództw i sztabów jednostek podległych WSOSP ..... 165

ZAKOŃCZENIE ..... 181

BIBLIOGRAFIA ..... 183

## WSTĘP

Zainteresowanie Sił Zbrojnych RP systemami satelitarnymi miało dotychczas w zasadzie charakter teoretyczny. Przez krótki czas posiadały one naziemne stacje do łączności satelitarnej[1]. Poza tym używane są indywidualne wskaźniki nawigacyjne, stanowiące wyposażenie statków powietrznych, wykorzystujące namiary satelitów systemu GPS NAVSTAR[2].

Kosmos może być szeroko wykorzystany. Funkcjonują już w przestrzeni okołoziemskiej liczne systemy satelitarne, zaliczane do szeroko rozumianej logistyki. Ekspansja techniki satelitarnej, szczególnie w zakresie zastosowań militarnych, rozpoczęła się z chwilą umieszczenia pierwszego sztucznego satelity na orbicie wokół Ziemi w dniu 4.10.1957 roku. Obecnie funkcjonują różnorodne satelitarne systemy specjalistyczne, które można pogrupować następująco: **rozpoznawcze, meteorologiczne, nawigacyjne, telekomunikacyjne.**

Ważność techniki satelitarnej w prowadzonych działaniach bojowych docenili i podkreślali znani dowódcy. Świadczą o tym następujące wypowiedzi:

- gen. Kutyna z US SPACE COMMAND stwierdził w swojej wypowiedzi, że: „... koalicyjne siły mogły osiągnąć ostateczne zwycięstwo podczas wojny w Zatoce Perskiej, a agresor (Irak) był skutecznie wypierany z zajętych terenów Kuwejtu, gdyż Sprzymierzeni mieli monopol w systemach satelitarnych"[3].

---

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

[2] W. Świątnicki, Z. Świątnicki, Wojna w kosmosie?, Wyd. MON, 1990, ss. 197 i 320.

[3] Space Technology, 1992, s. 29.

- gen. Schwartzkopf, dowódca Sprzymierzonych, podczas przesłuchania w Kongresie USA stwierdził, że: „... informacje dostarczane przez technikę satelitarną były tak niezbędne podczas prowadzenia działań bojowych, jak woda niezbędna jest na pustyni. Ponadto dane, bazujące na satelitarnym zobrazowaniu, dostarczone przez CIA i DIA, były dokładniejsze i obszerniejsze niż wiadomości uzyskiwane od pilotów rozpoznawczych statków powietrznych, samolotów szpiegowskich startujących z lotnisk w Arabii Saudyjskiej. Natomiast satelitarne informacje nawigacyjne umożliwiły wykonywanie skrytych podejść, przemieszczanie się w nieznanym terenie, precyzyjne wykonywanie zadań bojowych, określanie miejsca pobytu poszczególnych środków walki - własnych i przeciwnika - statków powietrznych, czołgów, transporterów, ruchomych wyrzutni rakietowych i innych pojazdów lądowych”[4].
- adm. Doughenty stwierdził, że zastosowanie systemu GPS NAVSTAR może być zarówno indywidualne (np. precyzyjne bombardowanie i strzelanie artyleryjskie), jak i ciągłe (dokładne określanie pozycji manewrujących żołnierzy, poddoddziałów, oddziałów, związków taktycznych). Wyciągnął jeszcze dużo dalej idące wnioski z wojny w Zatoce Perskiej, mówiąc że „... kosmiczne wsparcie operacji „Pustynna Burza” i „Pustynna Tarcza” to minimum, jakie będzie niezbędne w jakimkolwiek przyszłym konflikcie zbrojnym, podczas prowadzenia jakichkolwiek działań bojowych”[5].

Obecnie trwa wyścig w tworzeniu coraz doskonalszych systemów satelitarnych, które umożliwiają zwielokrotnianie efektywności naziemnych systemów uzbrojenia. Aby osiągać ten wzrost efektywności, siły zbrojne (w tym siły powietrzne) muszą być szkolone w wykorzystywaniu systemów satelitarnych.

Biorąc powyższe względy pod uwagę, podjęto w formie rozprawy doktorskiej temat: „Zastosowanie systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP”. Dodatkową inspirację stanowiły przepisy International Civil Aviation Organization[6] i planowane wstąpienie Polski do struktur NATO. Za-

---

[4] Space Technology, 1992, s. 29.
[5] Space Technology, 1992, s. 30.
[6] Konwencja ICAO, Aneks 8. Warunki i zdolności do wykonywania lotów statków powietrznych.

chętę do podjęcia badań stanowiła także konieczność opracowania przez Polskę radionawigacyjnego planu uwzględniającego zastosowanie techniki satelitarnej, w ramach realizowanego obecnie ogólnoeuropejskiego przedsięwzięcia Radionavigation Plan (ERNP).

Należy zaznaczyć, że praca ta zawiera osadzoną w realiach koncepcję szkolenia lotniczego z wykorzystaniem systemów satelitarnych w WSOSP.

Wyniki przeprowadzonych badań oraz wynikające z nich wnioski zaprezentowane w niniejszej rozprawie adresowane są do dowództw i sztabów jednostek WSOSP, kadry dydaktycznej Uczelni oraz decydentów mogących spowodować materializowanie się tej koncepcji szkolenia lotniczego. Pomimo dostrzeganych przez autora ograniczeń, może być ona przydatna dla całych polskich sił powietrznych .

Podjęcie próby naukowego opracowania tematu dotyczącego zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP nie byłoby możliwe bez życzliwego poparcia ze strony przełożonych i kolegów, którym za ich krytyczne, a jednocześnie konstruktywne uwagi serdecznie dziękuję.

## 1. METODOLOGICZNE ASPEKTY PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Dynamiczny rozwój techniki mikroprocesorowej oraz decyzja prezydenta USA o udostępnieniu GPS NAVSTAR użytkownikom cywilnym[7] spowodowały przełom w dziedzinie zastosowań systemów satelitarnych. Funkcjonujące oraz powstające współcześnie systemy rozszerzają znacznie możliwości stosowania techniki komputerowo-satelitarnej do programowania ruchu statków powietrznych i wykonywania zadań bojowych. Urządzenia te znajdują powszechne zastosowanie praktycznie w każdej dziedzinie działalności człowieka[8]. Ewidentnym przykładem zastosowania techniki satelitarnej w siłach zbrojnych było używanie pokładowych odbiorników nawigacyjnych GPS NAVSTAR przez wojska sprzymierzonych podczas operacji „Pustynna Burza" i „Pustynna Tarcza"[9]. Świadczą o tym wypowiedzi: gen. Kutyny, gen. Schwartzkopfa i adm. Donghenty[10].

Precyzja wyznaczania położenia przestrzennego w oparciu o systemy satelitarne powoduje zmiany jakościowe we wszystkich obszarach wykorzystania lotnictwa. Wiąże się to zarówno z efektywnością, jak i zwiększeniem bezpieczeństwa wykonywania zadań.

W chwili obecnej wykorzystywanie systemów satelitarnych przez polskie lotnictwo jest szczątkowe i przypadkowe. Różnorodne czynniki doprowadziły do takiego stanu rzeczy. Jest to sprzeczne z ogólnoświatowymi trendami i międzynaro-

---

[7] Ch. Hard, Status Report on Global Aviation, Information Network, Waszyngton 1997.
[8] J. Szymański, Sukces rynkowy systemu nawigacyjnego GPS, Elektronika Przemysł i Rynek, wrzesień 1995, ss. 81-83.
[9] J. Bizerski, Pustynna burza, cz. 2, Wyd. ALTAIR, Warszawa 1994, s. 25.
[10] Space Technology, 1992, ss. 29-30.

dowymi umowami[11]. Ponadto nasze lotnictwo zobligowane jest do wykorzystywania systemów satelitarnych w związku z planowanym wejściem do struktur NATO.

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania oraz fakt, że przygotowanie kadr dla potrzeb lotnictwa XXI wieku wymagać będzie wdrożenia personelu latającego i naziemnego do umiejętności posługiwania się pokładowymi odbiornikami satelitarnymi, podjęto próby zdefiniowania zakresu zastosowań systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP. W związku z tym, konieczne było przeprowadzenie stosownych badań i - na ich bazie - wyciągnięcie wniosków. Posłużyły one do opracowania rozprawy doktorskiej.

### 1.1. Uzasadnienie konieczności podjęcia badań

Postęp naukowo-techniczny powoduje, że współczesne działania bojowe są bardzo trudne i złożone z punktu widzenia właściwego ich zorganizowania i pełnego wykorzystania możliwości statków powietrznych. Wprowadzanie coraz bardziej skomplikowanego sprzętu bojowego, doskonalenie organizacji oraz zasad i taktyki użycia lotnictwa, wymaga stałego kształcenia ogólnego, specjalistycznego i taktycznego żołnierzy oraz wykorzystywania w walce nabytych umiejętności[12]. Tym bardziej, że wojna zawsze wywierała istotny wpływ na rozwój i upadek państw a nierzadko dawała impuls do rozkwitu lub załamania cywilizacji. Nie mogła być zatem pominięta w działalności poznawczej człowieka. Wojna zawsze stanowiła przedmiot wnikliwych obserwacji, ocen i analiz, które zmierzały do wykrycia wszystkich związków, zależności, mechanizmów rządzących jej wynikiem i rozwojem. Myślą przewodnią tych dociekań była zawsze chęć praktycznego spożytkowania uzyskanej wiedzy w celu zapewnienia sobie bezpieczeństwa lub zaplanowania przedsięwzięć militarnych[13].

---

[11] NATO Headqarters, NATO CEAC/EUROCONTROL, Bruksela 1994.
[12] Industry Waits for Gulf Foll-out, Jane's Defence Weekly, 1991, vol.15, no 1.
[13] S. Dworecki, Prognozowany charakter konfliktów zbrojnych a nowoczesne środki walki, Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, nr 51/1994.

Biorąc pod uwagę fakt, że zasadniczą formą działań taktycznych każdego rodzaju sił zbrojnych (w tym także lotnictwa) jest walka, zadaniem szczególnie skomplikowanym, wymagającym ciągłego doskonalenia form i metod nauczania, jest szkolenie taktyczne[14]. Na szkolenie to powinno się zwracać szczególną uwagę, gdyż jest najistotniejszym czynnikiem przygotowania się do działań bojowych w całym systemie szkolenia wojskowego. Opanowanie taktyki lotnictwa w procesie szkolenia wojsk lotniczych polega na przyswojeniu wiadomości teoretycznych z zakresu tego przedmiotu, na zdobyciu praktycznych umiejętności stosowania ich w działalności szkoleniowej wojsk oraz umiejętności myślenia kategoriami taktycznymi w różnych skomplikowanych sytuacjach ćwiczeń, zbliżonych do sytuacji z jakimi się można spotkać podczas wojny[15]. Toteż pojawienie się na rynku światowym odbiorników satelitarnych stworzyło nowe perspektywy rozwiązywania szeregu problemów związanych ze szkoleniem lotniczym.

Postanowienia międzynarodowe[16], ogólnoświatowe trendy, integracja ze strukturami NATO, implikują również konieczność poszukiwania odpowiednich rozwiązań dla naszych sił powietrznych, zarówno w szkoleniu pilotażowym, jak i taktycznym. Posiadane materiały specjalistyczne[17] oraz wnioski z przeprowadzonych badań[18], dowodzą niezbicie, że w chwili obecnej ulega zacieraniu linia podziału pomiędzy lotnictwem cywilnym a wojskowym w zakresie stosowania odbiorników systemów satelitarnych[19]. Siły powietrzne stawiają jednak większe wymagania eksploatacyjne związane z występowaniem większych przeciążeń, możliwością wykonywania lotów na bardzo małych wysokościach, z dużymi prędkościami. Stąd też niezbędne jest dysponowanie precyzyjnymi danymi. Ponadto ob-

---

[14] J. Waliszkiewicz, Zintegrowane szkolenie taktyczno-bojowe, Przegląd WLOP, nr 7-8/1994.

[15] Zarząd Szkolenia Bojowego, Instrukcja o przygotowaniu i prowadzeniu ćwiczeń taktycznych z wojskami w SZ RP, Wyd. SGWP, Warszawa 1989, t.1.

[16] European RadioNavigation Plan, ERNP-96, Bruksela 1996.

[17] W. Świątnicki, Z. Świątnicki, Wojna w kosmosie, Wyd. MON, Warszawa 1990.

[18] W. Jaruszewski, Trimble Flightmate GPS. Nowe doświadczenia pilotów latających na TS-11 „Iskra", Przegląd WLOP, nr 11/1996.

W. Jaruszewski, Eksperyment lotniczy z pokładowym odbiornikiem nawigacji satelitarnej NT04 w celu zweryfikowania jego przydatności do szkolenia lotniczego, Materiały z sympozjum „Info-Dow-Sat-97", Wyd. AON, 1997.

[19] A. Fellner, Technika satelitarna w polskim obronnym systemie zintegrowanym, Wyd. WOSR, Jelenia Góra 1997.

serwuje się integrację systemów nawigacyjno-sterująco-celowniczych, wykorzystujących między innymi technikę satelitarną.

W chwili obecnej, zgodnie z wymaganiami ICAO, każdy produkowany statek powietrzny winien być wyposażony w urządzenia do odbioru sygnałów z systemów satelitarnych[20]. Przyjęty został nawet przez tę organizację program wdrażania techniki satelitarnej dla potrzeb lotnictwa. Początkowo odbiorniki satelitarne miałyby stanowić uzupełnienie standardowego wyposażenia nawigacyjnego, by w najbliższej przyszłości zostać podstawowym urządzeniem nawigacyjnym. Natomiast w najbliższych latach planowane jest wykorzystywanie połączonych - zintegrowanych systemów DGPS (Differential Global Positioning System), MLS (Microwave Landing System), ILS (Instrumental Landing System), dzięki czemu możliwe będzie wykonywanie lotów w każdych warunkach atmosferycznych, startów i lądowań według kategorii międzynarodowej - nawet III, co oznacza automatyczne lądowanie, łącznie z kołowaniem, przy widzialności 45 metrów. Wszystko to będzie realizowane dzięki wykorzystaniu różnicowej techniki satelitarnej w czasie rzeczywistym - „real time"[21].

Podczas spotkania roboczej grupy do spraw nawigacji w kwaterze głównej NATO[22] zwracano uwagę na możliwości wykorzystania systemów satelitarnych do realizacji zadań związanych ze szkoleniem lotniczym. Powodem takiego stanu rzeczy są trzy zasadnicze czynniki [23]:

- kończące się resursy nawigacyjnych naziemnych systemów radiotechnicznych typu: LORAN-C, OMEGA, TACAN, RSP-10, RSBN i RSDN oraz powolne ich eliminowanie z eksploatacji w latach 1996-2015;
- zwiększenie natężenia ruchu na szlakach komunikacyjnych (w tym lotniczych) oraz konieczność wykonywania lotów w każdych warunkach atmosferycznych

---

[20] Konwencja ICAO, Aneks 8. Warunki zdolności do lotów statków powietrznych, Aneks 10. Telekomunikacja w ruchu lotniczym.

[21] K.K. Vorbrich, The Real-Time, Positioning with DGPS/IMU for Navigation Aplications in Poland, Materiały Konferencji, Stuttgart (Niemcy), kwiecień 1996.

[22] NATO, Headquartes, Bruksela 06.03.1997.

[23] A. Fellner, H. Jafernik, J. Ziarko, Znaczenie Systemu DGPS Sił Powietrznych RP, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa, Wyd. WSOSP, Dęblin 1996.

(uzyskanie możliwości wykonywania startu i lądowania według III kategorii ICAO);

- ustalenia międzynarodowe[24].

Podczas przemieszczania się każdego statku powietrznego można wymienić kilka charakterystycznych faz, podczas których istnieje zapotrzebowanie na precyzyjne dane np. przestrzenne położenie, dokładny czas. Wymaganą dokładność realizacji zadania bojowego w każdych warunkach atmosferycznych może zapewnić tylko użycie techniki satelitarnej w połączeniu z pokładowym systemem inercjalnym[25]. Wymaga to oczywiście wykonania również odpowiednich zmian w wyposażeniu samolotów. Operacja taka jest aktualnie realizowana podczas prac remontowych w WZL-2 (Bydgoszcz).

Szkolenie lotnicze[26] (szkolenie pilotażowe i taktyczne) prowadzone jest w celu przygotowania personelu latającego do mistrzowskiego opanowania techniki pilotowania oraz wykonywania zadań wynikających z przeznaczenia danego rodzaju lotnictwa. Biorąc pod uwagę fakt, że zasadniczą formą działań taktycznych wojsk lotniczych jest walka, przyjęto jej określenie jako: „... zorganizowane starcie zbrojne związków taktycznych i pododdziałów, obejmujące uzgodnione co do celu, miejsca i czasu uderzenie, ogień i manewr, wykonywane w celu zniszczenia, rozbicia przeciwnika oraz innych zadań taktycznych w określonym rejonie, w ciągu krótkiego czasu"[27]. Charakteryzuje się ona:

- zdecydowaniem i uporem walczących stron w dążeniu do osiągnięcia wytyczonych celów;
- dużą manewrowością działań na lądzie, w powietrzu i na morzu;
- szybkością i gwałtownością zmian sytuacji;
- różnorodnością sposobów prowadzenia walki;
- dużym rozmachem przestrzennym;
- szybkim tempem działań;

---

[24] Konwencja ICAO, Aneks 8. Warunki zdolności do lotów statków powietrznych, Aneks 10. Telekomunikacja w ruchu lotniczym.

[25] Potwierdziły to ćwiczenia „Orli Szpon-97", gdzie zaprezentowano połączone systemy GPS/INS. Wiraże, wrzesień 1997.

[26] Praca zbiorowa, Metodyka szkolenia taktycznego w Wojskach Lotniczych, Poznań 1983.

- rozwojem i upowszechnieniem nowych jakościowo kategorii broni;
- nasyceniem nowymi statkami powietrznymi;
- szybkim postępem elektronizacji i automatyzacji podstawowych procesów walki zbrojnej, a zwłaszcza rozpoznania, dowodzenia, łączności i walki radioelektronicznej[28].

W każdym z wyżej wymienionych elementów zastosowanie techniki satelitarnej przynosi uzasadnione efekty.

Podstawowym środkiem niszczenia nieprzyjaciela w walce jest ogień. Jego skuteczność warunkuje wiarygodne ustalenie położenia obiektów na polu walki[29]. W takim układzie właśnie systemy satelitarne mogą przyczynić się do bardzo dokładnego określania położenia dowolnego obiektu.

Problematyka związana z ruchem we współczesnych działaniach bojowych też budzi zainteresowanie i stymuluje potrzebę korzystania z odbiorników systemów satelitarnych. Dzięki nim przemieszczanie się jest bardziej precyzyjne, co zapewnia dokładne, niezawodne i wystarczająco bezpieczne wykonanie zadania bojowego. Przemieszczanie to odbywa się dokładnie po zaplanowanej trasie, a w przypadku celowej zmiany trajektorii lotu zapewnione jest precyzyjne odnalezienie określonego celu.

Następnym czynnikiem stymulującym potrzebę wykorzystania systemów satelitarnych w lotnictwie jest manewr, rozumiany jako zorganizowane przesunięcie wojsk lub sił w toku walki na nowy kierunek (rubież, rejon)[30].

Zasadne jest stwierdzenie, że zarówno manewr, jak i walka stanowią czynniki stymulujące potrzebę wykorzystania systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym (w tym pilotażowym i taktycznym). Ponadto podczas prowadzenia badań, autor stwierdził, że szereg ćwiczeń z praktycznego szkolenia pilotażowego i taktycznego związanych jest z umiejętnością wykorzystywania licznych zmiennych danych wejściowych. Ćwiczenia te trzeba wykonywać z wykorzystaniem najnowszych zdobyczy techniki. Wielowariantowość tych rozwiązań wymaga pracochłon-

[27] Leksykon Wiedzy Wojskowej, MON, Warszawa 1979, s. 472.
[28] W. Kaczmarek, W. Ściborek, Przyszła wojna, jaka?, Wyd. MON, Warszawa 1995.
[29] J. Gotowała, Splątane wiraże, Wyd. Bellona, Warszawa 1992.

nych obliczeń i kalkulacji, co przy istniejącym deficycie czasu na współczesnym polu walki, jest trudne do zrealizowania. Komputery w połączeniu z odbiornikami systemów satelitarnych zdecydowanie skracają i upraszczają ten proces. Jednakże wykorzystanie systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym uzależnione jest od możliwości naszych sił i środków zabezpieczających loty, rodzaju wykonywanych zadań a także możliwości finansowych MON[31]. Trzeba tutaj zaznaczyć, iż rzeczą niezwykle ważną podczas szkolenia lotniczego jest również ekonomika i bezpieczeństwo. Realizują to w pełni tworzone aktualnie ogólnoświatowe systemy satelitarne GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM), GNSS-2[32], WASS (WIDE AREA AUGMENTATION SYSTEM)[33], SERVICE STARFIX .

### 1.2. Przedmiot badań

Wyposażanie współczesnych statków powietrznych w pokładowe odbiorniki satelitarne wymusza potrzebę opracowania koncepcji zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP. W związku z tym **przedmiotem badań** były możliwe sfery i sposoby zastosowania systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym w WSOSP. Treści zawarte w przedmiocie badań wynikają z potrzeb wykorzystania pokładowych odbiorników satelitarnych w różnych warunkach szkoleniowych lub symulowanych bojowych. Równocześnie poddano wnikliwej analizie zadania i sposób ich realizacji przez dowództwa i sztaby pułków szkolnych (szkolno-bojowych). Oceniono możliwości wykorzystania systemów satelitarnych w aktualnych uwarunkowaniach oraz konieczne działania zapewniające stworzenie koncepcji wykorzystania ich w szkoleniu lotniczym. Wynika

[30] J. Machura, Działania bojowe Wojsk Lotniczych w operacjach frontu, Wyd. ASG, Warszawa 1990.
[31] J. Kuriata, Zarys koncepcji niezbędnej modernizacji techniki SZ RP w świetle konieczności utrzymania wymaganej zdolności obronnej państwa, Myśl Wojskowa, nr 2/1994.
[32] N. Marchal, J.M. Pieplu, D. Hill, ... Performonce of Second Generation GNSS. Materiały Konferencji DSNS' 96, St. Peterburg, 20-24 maja 1996.
[33] R. Loh, A. Nii, Wide Area Augmentation System (WASS) Desing for Growth in Both National and International Eviroments, Materiały Konferencji DSNS 96, St. Peterburg, 20-24 maja 1996.

to z zapotrzebowania na korzystanie z techniki satelitarnej w procesach wspomagających podejmowanie decyzji i wykonywaniu praktycznych zadań w powietrzu. Obecnie w procesie szkolenia w WSOSP nie wykorzystuje się systemów satelitarnych nawet do rozwiązywania prostych problemów związanych ze szkoleniem lotniczym. Dotychczasowe wspomaganie podejmowania decyzji uwarunkowane jest możliwością wymiany informacji pomiędzy punktami będącymi różnorodnymi źródłami informacji a punktami decyzyjnymi. Pełne wykorzystanie tej techniki zwiększyłoby przepływ informacji, jej niezawodność i aktualność. Wniosek ten wynika z faktu, że cechy jakie prezentują współczesne odbiorniki systemów satelitarnych w zakresie szybkości działania, wyszukiwania niezbędnej informacji i jej wiarygodności, zapewniają twórcze ich wykorzystanie, zarówno przez dowództwa, sztaby, jak i personel latający w procesie realizacji szkolenia lotniczego. Dotychczasowy brak teoretycznych opracowań dotyczących tego tematu jest przyczyną powiększania się dystansu pomiędzy możliwościami posiadanych odbiorników systemów satelitarnych a nikłą znajomością ich przez użytkowników. Nie było zamiarem autora tworzenie koncepcji wykorzystania techniki satelitarnej na wzór idei realizowanych w innych państwach, lecz określenie możliwości jej zastosowania w realiach szkolenia lotniczego w WSOSP.

### 1.3. Cel badań

Stwierdzono wcześniej, że zainteresowanie polskich sił powietrznych systemami satelitarnymi miało dotychczas charakter w zasadzie teoretyczny. Tylko symboliczna liczba statków powietrznych w polskim lotnictwie wojskowym wyposażona jest we wskaźniki nawigacji satelitarnej. Jedynie pojedynczy piloci potrafią użytkować te wskaźniki. Wiedzę o nich i umiejętności użytkowania zdobywają indywidualnie. Tak jest prawie w całych WLOP. Inaczej rzecz się ma w lotnictwie marynarki wojennej i - od około dwóch lat - w WSOSP. Piloci wykonujący loty na samolotach PZL-130 „Orlik" i śmigłowcach W-3W „Sokół" zostali pobieżnie

przeszkoleni w posługiwaniu się wskaźnikami nawigacji satelitarnej znajdującymi się na tych statkach powietrznych.

W programie WSOSP nie umieszczono jednak dotychczas tematyki techniki satelitarnej i – szerzej - kosmicznej. Nie ma w programach szkolenia tej Uczelni wiedzy teoretycznej i praktycznej na temat zastosowania urządzeń satelitarnych. Wiedza ta jest jednak niezbędna przede wszystkim do zapewnienia prawidłowego przygotowania załóg statków powietrznych do wykorzystania urządzeń satelitarnych podczas wykonywania zadań pilotażowych i taktycznych.

Szkolenie dowództw, sztabów i załóg w procesie nauczania wykorzystywania systemów satelitarnych stymuluje obecna dostępność tej techniki i spodziewana dostępność po wstąpieniu Polski do NATO. Toteż **celem badań** i pisania rozprawy było opracowanie koncepcji zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP w oparciu o odbiorniki znajdujące się w eksploatacji i tworzone w przyszłości. Badano możliwości stosowania urządzeń typu: Trimble Flightmate GPS, NT-04, Bendix/King KLN-90, Garmin GPS 150 i Magellan NAV 5000 PRO. Sprawdzono ich przydatność w warunkach WSOSP. Równocześnie konieczne stało się poznanie sposobów i zakresów zastosowań funkcjonujących systemów satelitarnych. Badano istotę zastosowań ich w praktycznym szkoleniu dowództw i sztabów oraz zastosowaniu bojowym statków powietrznych.

Dodatkowym celem badań było poznanie procesu teoretycznego i praktycznego szkolenia lotniczego we Francji, Niemczech, USA i Wielkiej Brytanii (z wykorzystaniem techniki satelitarnej). Na podstawie tych badań starano się sformułować koncepcję docelowego wykorzystania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP.

### 1.4. Problemy badawcze

Opinie ekspertów oraz obserwacja szkolenia lotniczego w niektórych państwach członkowskich NATO, zwróciły uwagę autora na fakt, że szkolenie lotnicze

w WSOSP powinno być zreformowane i dostosowane do standardów stosowanych w tym pakcie. Nie miano przy tym na względzie typowego naśladownictwa, ale chciano nadążyć za postępem technicznym wpływającym na wyższą ekonomiczność i bezpieczeństwo szkolenia lotniczego.

Mając na uwadze powyższe okoliczności i dążenie do zmiany niekorzystnego stanu rzeczy, autor postanowił zmierzać do zreformowania szkolenia pilotażowego i taktycznego poprzez rozstrzygnięcie **problemu głównego**, którym było określenie potrzeb, możliwości i sposobów wdrażania do szkolenia pilotażowego oraz taktycznego w WSOSP dostępnych urządzeń funkcjonujących we współpracy z systemami satelitarnymi. Możliwe to stało się dzięki rozwiązaniu problemów badawczych sformułowanych w postaci poniższych pytań:

1. Jaki jest stan funkcjonujących systemów satelitarnych?
2. Jaki jest zakres wykorzystywania systemów satelitarnych w siłach powietrznych armii państw NATO?
3. Jak wykorzystywane są systemy satelitarne w szkoleniu lotniczym w NATO?
4. W jakim stopniu systemy satelitarne są obecnie wykorzystywane w szkoleniu pilotażowym i taktycznym w WSOSP?
5. Jakie są niezbędne i dostępne pokładowe odbiorniki satelitarne zdolne do spełnienia wymagań szkolenia lotniczego w WSOSP?
6. W jakim stopniu systemy satelitarne można wykorzystywać podczas szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP?
7. Jakie istnieją potrzeby i możliwości zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP?
8. Jaki powinien być zakres i sposoby wykorzystywania w WSOSP systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym?
9. Jak wykorzystywać systemy satelitarne do szkolenia pilotażowego i taktycznego przed i po integracji z NATO?

Powyższe problemy powstały w wyniku pogrupowania szeregu cząstkowych zagadnień, które zostały zebrane w dziewięć zasadniczych pytań. Pokonanie tych przeszkód stanowiło warunek opracowania rozprawy doktorskiej. Zasadne jest za-

znaczenie, że większa część problemów dotyczących poznania zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia lotniczego w państwach zrzeszonych w NATO wynikała z braku pełnej dostępności do dokumentacji militarnej. Stąd też bardzo pomocne okazały się spotkania robocze z przedstawicielami sił powietrznych: Francji, Wielkiej Brytanii, USA, Niemiec, Danii i Holandii.

### 1.5. Hipotezy

Uwzględniając etymologiczne znaczenie wyrazu, hipoteza to „... przypuszczenie naukowe wysunięte dla objaśnienia jakiegoś zjawiska lub szeregu zjawisk, wymagające sprawdzenia..."[34]. Stanowi ona podstawę prowadzenia wszelkiego rodzaju badań. W związku z tym, podjęcie tematu rozprawy, przeprowadzenie analizy polskiej i zagranicznej literatury przedmiotu, sformułowanie problemów badawczych oraz twórcza działalność autora, umożliwiły dokonanie ostatecznej konstrukcji koncepcji badań, w której elementami wyjściowymi były następujące **hipotezy robocze**:

- założono, że dotychczasowe szkolenie pilotażowe i taktyczne realizowane w WSOSP nie spełnia wymogów współczesnego szkolenia lotniczego. Realizowane jest ono w oparciu o standardowe wyposażenie pokładowe pochodzące z lat sześćdziesiątych. Otrzymywane rezultaty w szkoleniu nie są zadowalające, a awionika statków powietrznych nie gwarantuje w pełni bezpieczeństwa wykonywanych lotów. Pogłębiający się deficyt czasu w trakcie praktycznego szkolenia w powietrzu oraz szkolenia taktyczno-bojowego uniemożliwia analizę wariantów i na tej podstawie wybór racjonalnych rozwiązań. Wobec tego przyjęto, iż uzyskanie poprawy w tej dziedzinie nastąpi wtedy, gdy zastosowane będą pokładowe odbiorniki pracujące w oparciu o systemy satelitarne. Sformułowanie koncepcji zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP wymaga uwzględnienia taktyki działań lotnictwa, zmodernizowania

[34] Słownik wyrazów obcych, Wyd. PWN, 1978, s. 281.

szkolenia lotniczego oraz przewidywania perspektywicznego wyposażenia statków powietrznych w technikę satelitarną;

- przyjęto wstępnie, że wykorzystanie systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym ma obecnie w WSOSP szczątkowy charakter. Spowodowane to jest brakiem odpowiedniego wyposażenia, założeń programowych szkolenia pilotażowego i taktycznego oraz słabym przygotowaniem kadry do obsługi odbiorników sygnałów satelitarnych. Wobec powyższego przyjęto, że uzyskanie w tym względzie poprawy nastąpi wtedy, gdy personel latający i naziemny zostanie przeszkolony w tej dziedzinie. Spowoduje to również szersze wykorzystanie systemów satelitarnych w polskich siłach powietrznych i stanowić będzie postęp w zakresie integracji ze strukturami NATO oraz obowiązującymi tam programami i procedurami;
- należy domniemać, że ewentualna integracja z NATO spowoduje konieczność dostosowania się do ukształtowanego w tym pakcie standardu wykorzystywania systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym. Stan taki wynika z potrzeby coraz większej integracji Sił Zbrojnych RP (w tym polskich sił powietrznych) z siłami zbrojnymi NATO. Początkowo wykorzystywanie systemów satelitarnych będzie tylko dobrodziejstwem (stworzoną przez NATO możliwością), z czasem stanie się wymogiem określanym stopniowo wdrażanymi dokumentami normatywnymi;
- należy oczekiwać, że w szkoleniu lotniczym w WSOSP w pierwszej kolejności będzie się wykorzystywać informacje z satelitów meteorologicznych i nawigacyjnych. Zastosowanie rozpoznania satelitarnego i łączności satelitarnej może nastąpić w dalszej przyszłości. Dane z satelitarnych systemów meteorologicznych i nawigacyjnych mogą być już w dużym stopniu wykorzystywane obecnie. Jeżeli tak się nie dzieje, wynika to głównie z braku środków na zakup odpowiednich urządzeń. Zastosowanie systemów rozpoznania i łączności nie jest ograniczone jedynie koniecznością poniesienia na nie wydatków. Wykorzystywanie tego typu systemów wymaga uzyskania do nich dostępu (nie są to systemy dostępne powszechnie);

- ze względu na różne potrzeby, należy rozpatrywać oddzielnie szkolenie załóg statków powietrznych oraz dowództw i sztabów jednostek podległych WSOSP. Inne są potrzeby załóg statków powietrznych (co do typu i zakresu informacji), a inne dowództw i sztabów jednostek. Dla załóg najważniejszy jest dostęp do systemów nawigacyjnych i łączności. Dowództwa i sztaby będą przede wszystkim zainteresowane wykorzystaniem systemów meteorologicznych, rozpoznawczych, a także łączności.

Do weryfikacji powyższych hipotez roboczych wykorzystano zestaw odpowiednich metod badawczych, które zostały zaprezentowane w dalszej części rozdziału. Większość przypuszczeń okazała się zgodna z rzeczywistością. Istotne było również przekonanie, że zastosowanie systemów satelitarnych do szkolenia lotniczego w WSOSP winno uwzględniać uwarunkowania ekonomiczne. W wyniku przeprowadzenia badań, opracowano koncepcję docelowego wykorzystania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP.

### 1.6. Zadania badawcze

Dla osiągnięcia zamierzonego celu badań i opracowania rozprawy doktorskiej postawiono następujące **zadania badawcze**:

- analiza i ocena stanu funkcjonujących systemów satelitarnych;
- analiza i ocena szkolenia pilotażowego i taktycznego lotnictwa państw członkowskich NATO;
- poznanie zakresu szkolenia w dowództwach i sztabach jednostek podległych WSOSP;
- poznanie treści szkolenia pilotażowego i taktycznego w pułku szkolnym (szkolno-bojowym), jako jednej z najwyższych form przygotowania bojowego personelu latającego i naziemnego;
- określenie możliwości wykorzystania ogólnoświatowych systemów satelitarnych dla potrzeb WSOSP;

- sprawdzenie dostępnych na polskim rynku odbiorników sygnałów satelitarnych podczas lotu ;
- ustalenie niezbędnych i dostępnych pokładowych odbiorników sygnałów satelitarnych zdolnych zaspokoić wymagania szkolenia lotniczego;
- wykazanie potrzeb i możliwości zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP;
- określenie zakresu i sposobu wykorzystania systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym załóg statków powietrznych oraz szkoleniu dowództw i sztabów jednostek podległych WSOSP;
- określenie możliwości oraz sposobów wykorzystywania systemów satelitarnych przed i po integracji ze strukturami NATO.

Wykonanie powyższych zadań badawczych umożliwiło zweryfikowanie hipotez. Wyciągnięte wnioski zostały zaprezentowane w kolejnych rozdziałach niniejszej rozprawy doktorskiej.

### 1.7. Stosowane metody badań

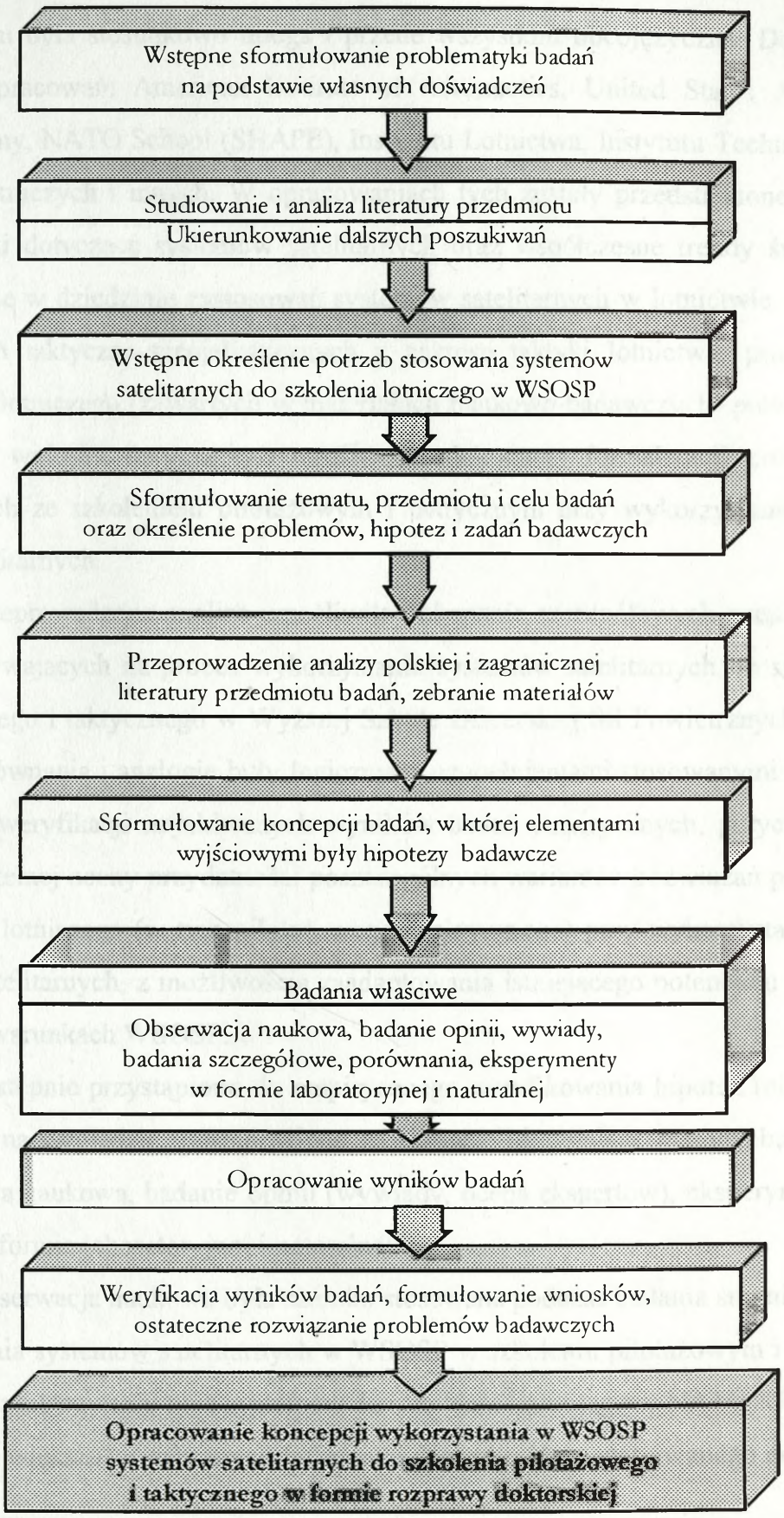
Autor brał udział w różnorodnych ćwiczeniach z wojskami. Uczestniczył w zajęciach w Centrum Przygotowania Kosmonautów pod Moskwą (Rosja). Wymieniał doświadczenia wynikające ze szkolenia lotniczego poprzez kontakty osobiste z pilotami - instruktorami państw członkowskich NATO w czasie zlotu „Instruktor-92", „Air Show-95" oraz w trakcie licznych wizyt delegacji w Dęblinie. Przebywał w szkołach i ośrodkach szkolenia w Niemczech i Wielkiej Brytanii. Również analiza literatury przedmiotu przyczyniła się do zdobycia wiedzy, która ukierunkowała poszukiwania autora. Punktem wyjścia stało się dostrzeżenie potrzeby zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych. Wynikało to z udziału w wyżej wymienionych przedsięwzięciach oraz wniosków z nich wypływających. Autor stwierdził bowiem, iż może być to czynnikiem modelującym lub modyfikującym to szkolenie, a jednocześnie przyczynić się do wzrostu jego efektywności i ekono-

miczności. Dostrzeżenie potrzeby wykorzystania systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym było pierwszym punktem orientacyjnym i przyczyniło się do sformułowania przedmiotu i celu badań. Nadal jednak brakowało odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób prowadzić szkolenie pilotażowe i taktyczne w WSOSP oraz zwiększyć jego efektywność i ekonomiczność poprzez wykorzystanie systemów satelitarnych? Odpowiedź na powyższe pytanie stała się możliwa poprzez zrealizowanie wszystkich zadań badawczych. Natomiast z powodu niepodejmowania do tej pory problemu wykorzystania systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym lotnictwa, konieczne stało się ograniczenie badań do terenu WSOSP.

Przeprowadzona analiza polskiej i zagranicznej literatury przedmiotu, zebrane materiały oraz twórcza działalność autora, umożliwiły dokonanie ostatecznej konstrukcji koncepcji badań. Istotnym było również przekonanie, że do rozpoczęcia szkolenia praktycznego i teoretycznego w WSOSP nie są niezbędne nowe statki powietrzne i nowe obsady etatowe. Modernizacja awioniki tego sprzętu lotniczego, który jest aktualnie na wyposażeniu Uczelni jest wystarczająca i nieskomplikowana. Z tym przeświadczeniem weryfikowano hipotezę i, jak to wynika z opisu w dalszych rozdziałach, większość przypuszczeń okazała się zgodna z rzeczywistością. Należy zaznaczyć, że konstrukcja koncepcji badań wraz z hipotezami roboczymi, były możliwe wskutek przyjęcia przez autora określonego schematu procedury badawczej , który prezentuje rys. 1.1.

Następnie została przeprowadzona wstępna, weryfikacja przedstawionych powyżej hipotez roboczych tzw. weryfikacja wewnętrzna, czyli szukanie zgodności przewidywanych skutków z już znanymi i stwierdzonymi faktami naukowymi. Na tym etapie teoretycznych badań szeroko wykorzystano analizę, porównania, analogię oraz uogólnienie i abstrahowanie.

Analiza potrzeb i możliwości wykorzystania systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktycznym w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych była zasadniczą częścią procesu badawczego podczas studiowania literatury źródłowej, poznawania uwarunkowań oraz zależności wynikających z procesu badań empirycznych. Wykorzystywana w trakcie prowadzonych badań literatura




Rys. 1.1. Algorytm stosowanej procedury badawczej

przedmiotu była stosunkowo uboga i przede wszystkim obcojęzyczna. Dokonano analizy opracowań: American Institute of Aeronautics, United States Air Force Academy, NATO School (SHAPE), Instytutu Lotnictwa, Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych i innych. W opracowaniach tych zostały przedstawione ogólne wskazówki dotyczące systemów satelitarnych oraz współczesne trendy światowe dominujące w dziedzinie zastosowań systemów satelitarnych w lotnictwie. Analiza opracowań taktyczno-specjalistycznych z zakresu taktyki lotnictwa, programów szkolenia lotniczego (zawartych w materiałach naukowo-badawczych) potwierdziła słuszność wniosku dotyczącego możliwości dokonania formalizacji problemów związanych ze szkoleniem pilotażowym i taktycznym przy wykorzystaniu systemów satelitarnych.

Przeprowadzona analiza umożliwiła dokonanie szczegółowych ocen czynników wpływających na proces wykorzystania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych. Natomiast porównania i analogie były logicznymi uzupełnieniami stosowanymi głównie w czasie weryfikacji uzyskiwanych wyników badań empirycznych, przyczyniając się do rzetelnej oceny przydatności poszczególnych wariantów rozwiązań problemu szkolenia lotniczego (w tym pilotażowego i taktycznego) przy wykorzystaniu systemów satelitarnych, z możliwością zaadaptowania istniejącego potencjału sprzętowego w warunkach WSOSP.

Następnie przystąpiono do empirycznego weryfikowania hipotez roboczych. Mając to na względzie, postanowiono zastosować następujące metody badawcze: obserwacją naukową, badanie opinii (wywiady, ocena ekspertów), eksperyment naukowy w formie laboratoryjnej i naturalnej.

Obserwacja naukowa była szeroko stosowana podczas badania stopnia wykorzystywania systemów satelitarnych w WSOSP w szkoleniu pilotażowym i taktycznym oraz zastosowaniu tych systemów do szkolenia lotniczego w NATO. Użycie jej dotyczyło większości zebranych informacji dotyczących rozpatrywanego problemu.

Stosując metodę badania opinii, korzystano z wywiadów i ocen ekspertów. Posłużyło to do uzyskania w zasadzie materiału dodatkowego, uzupełniającego, ukierunkowującego dalsze badania.

W procesie badawczym stosowano analizy i porównania. Umożliwiły one formułowanie wniosków w zakresie wpływu różnorodnych czynników na wykorzystanie systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych, stanowiąc zasadniczy czynnik w wypracowaniu końcowych rozwiązań problemów badawczych. Poprzez logiczne łączenie wniosków wynikających z analizy elementarnych zagadnień, uzyskano konkretne odpowiedzi na postawione pytania. Stosowano również abstrahowanie, umożliwiające koncentrowanie uwagi na najistotniejszych elementach badanego procesu a pomijanie mniej istotnych, nie mieszczących się w ramach przyjętego fragmentu badań.

Najatrakcyjniejszym jednak elementem prowadzonych badań był eksperyment naukowy. Prowadzony był w dwóch formach: laboratoryjnej i naturalnej. Forma laboratoryjna miała dać odpowiedź na pytanie: w jakie systemy pokładowe należy wyposażyć samoloty wykorzystywane w WSOSP? Forma naturalna eksperymentu naukowego przyczyniła się do określenia zakresu i sposobu wykorzystania w WSOSP systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym. Prawie wszystkie prowadzone eksperymenty były eksperymentami lotniczymi. Zastosowanie ich umożliwiło dostarczenie odpowiednich argumentów i pomogło w weryfikacji hipotez roboczych. Warto zaznaczyć, iż były to pierwsze w kraju tego typu eksperymenty. Korzystając z formy laboratoryjnej metody eksperymentu naukowego stworzono nowe narzędzia badawcze.

Przeprowadzony cykl badań i zastosowane metody badawcze okazały się wystarczające do zrealizowania postawionych zadań badawczych i osiągnięcia zamierzonych celów rozprawy. Umożliwiły zweryfikowanie i potwierdzenie hipotez roboczych.

Istotnym, według autora, jest również to, iż uczestniczył on w większości przeprowadzonych eksperymentów jako pilot, dzięki czemu mógł się w pełni auto-

rytatywnie wypowiedzieć na temat funkcjonowania odbiorników satelitarnych w powietrzu oraz prowadzić wywiady i zbierać opinie od personelu latającego w sposób swobodny, znając mentalność oraz specyficzny, techniczny sposób wypowiadania się swoich respondentów. Wysoko ocenione zostały wywiady z młodymi pilotami (podchorążymi), ze względu na ich sposób myślenia, nie skażony doświadczeniami z długoletniego korzystania z klasycznej awioniki samolotu.

Autor postanowił wykorzystać zbiór metod rokujących osiągnięcie zamierzonych celów badań i dostępnych mu ze względów materialnych. Stosował podczas pisania rozprawy równolegle szereg metod, ale ze względów metodycznych opisuje je poniżej w następującej kolejności.

### 1.7.1. Analiza literatury

Przystępując do badań związanych z zastosowaniem systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych, niezbędne stało się określenie stanu wiedzy na powyższy temat. Stąd też przeprowadzono wnikliwą analizę literatury krajowej i zagranicznej ze szczególnym uwzględnieniem monografii, prac promocyjnych (dyplomowych, magisterskich, doktorskich), prac koncepcyjnych, doniesień naukowych i sprawozdań z badań, komunikatów naukowych, referatów, artykułów naukowych, dokumentów szkoleniowych oraz literatury popularnonaukowej. Stwierdzono, że istniejąca literatura źródłowa w zakresie zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia lotniczego szczególnie w odniesieniu do polskich sił powietrznych jest niestety bardzo skromna. Równocześnie okazało się, że brakuje opracowań uwzględniających zastosowanie systemów satelitarnych w lotnictwie z wyraźnym ukierunkowaniem na sfery zastosowań wojskowych.

Zasadne jest podkreślenie, że w literaturze światowej problem zastosowania systemów satelitarnych dla potrzeb lotnictwa rozpatrywany jest w dwóch płaszczy-

znach: cywilnej i wojskowej[35]. Taki stan rzeczy spowodowany jest potrzebą uwzględniania różnych kryteriów, wynikających z odmienności celów działania. Stąd też przyjmuje się, że w lotnictwie cywilnym zastosowanie systemów satelitarnych oprócz korzyści ekonomicznych, ma przede wszystkim na celu zapewnienie bezpieczeństwa i niezawodności transportu powietrznego oraz zwiększenie „przepustowości" dróg lotniczych. Natomiast w lotnictwie wojskowym zastosowanie systemów satelitarnych winno zapewnić maksymalną efektywność bojową oraz realizację zadań z wymaganą dokładnością[36].

W publikacjach amerykańskich charakterystyczne są stwierdzenia, że zastosowanie pokładowych odbiorników systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym jest konieczne i wręcz niezbędne w dobie postępującej automatyzacji procesu pilotowania i nawigowania statków powietrznych[37]. Lansowana jest teza, że zastosowanie ich zredukuje znacznie koszty wyszkolenia i treningu personelu latającego, nawigacyjnego i techników obsługi[38]. Przede wszystkim jednak, umożliwia wykonanie skomplikowanych zadań zarówno w powietrzu, jak i na ziemi. Znamienna w tym względzie jest wypowiedź gen. Schwarzkopfa - dowódcy Sprzymierzonych (przedstawiona już wcześniej), który podczas posłuchania w Kongresie USA[39] mówił, iż informacje dostarczone przez technikę satelitarną są tak niezbędne, podczas prowadzenia działań bojowych, jak woda niezbędna jest na pustyni.

We wszystkich publikacjach podkreśla się możliwość uzyskania dużej dokładności podczas wykonywania zadań przez lotnictwo, o ile wykorzysta się do tego celu technikę satelitarną[40]. Stosowane odbiorniki pokładowe w chwili obecnej są wykorzystywane podczas pełnej dynamiki wykonywania lotów na małych, średnich, dużych i stratosferycznych wysokościach, we wszystkich warunkach atmosferycz-

---

[35] X. Gu, High Precision Navigation with Wide Area DGPS, Materiały Konferencji DSNS'93, Amsterdam 1993.
[36] A Technical Raport to the Secretary of Transportation on National Approach to Augmented GPS Services US Department of Commerce, Specjalna publikacja NTIA, grudzień 1994.
[37] M. Armitrage, After the Gulf War. NATO's Sixteen Nations, 1991, vol. 36, no. 1.
[38] Flight International, Military Simulation: the Art in Proves, 16 luty 1985; ss. 20-35.
[39] Space Technology, 1992, s. 29.
[40] H. Herwish, G. Turbe, Mission Planning and Rehearsal, International Defense Review, no. 1/1991.

nych[41]. Wyposażenie lotnictwa amerykańskiego w zautomatyzowane środki walki, zmusza również do stosowania różnorodnych odbiorników sygnałów satelitarnych.

Współczesne pokładowe systemy pilotażowo-nawigacyjno-celownicze funkcjonują w oparciu o technikę satelitarną wykorzystującą również komputery, dzięki czemu możliwe jest modelowanie ruchu przestrzennego statków powietrznych w celu wykonywania różnorodnych zadań szkoleniowych i taktycznych wynikających z przeznaczenia poszczególnych rodzajów lotnictwa[42]. W efekcie końcowym, dowódca związku taktycznego, oddziału, pododdziału sił powietrznych a nawet instruktor ma możliwość podejmowania właściwych decyzji dotyczących zarówno szkolenia pilotażowego, jak i taktycznego w oparciu nie tylko o intuicję, wiedzę i doświadczenie, ale także o dokładne dane otrzymywane z odbiorników systemów satelitarnych[43]. Poszczególne kraje tworzą kompleksowe systemy wiążące sprzęt pokładowy z systemem naziemnym, organizacją odpowiednich służb informacyjno-technicznych i światową dystrybucją informacji. Przykład taki stanowią USA, gdzie funkcjonuje centralny bank informacji Airborne Flight Information System (AFIS), który gromadzi informacje dotyczące światowego lotnictwa. Mieści się on w centrum obliczeniowym systemu w Irvine (Kalifornia). Wysoce niezawodny komputer wraz ze stacjami dysków podłączony jest poprzez modemy do sieci telefonicznej. W swojej pracy wykorzystuje dane: Jeppensena, North Atlantic Track Data, międzynarodowe dane NOTAM dostarczone przez ARNIC, a zbiera również aktualne dane o pogodzie - National Weather Service sieci B. Wykorzystując ten system, można przygotować plan lotu praktycznie w każdym miejscu, gdzie tylko doprowadzony jest telefon. Natomiast aktualizacja danych podczas wykonywania lotu może odbywać się na bieżąco, dzięki systemom satelitarnym oraz automatycznemu łączu radiowemu systemu Arnic Communications Addressing and Reporting System, przy minimalnym udziale pilota[44].

---

[41] J. Pike, S. Lang, Military Use of Outer Space II, The Use of US Military Space System in the Persion Gulf War, SIPRI, Yearbook 1992.

[42] M. Armitrage, After the Gulf War. NATO's Sixteen Nations, 1991, vol. 36, no 1.

[43] D. Pope et al., Coverage of DGPS/Radio Beacon System, Materiały Konferencji ION, San Diego, styczeń 1994.

[44] C. Kee, B.W. PARKINSON, Algorithms and Implementation of Wide Area GPS, Materiały Konferencji, Waszyngton, 1992.

W Niemczech również coraz poważniej podchodzi się do problemów związanych z techniką satelitarną. Myśli się coraz poważniej o stworzeniu europejskiego systemu satelitarnego PROPNAS opartego na współpracy Niemiec i Rosji[45]. Pojawiły się publikacje, które poświęcają dużo miejsca zastosowaniu techniki satelitarnej w Luftwaffe[46]. Autorzy twierdzą zgodnie, że wykorzystanie systemów satelitarnych powinno uwzględniać możliwości techniczne wojskowych statków powietrznych. W lotnictwie wojskowym tego kraju odbiorniki sygnałów systemów satelitarnych są powszechnie stosowane i uważa się, iż powinno się je uwzględniać zarówno podczas prowadzenia treningów specjalistycznych, jak również do aplikacyjnej realizacji zadań bojowych[47].

W wielu innych państwach zachodnich również podejmuje się tę problematykę. Coraz szerzej pisze się o rozszerzeniu stosowania systemów satelitarnych, zapewniając odpowiednią ich wiarygodność, dokładność, dostępność i ciągłość działania[48]. W innych krajach, o różnych stopniach zawansowania technologicznego, znajdują się systemy oparte na technice satelitarnej przeznaczone dla zaspokojenia lokalnych potrzeb. Praktycznie w każdym państwie zachodnim nie widzi się możliwości rozwoju lotnictwa bez odpowiedniej awioniki samolotu. Przemawia za tym nie tylko ekonomika ale przede wszystkim bezpieczeństwo lotów. Przykładami takich państw są między innymi: Finlandia[49], Dania[50], Szwajcaria[51], Austria[52] i Czechy[53].

Wymienione kraje i zastosowane w nich systemy satelitarne stanowią jedynie fragment przyjętych rozwiązań i kierunków prac związanych z zastosowaniem tech-

---

[45] D.Kayser, S. Arkhipenkov, I. Skoog, Space Constellation Aspect of German/Rusian 'Preoperational Navigation Satelite System PROPNAS', Materiały Konferencji DSNS'96, St. Peterburg, 20-24 maja 1996.
[46] B. Stieler, High Precision Navigation, Brunszwig (Niemcy), nr 3,10,11/1992.
[47] P. Klaje, Dokształcanie oficerów w jednostkach Sił Zbrojnych Bundeswery, Wojskowy Przegląd Zagraniczny, nr 3/1986.
[48] R. Loh, A. Nii, Wide Area Augmentation System (WAAS) Design for Growth in Both National and International Ervirorments, Materiały Konferencji DSNS'96, St. Petersburg, 20-24 maja 1996.
[49] M. Olliken, H. koivula, The Finish Permanent GPS Nework - Finn Net, Materiały Konferencji DNSS"96, St. Peterburg, 20-24 majay 1996.
[50] P. Norgard, RTK Chain of Reference Stations for the Fixed Link Across, Oresund, 1995.
[51] U. Wild, A. Wigt, The Automated GPS Network in Switzerland (AGNES) for Navigation and Geodesy: Concept and First Test Results, Materiały Konferencji DSNS'96, St. Peterburg, 20-24 maja 1996.
[52] H. Doller, An Open Cellular Concept for a RTDGPS Reference - Network in Austria, Materiały Konferencji DSNS'96, St. Petersburg, 20-24 maja 1996.
[53] M. Broum, Z. Hrdina, .... The DGPS Reference Station of the Czech Technical Univresity, Materiały Konferencji DSNS '96, St. Peterburg, 20-24 maja 1996.

niki satelitarnej w lotnictwie sił powietrznych innych państw, w tym również w Polsce.

Autor pragnie jednak zwrócić uwagę, że do prezentowanych przez różne firmy informacji dotyczących odbiorników pokładowych, jak i systemów satelitarnych (lub ich wersji rozwojowych), należy podchodzić z pewną dozą krytycyzmu. Wiele z tych danych, traktujących o możliwościach zastosowania systemów satelitarnych w lotnictwie, jest nierzadko przedwczesnych lub wręcz przesadnych[54]. W warunkach bowiem ogromnej konkurencji, poszczególne koncerny i firmy prześcigają się w reklamowaniu swoich wyrobów w celu zdobycia zamówień (szczególnie wojskowych). Toteż nie negując olbrzymich osiągnięć USA, Rosji oraz krajów Europy Zachodniej w dziedzinie zastosowania i wykorzystania systemów satelitarnych, a w szczególności odbiorników pokładowych sygnałów satelitarnych, stwierdza się, że wiele publikowanych danych ma charakter reklamowy, przesadnie wyolbrzymiający możliwości[55].

Technika satelitarna stosowana była podczas konfliktów militarnych, które miały miejsce w ostatnich latach i wykorzystywana jest nadal w lotnictwie wojskowym podczas wyboru celów, tras, określenia parametrów nawigacyjnych, wyboru wariantów uderzeń i nalotów. Okazuje się, że wykorzystywanie systemów satelitarnych podczas prowadzenia działań bojowych jest koniecznością. Dobitnie świadczy o takim stanie rzeczy konflikt w Zatoce Perskiej, podczas którego pierwszy raz masowo wykorzystywano technikę satelitarną[56].

W naukowej literaturze polskiej brak jest opracowań traktujących o zastosowaniu systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego. Istniejące materiały dotyczą z reguły zasad funkcjonowania systemów satelitarnych, ich danych taktyczno-technicznych, lecz w żaden sposób nie przedstawiają sfer ich możliwego wykorzystania[57]. Również Międzynarodowa Konferencja Naukowa zorganizowana w 1996 roku w Dęblinie dotyczyła również ogólnie przyjętych zasad ko-

---

[54] R. Dziedzic, Zastosowanie satelitów nadzorujących w wojnie o Kuwejt, Myśl Wojskowa, nr 6/1991.
[55] J. Szymański, Sukces rynkowy systemu nawigacyjnego GPS, Elektronika Przemysł i Rynek, nr 9/1995.
[56] J. Bizerski, Pustynna burza, cz. 2, Wyd. ALTAIR, Warszawa 1994.
[57] J. Lamparski, S. Oszczak, Stan obecny i perspektywy rozwoju systemu nawigacyjnego GPS NAVSTAR, Materiały II Konferencji Naukowej, WOSL, Dęblin 1993.

rzystania z systemów satelitarnych, a nie uszczegółowiała zastosowania ich w działaniach bojowych lotnictwa[58]. Niemniej zauważalny jest znaczny przełom w tej dziedzinie. Ukazują się artykuły zawierające uogólnioną ekspertyzę dotyczącą celowości, potrzeb i możliwości wykorzystania systemu DGPS w polskich siłach powietrznych[59]. Uwzględnia się wymagania formalne stawiane przez Międzynarodową Organizację Lotnictwa Cywilnego - ICAO i siły powietrzne państw sprzymierzonych w NATO. Wykorzystuje się wnioski z przeprowadzonych w latach 1992-1995 prac naukowo-badawczych i konsultacji zagranicznych[60]. Stale rośnie przekonanie, iż wobec faktu otwarcia się na zachód musimy zdawać sobie sprawę z tego, że jeżeli nie podejmiemy próby wdrożenia techniki satelitarnej, to problem ten wcześniej czy później rozwiąże się sam, chociażby w postaci decyzji ICAO. Ale ta decyzja nie musi być dla polskich sił powietrznych wygodna. Każdy wojskowy wie, że realizując cudze decyzje swoimi siłami, osiąga się cudze cele, nie zawsze wygodne dla wykonawcy[61]. Pogląd ten nie jest obcy i zyskuje coraz więcej zwolenników. Dokonuje się ekspertyz dotyczących celowości i zasad tworzenia w Polsce sieci permanentnych stacji DGPS[62]. Ocenia się możliwości wykorzystania systemów w nawigacji globalnej na terytorium naszego kraju[63]. Powstają pierwsze polskie odbiorniki nawigacyjnego systemu satelitarnego, które są obecnie testowane, a zgromadzone dane są prezentowane na mapach cyfrowych[64].

W dostępnych dokumentach brak informacji na temat zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia lotniczego. W tej sytuacji nie można więc w pełni wykorzystać niewielkiej liczby odbiorników, które zostały zainstalowane już na wojskowych statkach powietrznych, nie mówiąc o szkoleniu czy wykorzystaniu

---

[58] Materiały z IV Międzynarodowej Konferencji Naukowej WSOSP, Dęblin 1996.
[59] A. Fellner, H. Jafernik, J. Ziarko, Znaczenie systemu DGPS dla Sił Powietrznych RP, Referat WSOSP, Dęblin 1996.
[60] A. Witczak, Droga do DGPS w Polsce, Praca zbiorowa (Zastosowanie systemów satelitarnych do celów obronnych w Polsce), ITWL, Warszawa 1995.
[61] J. Szczygieł, Wykorzystanie techniki satelitarnej - moda czy życiowa konieczność, Referat WSOSP, Dęblin 1996.
[62] Ekspertyza tworzenia w Polsce sieci pernamentnych stacji DGPS, KGS KB KiS PAN, Warszawa 1995.
[63] D. Duda, M. Dziewicki, Możliwości wykorzystania systemu różnicowego nawigacji globalnej DGPS w systemie osłony radionawigacyjnej na wodach Zatoki Gdańskiej, I Sympozjum Nawigacyjne WSM, Gdynia 1995.
[64] H. Krzyżanowski, System zbierania informacji z wykorzystaniem NAVI TO4, Praca zbiorowa (Zastosowanie systemów satelitarnych do celów obronnych w Polsce), Wyd. ITWL, Warszawa 1995.

taktyczno-bojowym. Brak specjalistycznej literatury powoduje jednocześnie brak przygotowania i umiejętności obsługi odbiorników sygnałów systemów satelitarnych przez personel latający i naziemny. Stąd też wszystkie procedury tak jak dawniej wykonuje się klasycznym (przestarzałym) sposobem. Sytuacja ta powoduje, że próbuje się przystosować do statków powietrznych różne pokładowe odbiorniki satelitarne, nie zawsze trafnie oceniając ich przydatność i światowe trendy rozwojowe. W tej sytuacji pojawiają się różne wersje tych urządzeń, co powoduje powstanie psychicznych barier przed ich stosowaniem przez potencjalnych użytkowników. Taki stan rzeczy powoduje, że odbiorniki te wypełniają tylko niektóre zadania związane z wykonywaniem lotów. Nie służą natomiast jako podsystemy wykorzystywane do szkolenia pilotażowego i taktycznego w znaczeniu rozumianym przez autora. W Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych sytuacja jest podobna. Dotychczas Uczelnia nie zajmowała się tym problemem. Unowocześnienie jednak procesu szkolenia niesie za sobą konieczność zmiany tej sytuacji - przystosowania odpowiednich odbiorników systemów satelitarnych i modernizacji programu praktycznego szkolenia lotniczego.

### 1.7.2. Obserwacja naukowa

Obserwacja naukowa była szeroko wykorzystywana podczas badania stopnia wykorzystywania systemów satelitarnych w WSOSP w szkoleniu lotniczym oraz wykorzystywania tych systemów do szkolenia lotniczego w NATO. Autor stosował przede wszystkim obserwację bezpośrednią. Użycie jej dotyczyło większości z zebranych informacji i faktów dotyczących rozpatrywanego problemu. Obserwację prowadzono podczas ćwiczeń z wojskami, jak i w trakcie codziennego szkolenia jednostek lotniczych w Dęblinie, Białej Podlaskiej, Radomiu, Nowym Mieście i Pile. Autor miał również możliwość prowadzenia obserwacji w szkole lotniczej w Monachium (Niemcy) oraz w Cranwell (Wielka Brytania). Zastosowana metoda była wręcz niezbędna do przeprowadzenia badań i w efekcie końcowym do opra-

cowania wyników w formie rozdziału drugiego i trzeciego. Przede wszystkim jednak, w oparciu o uzyskane empiryczne materiały (doświadczenia), opracowano założenia do wykorzystania systemów satelitarnych oraz przedstawiono propozycję ich zastosowania do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP.

### 1.7.3. Metody badania opinii

Stosując metodę badania opinii, korzystano z wywiadów i ocen ekspertów. Posłużyło to do uzyskania w zasadzie materiału dodatkowego, uzupełniającego. Przeprowadzone wywiady w pułkach lotniczych stacjonujących w miejscowościach: Dęblin, Biała Podlaska, Mińsk Mazowiecki, Radom, Nowe Miasto, Powidz, Babie Doły oraz w Komendzie i Oddziale Kształcenia WSOSP, dotyczyły oceny określonych zjawisk, stanów, procesów i wydarzeń związanych z wykorzystaniem systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego lotnictwa przez personel latający i nawigatorski, dowództwa jednostek i wykładowców WSOSP. Starano się uzyskać opinie przede wszystkim na temat zakresu i sposobu wykorzystania systemów satelitarnych w procesie szkolenia lotniczego (pilotażowego i taktycznego) oraz systemów pokładowych, w jakie należałoby wyposażyć samoloty. Znając neutralność respondentów, autor starał się przeprowadzić wywiady zawsze w postaci swobodnej rozmowy ukierunkowanej, naprowadzanej na uprzednio sformułowane zagadnienia, nie mające w zasadzie formy pytań. Wysoko ocenione zostały wywiady z młodymi pilotami (w tym i z podchorążymi) ze względu na nie skażony ich sposób myślenia.

Zakładając, że konfrontacja ocen wielu specjalistów może doprowadzić do znalezienia właściwego rozwiązania badanego problemu, postanowiono zastosować metodę ocen ekspertów. Tym bardziej, że im szerszą i głębszą wiedzę o przedmiocie, zjawisku czy procesie się posiada, tym szybciej i trafniej można ujawnić ich najbardziej istotne aspekty oraz związki przyczynowo-skutkowe i prawidłowości w nich występujące. Można zatem trafnie przewidywać określone stany i rozwój zjawisk. Odbyta w WSOSP w Dęblinie w dniach 13-14.06.1996 roku IV Międzyna-

rodowa Konferencja na temat: „Systemy satelitarne i symulacyjne w lotnictwie" zmusiła autora do użycia aż dwóch form w metodzie ocen ekspertów. Okazało się bowiem, że grupa ekspertów pracująca komisyjnie, podporządkowała wewnętrzną logikę badanego problemu potrzebie znalezienia kompromisu. W tej dyskusji niektórzy eksperci skłonni byli zmieniać swoje stanowiska, inni w ogóle nie wypowiadali się, a jeszcze inni obstawali przy swoich stanowiskach i to nie tyle ze względów merytorycznych, co ambicjonalnych. Toteż zdając sobie sprawę z niedoskonałości tej metody komisyjnej, a jednocześnie chcąc uzyskać obiektywne wyniki dalszych prac badawczych, zastosowano drugą formę ocen ekspertów - wariant delficki. Był on bardziej złożony, sformalizowany, ale co najważniejsze - eliminował zupełnie bezpośredni kontakt ekspertów.

### 1.7.4. Metoda eksperymentalna

Najistotniejszym elementem prowadzonych badań był eksperyment naukowy. Prowadzony był w dwóch formach: laboratoryjnej i naturalnej. Forma laboratoryjna miała dać odpowiedź na pytanie: w jakie systemy pokładowe należy wyposażyć samoloty wykorzystywane w WSOSP? Forma naturalna eksperymentu naukowego przyczyniła się do określenia zakresu i sposobu wykorzystania w WSOSP systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym. Prawie wszystkie prowadzone eksperymenty były eksperymentami lotniczymi. Przeprowadzenie ich umożliwiło uzyskanie odpowiednich argumentów i pomogło w weryfikacji hipotez roboczych. Warto zaznaczyć, iż były to pierwsze w kraju tego typu eksperymenty.

Pierwszy eksperyment laboratoryjny został przeprowadzony w dniu 14.05.1992 roku (załącznik 2) na terenie Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych. Odbiorniki systemu satelitarnego GPS zostały zamontowane na pokładach śmigłowców wykonujących lot po wcześniej, ściśle określonej trasie. Celem tego eksperymentu było sprawdzenie pracy odbiorników satelitarnych na pokładach statków powietrznych. Poprzez porównanie wskazań odbiorników GPS z danymi geo-

dezyjnymi dokonano pierwszych sondaży co do możliwości techniki satelitarnej w zabezpieczeniu lotu po trasie. Eksperyment naukowy przebiegał według kolejnych etapów. Najpierw zaplanowano trasę przelotu, wybrano siedem punktów charakterystycznych i dokonano stosownych przeliczeń. Następnie koniecznym stało się przygotowanie śmigłowców do przeprowadzenia eksperymentu. Stąd też zostały wykonane prace techniczne pod nadzorem dwóch firm: niemieckiej SEL ALCATEL i francuskiej SEXTANT AVIONIQUE. Etapem trzecim była realizacja eksperymentu laboratoryjnego, czyli prowadzenie stosownych badań podczas przemieszczania się śmigłowców w aerosferze. W tym czasie oprócz odczytywania położenia przemieszczającego się obiektu, określono również położenie ściśle wyznaczonych wcześniej punktów w terenie, których dane geodezyjne były znane (pochodzące z obliczeń). W ten sposób uzyskane zostały wyniki, które następnie zestawiono w tabelach i wykorzystano do wyciągnięcia wniosków zawartych w niniejszej rozprawie.

Do eksperymentu włączono śmigłowce: Mi-8, Mi-14Pł i śmigłowiec W-3W „Sokół". W śmigłowcu W-3W „Sokół" zamontowano odbiornik firmy SEXTANT AVIONIQUE, a w śmigłowcach Mi-8 i Mi-14Pł zamontowano odbiorniki firmy SEL ALCATEL.

Współrzędne punktów odczytane były w zawisie na wysokości 50 metrów. Trasa lotu została zaprojektowana wokół lotniska Dęblin (mapa - załącznik 2). Punkty zmiany kursu wybrano mając na uwadze ich zewnętrzne cechy charakterystyczne umożliwiające pilotowi szybką ich identyfikację. Współrzędne tych punktów określono z map wydziału geodezji urzędu miasta Ryki i Dęblin. Współrzędne te nazwane zostały bazowymi.

Eksperyment rozpoczął się o godzinie $12^{00}$ 14.05.1992 roku. Zadaniem załóg śmigłowców było wykonanie zawisu nad punktem trasy oraz odczytanie i zanotowanie współrzędnych.

Po wykonaniu pomiarów dokonano porównania współrzędnych zmierzonych ze współrzędnymi określonymi z mapy oraz określono różnice między tymi wynikami. Wartości te przedstawiono w załączniku 2.

Z analizy rysunków (załącznik 2) wynika, że dokładność pomiaru zależy przede wszystkim od: typu śmigłowca, godziny wykonania pomiarów, aktualnego kursu statku powietrznego oraz użytego do pomiarów odbiornika sygnałów satelitarnych. Analizując wyniki całego eksperymentu zauważono, że najmniejszą różnicę między pomiarami w powietrzu, a pomiarami bazowymi uzyskano w godzinach południowych, w trakcie wykonywania lotu z kursem zachodnim.

Wykonany eksperyment i otrzymane rezultaty zachęciły do prowadzenia dalszych doświadczeń. Oceniono, iż wyposażenie statków powietrznych w tego typu urządzenia wyeliminowałoby z nawigacji pojęcie utraty orientacji geograficznej i pomogłoby w szkoleniu lotniczym, szczególnie młodych pilotów.

Kolejny eksperyment laboratoryjny wykonano w dniach 26 i 27 lipca 1993 roku (załącznik 3), dzięki współpracy z zespołem pracowników naukowych Olsztyńskiej Akademii Rolniczo-Technicznej. Metodą statyczną zmierzono współrzędne punktów w terenie. Celem przeprowadzonych pomiarów było określenie możliwości stworzenia bazy danych zawierających precyzyjne współrzędne punktów zmiany kursu tras lotniczych dla pilotów WSOSP wykonujących loty w rejonie lotniska Dęblin. Również i ten eksperyment przebiegał według trzech etapów. Najpierw wybrano 16 punktów charakterystycznych stałych tras lotniczych i dokonano stosownych przeliczeń geodezyjnych. Przygotowano precyzyjne statywy dla czterech odbiorników sygnałów satelitarnych GPS. Etapem trzecim była realizacja eksperymentu, czyli prowadzenie badań statycznych i porównywanie wyników ze współrzędnymi określonymi na podstawie mapy w ciągu ośmiu sesji pomocniczych rozłożonych na dwa dni.

Ustalono, iż sieć punktów GPS lotniska Dęblin powinna obejmować: jedenaście punktów zmiany kursu, trzy punkty określające pas startowy (jego początek, koniec oraz środek) i ważniejsze punkty radiotechniczne (załącznik 3).

Ustalono, że w pierwszej fazie pomiarów punkty nawigacyjne zostaną zastabilizowane rurkami żelaznymi, tak aby w późniejszym okresie wymienić je na słupki geodezyjne betonowe z podcentrami.

W celu umożliwienia odszukania miejsca stabilizacji punktów nawigacyjnych sporządzono dla nich dokładne opisy topograficzne.

Pomiary wykonano w dniach 26 - 27 lipca 1993 roku, metodą statyczną GPS przy użyciu 4 odbiorników dwuczęstotliwościowych typu Ashtech MD-XII. Metoda ta zakłada wykonanie jednoczesnych obserwacji na mierzonych punktach do 4 lub większej liczby satelitów. Na podstawie pomiaru fazy fali nośnej sygnału satelitarnego wyznaczono współrzędne wektorów łączących poszczególne punkty sieci. Technika ta w połączeniu z metodą różnicową umożliwiła eliminację niektórych istotnych błędów.

Przyjęto następujące parametry pomiarowe:

- minimalna wysokość satelitów nad horyzontem - $15^0$;
- interwał pomiarowy - 20 s;
- minimalna liczba satelitów - 3.

W celu nawiązania sieci punktów nawigacyjnych lotniska Dęblin do układu współrzędnych WGS'84 włączono do sieci punkt BG01 - BOROWA GÓRA. Punkt ten należy do sieci EUREF i jego współrzędne w układzie WGS'84 są znane.

Przed przystąpieniem do pomiarów zaprojektowano sesje obserwacyjne. Analizę warunków obserwacji przeprowadzono przy użyciu programu Multi Site Planning Mission dostarczonego przez firmę Ashtech. Przy planowaniu sesji uwzględniono liczbę satelitów znajdujących się w polu obserwacji oraz rozkład geometryczny satelitów (współczynnik PDOP). Przybliżone składowe wektorów sieci GPS zostały obliczone przy użyciu programu firmowego GPPS (GPS Post-Processing System). Ostatecznie opracowanie wykonano w Instytucie Geodezji i Fotogrametrii ART w Olsztynie.

Długość sesji pomiarowych wynosiła około dwóch godzin dla punktów nawigacyjnych i około jednej godziny dla punktów położonych w obrębie lotniska.

Wyrównanie sieci przeprowadzono wykorzystując program GEOLAB firmy BitWise Ideas Inc. Wyrównanie przeprowadzono w dwóch etapach: w pierwszym wyrównano sieć składającą się z punktów nawigacyjnych w nawiązaniu do punktu BG01 - BOROWA GÓRA, w drugim etapie wyrównano sieć punktów leżących

w obrębie lotniska w nawiązaniu do punktu nawigacyjnego 0011 - KOŃSKOWOLA.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów określono precyzyjnie współrzędne geodezyjne 16 punktów. Uzyskano w ten sposób bazę danych rozumianą jako punkt wyjściowy do dalszych badań mających w efekcie zagwarantować prawidłowość wykonania następnych eksperymentów lotniczych i zadań nawigatorskich przez pilotów Uczelni.

W październiku 1995 roku, po adaptacji odbiornika satelitarnego Garmin GPS 150, na pokładzie śmigłowca W-3W „Sokół" wykonano następny eksperyment laboratoryjny (załącznik 4), którego celem było określenie przydatności tego odbiornika podczas wykonywania zadań w specyficznym środowisku, jakim jest statek powietrzny (obiekt o sześciu stopniach swobody, podlegający znacznym przyśpieszeniom wzdłuż wszystkich osi). W trakcie realizacji eksperymentu wystąpiły problemy. Do najważniejszych zaliczono:

- konieczność nabycia umiejętności obsługi odbiornika pokładowego;
- montaż odbiornika satelitarnego na pokładzie śmigłowca W-3W „Sokół";
- prowadzenie badań bez nakładów finansowych, podczas standardowego szkolenia jednostki lotniczej.

Przyjęty cel badań oraz istniejące problemy stały się podstawą do sformułowania hipotez roboczych:

- obowiązujące normy, wytyczne i przepisy międzynarodowe, cywilne i wojskowe, zobowiązują wytwórców sprzętu lotniczego oraz jego użytkowników do montażu odbiorników satelitarnych typu GPS;
- istnieje ogromna różnorodność produkowanych odbiorników pokładowych typu GPS. Celowym jest określenie przez specjalistów wojskowych niezbędnych uwarunkowań, które musi spełniać pokładowy odbiornik satelitarny. Niezbędnym też się wydaje przeprowadzenie ekspertyz dotyczących zastosowania techniki satelitarnej do szkolenia lotniczego. Stąd też podjęto próbę określenia przydatności tego typu odbiornika.

- poznanie możliwości pokładowych odbiorników satelitarnych winno przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa w wykonywaniu lotów oraz wzrostu efektywności szkolenia lotniczego.

Weryfikacja powyższych hipotez wymagała zrealizowania następujących zadań:

- przetłumaczenia oryginalnej instrukcji na język polski (około 100 stron);
- nauki obsługi powyższego odbiornika;
- analizy ilościowej i jakościowej odbiornika pokładowego Garmin GPS 150 dla potrzeb militarnych, w tym do szkolenia pilotażowego i taktycznego;
- analizy przydatności satelitarnego odbiornika pokładowego w zakresie poszukiwania rozbitka na terenie zajętym przez przeciwnika.

Harmonogram realizacji eksperymentu obejmował:

- analizę literatury przedmiotu - styczeń 1995 roku;
- opracowanie ogólnej koncepcji eksperymentu;
- opracowanie narzędzi badawczych;
- przetłumaczenie podręcznika dla pilota - marzec 1995 roku;
- przeprowadzenie badań pilotażowych - maj 1995 roku;
- statystyczną analizę wyników badań - czerwiec 1995 roku;
- przeprowadzenie eksperymentu - październik 1995 roku;
- analizę ilościową i jakościową wyników badań - grudzień 1995 roku.

Po opracowaniu ogólnej koncepcji eksperymentu i wyborze narzędzi badawczych oraz przetłumaczeniu podręcznika dla pilota na język polski, zaprojektowano trasę lotu, uwzględniając siedem charakterystycznych punktów wokół lotniska w Dęblinie (mapa - załącznik 4), w tym cztery punkty zmiany kursu (PZK). Brano przy tym pod uwagę również ich zewnętrzne cechy charakterystyczne, umożliwiające pilotowi na ich wzrokową identyfikację.

Współrzędne wyżej wymienionych punktów określone zostały z map wydziału geodezji urzędów miasta Ryki i Dęblin, oraz określone w eksperymencie z 1993 roku. Kolejnym etapem było wykonanie dwukrotnego przelotu po określonej trasie z wykonaniem pomiarów współrzędnych określonych punktów, odczyta-

nie i ich zapis. Po wykonaniu pomiarów dokonano porównania współrzędnych określonych z mapy i zmierzonych w trakcie lotu przez pilota oraz zestawiono odpowiednie wyniki w tabeli 1.1. Uzyskane wyniki, relacje pilotów oraz dane uzyskane z analizy instrukcji zastosowania odbiornika umożliwiły wyciągnięcie wniosków zawartych w dalszej części niniejszej rozprawy.

Tabela 1.1.

**Zestawienie wyników eksperymentu z października 1995 roku**

| Numer punktu | X odczyt z mapy | X odczyt podczas lotu | X odczyt podczas lotu | Y odczyt z mapy | Y odczyt podczas lotu | Y odczyt podczas lotu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5714537 | 5714527 | 5714532 | 4560915 | 4560907 | 4560920 |
| 2 | 5713910 | 5713901 | 5713906 | 4561998 | 4561992 | 4561990 |
| 3 | 5713284 | 5713280 | 5713274 | 4563080 | 463085 | 4563078 |
| 4 | 5711372 | 5711386 | 5711370 | 4566380 | 4566384 | 466378 |
| 5 | 5650146 | 5650140 | 5650144 | 4635205 | 4635200 | 4635198 |
| 6 | 5651788 | 5651780 | 5651782 | 4623516 | 4623520 | 4623510 |
| 7 | 5647832 | 5647830 | 5647826 | 4624298 | 4624292 | 4624288 |

Dzięki uprzejmości Zarządu Topograficznego Sztabu Generalnego WP, który wypożyczył autorowi odbiornik pokładowy Trimble Flightmate GPS, możliwym stało się przeprowadzenie eksperymentu lotniczego, który miał dać odpowiedź na

pytanie, czy da się wykorzystać ten odbiornik GPS na samolocie odrzutowym TS-11 „Iskra". Tym bardziej, że już samo określenie: „Flight mate", oznacza „przyjaciel lotnika".

W związku z badaniami mającymi na celu modernizację pokładowego wyposażenia nawigacyjnego statków powietrznych w WSOSP, sformułowano hipotezy robocze, które miały ukierunkować ten eksperyment:

- w Polsce część statków powietrznych posiada już fabrycznie zakładane odbiorniki nawigacji satelitarnej np. typu Garmin GPS. Niestety ogromna większość wykazuje brak takiej aparatury na swoich pokładach. Stąd też uważa się, że w chwili obecnej celowe jest instalowanie odbiorników „Trimble Flightmate GPS", które zalegają w magazynach i składnicach MON;
- istnieje ogromna różnorodność produkowanych odbiorników pokładowych typu GPS. Celowym jest określenie przez specjalistów wojskowych warunków, które musi spełniać pokładowy odbiornik satelitarny. Niezbędnym też się wydaje przeprowadzenie ekspertyz dotyczących zastosowania techniki satelitarnej do szkolenia lotniczego. Stąd też podjęto próbę określenia przydatności konkretnego odbiornika satelitarnego typu „Trimble Flightmate GPS";
- poznanie możliwości pokładowych odbiorników satelitarnych winno przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa w wykonywaniu lotów oraz wzrostu efektywności szkolenia pilotażowego i taktycznego.

Podczas realizacji powyższego tematu korzystano z odbiorników pokładowych Trimble Flightmate GPS (numer 17310-24), które udało się wypożyczyć poprzez Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego WP.

Przygotowując się do przeprowadzenia eksperymentu musiano zrealizować następujące zadania:

- przetłumaczyć oryginalną instrukcję „TRIMBLE FLIGHTMATE GPS Pilot Operating Manual" na język polski (około 100 stron);
- nauczyć się obsługi powyższego odbiornika;

- przeprowadzić analizę ilościową i jakościową odbiornika pokładowego Trimble Flightmate GPS dla potrzeb militarnych, w tym do szkolenia pilotażowego i taktycznego;

Eksperyment lotniczy, o którym mowa, został przeprowadzony 12.04.1996 roku. Wiele trudności było z zaadaptowaniem odbiornika Trimble dla samolotu TS-11 „Iskra". Następnie zaprojektowano trasę lotu na wysokości 1000 metrów uwzględniając 5 punktów zmiany kursu (załącznik 5 - mapa). Była to znana pilotom trasa przebiegająca przez charakterystyczne punkty. Współrzędne punktów zmiany kursu odczytano z bazy danych uzyskanych w eksperymencie z lipca 1993 roku. Eksperyment przebiegał przy bardzo dobrej pogodzie. Na podstawie relacji pilotów i danych ze środków radiolokacyjnych (załącznik 5 - oleaty) przeprowadzono analizę przydatności tego odbiornika do wykorzystania na samolocie TS-11 „Iskra" w lotach trasowych.

Największą jego zaletą są gabaryty (szczególnie jeżeli musimy zaadaptować go dla potrzeb już eksploatowanego statku powietrznego) oraz niezawodność działania i dokładność określania pozycji (w ustabilizowanym locie poziomym). Ma on jednak i wady. Do nich przede wszystkim należy zaliczyć:

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

- brak jest tych odbiorników w polskiej wersji językowej (pomimo występowania ich w różnych wersjach językowych);
- w sposób jednoznaczny stwierdzono, że odbiornik Trimble Flightmate GPS powinien znaleźć się w zasobniku pilota, bowiem umożliwia przemieszczanie się do dowolnego miejsca o znanych współrzędnych (np. w awaryjnej sytuacji po opuszczeniu statku powietrznego).

W związku z przeznaczeniem samolotu TS-11 „Iskra" do szkolenia pilotażowego (jak to wynika z Programu Szkolenia Lotniczego na tym typie samolotu) i szkolenia taktyczno-bojowego (wynikającego z Programu Szkolenia Pułku Lotniczego, rozkazów przełożonych i decyzji dowódcy pułku do szkolenia na 1996 rok) podjęto próbę określenia możliwości zastosowania odbiornika satelitarnego GPS Trimble Flightmate do tego celu. Okazją do przeprowadzenia eksperymentu lotniczego były ćwiczenia pk. „DOL-96" i „ZLOT-96".

27.05.1996 roku, po dokładnym przygotowaniu samolotu i oprogramowaniu odbiornika (nowością było programowanie trasy we współrzędnych geograficznych $\varphi$ i $\lambda$ z dokładnością do setnych części minuty), wykonano lot eksperymentalny w bardzo trudnych warunkach atmosferycznych (bez możliwości obserwacji obiektów naziemnych). Trasa lotu przebiegała przez punkty zwrotne wyznaczone rozkazem Dowódcy WLOP (na załączonej mapie - załącznik 6), a celem wykonania zadania był lot na maksymalny zasięg samolotu z lądowaniem w ściśle wyznaczonym czasie na DOL (drogowym odcinku lotniskowym). Lot wykonywany był w składzie klucza lotniczego. Odbiornik Trimble Flightmate GPS zamontowany był w pierwszej kabinie samolotu prowadzącego. Nawigowanie za pomocą odbiornika kontrolowane było przez załogi samolotów prowadzonych. Pomimo trudnych warunków atmosferycznych eksperyment, dał odpowiedź na postawione pytanie dotyczące zastosowania go do wykonania tak skomplikowanego zadania. Na podstawie relacji pilota z wykorzystania odbiornika, zebranych danych z punktów radionawigacyjnych na trasie lotu (załączone oleaty - załącznik 6) oraz ocen z wykonania zadania (dokładność wyjścia na drogowy odcinek lotniskowy w czasie) wyciągnięto wniosek, iż niezbędne jest zainstalowanie tego typu urządzeń na samolotach i wykorzy-

stywania ich w trakcie szkolenia taktyczno-bojowego w WSOSP. Potwierdziły się jednak wady odbiornika Trimble Flightmate GPS z przeprowadzonego wcześniej eksperymentu.

Kolejny lot eksperymentalny przeprowadzono 24.06.1996 roku podczas ćwiczeń pk. „ZLOT-96". Miał on dać odpowiedź na pytanie dotyczące przydatności odbiornika do szkolenia taktyczno-bojowego. Programowanie odbiornika, tak jak w poprzednim eksperymencie odbyło się we współrzędnych geograficznych $\varphi$ i $\lambda$, z dokładnością do setnych części minuty, i obejmowało: lotnisko startu i lądowania, siedem punktów zwrotnych i poligon (w eksperymencie tym zaprogramowano cel uderzenia - sylwetkę samolotu na poligonie). Pięciokrotny pomiar metodą statyczną odbył się 10.06.1996 roku na poligonie Nadarzyce z użyciem odbiornika Trimble Flightmate GPS. Sam lot odbył się w zwykłych warunkach atmosferycznych, na wysokości 600 metrów, tak że pilot miał możliwość kontroli wskazań odbiornika satelitarnego i prowadzenia jednocześnie klasycznego nawigowania samolotu (załączona mapa - załącznik 6). Szczególne doświadczenia zdobyto podczas wykonania zadania bojowego na poligonie. Dokładność wskazań pilot porównywał z charakterystycznymi obiektami naziemnymi. Wyniki były bardzo zadowalające, a osiągnięta dokładność była wystarczająca dla potrzeb eksperymentu (oleaty - załącznik 6). Do najważniejszych wad tego odbiornika, tak jak już wcześniej wspominano, należy zaliczyć:

- zrywanie kontaktu z satelitami przy manewrach, tak poziomych, jak i pionowych (nawet przy tych niewielkich przeciążeniach rzędu $n_Z = 2$ g);
- brak możliwości zaprogramowania na ziemi całego lotu trasowego. Przeprogramować się na kolejne PZK trzeba w locie poziomym, po wyprowadzeniu już na domniemaną NLD (nakazaną linię drogi), co nie jest bezpieczne podczas lotów w ograniczonym rejonie przy dużej liczbie samolotów, co zdarza się szczególnie podczas lotów taktyczno-bojowych;
- nie jest wyświetlana pełna nazwa punktu docelowego (istnieje więc możliwość pomyłki);

- brak możliwości kontroli wykonania zadania (urządzenie nie posiada opcji umożliwiającej wpisywanie do pamięci danych z wykonywanego lotu i późniejszą ich deszyfrację);
- w opcji nawigacja nie przewidziano wyświetlania czasu wyjścia nad obiekt wykonania zadania w godzinach, minutach i sekundach.

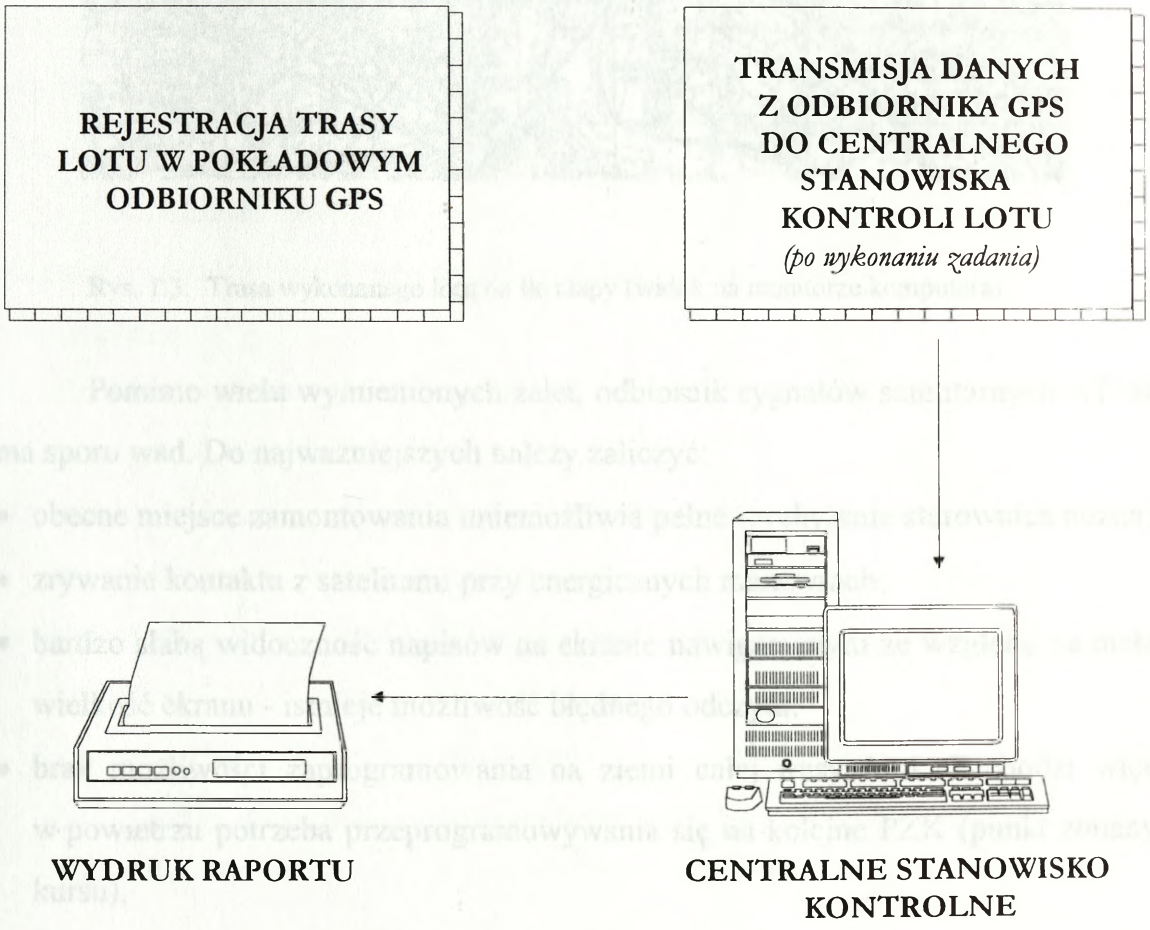
Opisane doświadczenia z wykonywanego lotu znalazły swoje miejsce w niniejszej rozprawie.

Dzięki podjętej współpracy z CBK PAN stało się możliwe przeprowadzenie eksperymentu lotniczego z wykorzystaniem polskiego odbiornika satelitarnego GPS NT04 zamontowanego na samolocie TS-11 „Iskra". Eksperyment ten został poprzedzony przygotowaniem samolotu i adaptacją odbiornika do tego celu pod nadzorem firmy POLSPACE. Odbyło się przeszkolenie załogi z obsługi urządzenia. Na pokładzie samolotu zamontowano również rejestrator lotów zbierający dane z odbiornika NT04. Wykonano kilka lotów umożliwiających załodze jego praktyczną obsługę. Następnie, po zaprogramowaniu punktów zwrotnych ściśle określonej trasy lotu, w dniu 15.10.1996 roku został przeprowadzony eksperyment lotniczy. Był to pierwszy tego typu eksperyment w Polsce, w którym możliwe było, natychmiast po wylądowaniu załogi, prześledzenie lotu na tle mapy na komputerze, natychmiastowe określenie błędów popełnionych przez pilotów oraz wydrukowanie trasy lotu na drukarce (rys. 1.3.). Uzyskane w ten sposób wnioski z eksploatacji odbiornika NT04 oraz uzyskane wyniki przedstawiono w następnych rozdziałach. Wnioski wynikające z tego eksperymentu oraz zebrane doświadczenia przy testowaniu odbiornika GPS NT04 umożliwiają dalsze prace zmierzające do stworzenia uniwersalnego modelu odbiornika, w celu zastosowania go na samolotach w lotnictwie wojskowym.

Wyniki otrzymane w czasie trwania eksperymentu są bardzo istotne dla oceny wykonanego lotu. Potwierdziły one rzeczywiste warunki lotu. Zaproponowany system może być stosowany jako urządzenie do Obiektywnej Kontroli Lotów (OKL):

- w czasie wykonywania lotów dla potrzeb sprawdzenia umiejętności pilota w nawigowaniu po trasie;

- w locie do strefy pilotażu w rejonie lotniska;
- w strefie rozpoznania powietrznego i wykonanych tam manewrów;
- utrzymania miejsca w tych nakazanych strefach;
- lotów na zastosowanie bojowe na poligonie lotniczym;
- w lotach według przyrządów w trudnych warunkach atmosferycznych (TWA) po systemie, do strefy pilotażu i po trasie bez widzialności ziemi.




Rys. 1.2. Schemat kontroli wykonania zadania zastosowany podczas prowadzenia eksperymentu z odbiornikiem NT04

Rys. 1.3. Trasa wykonanego lotu na tle mapy (widok na monitorze komputera)

Pomimo wielu wymienionych zalet, odbiornik sygnałów satelitarnych NT 04 ma sporo wad. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- obecne miejsce zamontowania uniemożliwia pełne wychylanie sterownicą nożną;
- zrywanie kontaktu z satelitami przy energicznych manewrach;
- bardzo słabą widoczność napisów na ekranie nawigacyjnym ze względu na małą wielkość ekranu - istnieje możliwość błędnego odczytu;
- brak możliwości zaprogramowania na ziemi całej trasy lotu. Zachodzi więc w powietrzu potrzeba przeprogramowywania się na kolejne PZK (punkt zmiany kursu);
- brak informacji na ekranie o parametrach lotu (prędkości i czasu lotu do celu);
- brak możliwości zapamiętywania potrzebnych punktów ze zbioru, bez konieczności ich przeszukiwania;
- brak informacji o przelocie zaprogramowanego punktu;
- brak informacji o wartości poprawek LBO (liniowe boczne odchylenie) i KBO (kątowe boczne odchylenie);

- brak informacji o kursie do PZK;
- konieczne jest pomalowanie na czarno-matowo anteny, ze względu na jej odbicia w kabinie;
- brak możliwości wprowadzenia pełnych nazw WPT (wyjściowy punkt trasy), PZK, KPT (końcowy punkt trasy);
- brak wyświetlania pełnego czasu (godziny, minuty, sekundy) oraz jednostek prędkości.

Po zakończonym eksperymencie odbyło się spotkanie z głównym konstruktorem odbiornika NT04, na którym omówione zostały wyniki lotu oraz wyciągnięto wnioski i zaproponowano postulaty do wdrożenia przy konstruowaniu satelitarnych odbiorników lotniczych. Wyciągnięte wnioski zawierały doświadczenia ze wszystkich dotychczas wykonanych eksperymentów lotniczych (od 1992 roku).

Jako wnioski zaproponowane zostały dwie grupy postulatów do wprowadzenia przy konstrukcji satelitarnych odbiorników lotniczych:

**a/ ergonomia**

- obudowa pionowa (do umieszczenia po prawej stronie celownika [na samolocie TS-11 „ISKRA"]),
- zmiana wyświetlacza (jaśniejszy z większym kontrastem - np. typu jak w Trimble Flightmate - większe i czytelniejsze znaki), pożądana osłona ocieniająca wyświetlacz oraz wprowadzenie niektórych sygnałów w formie kolorowych LED-ów,
- powiększenie niezbędnych parametrów (wysokość, kurs, prędkość, odległość i czas dolotu do punktu) na wyświetlaczu, inne (np. pozycja) - włączane na żądanie,
- zmiana klawiatury (mniej klawiszy, klawisze obramowane),
- uproszczenie obsługi (inaczej zorganizowane menu, baza danych i możliwość programowania całego lotu po trasie),
- zmiana sposobu zobrazowania „steruj w lewo - steruj w prawo", tak by było możliwe pokazanie stopnia odchyłki od kursu i odległości,
- obudowa i antena umieszczana pod owiewką - kolor czarny mat (w celu unik-

nięcia refleksów).

**b/ funkcje nawigacyjne**

- nacisk na wyświetlanie parametrów typowo nawigacyjnych (wysokość, kurs do najbliższego punktu, kurs od najbliższego punktu do punktu następnego, prędkość, odległość i czas dolotu do punktu, czas wyjścia na cel i kalkulowana prędkość - dokładność sekundowa),
- wprowadzenie sygnalizacji zbliżania się do punktu, osiągnięcia go i jego przekroczenia (np. przy pomocy dwukolorowego LED-u: żółty kolor - odległość w promieniu np. 10 km, czerwony kolor - odległość np. 500 m, czerwony migający - sygnalizujący, po wejściu w okolice punktu, wzrost do tej pory zmniejszającej się odległości - tzn. ominięcie punktu),
- możliwość wprowadzenia trasy (kolejne punkty pobierane z bazy) i automatyczna kalkulacja kolejnych etapów (potwierdzana klawiszem po minięciu punktu),
- możliwość ingerencji we wprowadzoną trasę (pominięcie punktu etapowego),
- baza punktów zawierająca pozycje krajowych lotnisk i środków radionawigacyjnych,
- nazwa punktów w bazie: większą liczbę znaków dostępnych w polu nazwy oraz wyszukiwanie punktów poprzez podanie nazwy,
- możliwość alarmowej kalkulacji drogi do dowolnego punktu (w szczególności do najbliższego lotniska),
- możliwość obliczania poprawki na wiatr (automatycznego - pilot decyduje czy jest ona wiarygodna czy nie, lub półautomatycznego - po naciśnięciu klawisza w warunkach ustalonych).

W prezentowanej wersji odbiornik satelitarny NT 04 nie nadaje się do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP.

Przeprowadzone eksperymenty i zebrane opinie od pilotów w pełni potwierdziły potrzebę wprowadzenia tego typu urządzeń na pokłady statków powietrznych eksploatowanych w WSOSP. Szczególne zaangażowanie i zainteresowanie prowa-

dzonymi badaniami przejawiali młodzi piloci i podchorążowie, ze względu, na ich niewielkie doświadczenie w użyciu klasycznej awioniki statków powietrznych przez nich pilotowanych. Autor jest świadom tego, że dzięki temu, iż uczestniczył w większości przeprowadzonych eksperymentów jako pilot, mógł się w pełni odpowiedzialnie wypowiedzieć na temat funkcjonowania odbiorników satelitarnych w powietrzu. Udało się prowadzić wywiady i zbierać opinie od personelu latającego w sposób swobodny, ponieważ znana była mentalność oraz specyficzny, techniczny sposób wypowiadania się respondentów.

### 1.8. Układ ogólny rozprawy

Na pokładach współcześnie konstruowanych statków powietrznych znajdują się całe zestawy nawigacyjno-celowniczo-sterujące, które pracują również w oparciu o technikę satelitarną. Umożliwiają one utrzymanie z dużą dokładnością swojego położenia przestrzennego. Dzięki nim możliwe jest programowanie i wykonanie skomplikowanych zadań lotniczych. Jednak wykorzystanie ich możliwości warunkuje odpowiednie przygotowanie użytkowników. Oznacza to konieczność odpowiedniego określenia zastosowania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP.

Biorąc pod uwagę doświadczenia oraz przyszłe statki powietrzne, którymi dysponować będą jednostki lotnicze WSOSP, należy przewidywać konieczność posiadania docelowej koncepcji zastosowania systemów satelitarnych. Tym bardziej, iż w warunkach ewentualnych działań wojennych niezbędne jest wykorzystywanie techniki satelitarnej, co potwierdzają konflikty lokalne. Powyższe uwarunkowania zainspirowały autora niniejszej dysertacji do podjęcia pogłębionych badań problematyki użycia techniki satelitarnej w szkoleniu lotniczym WSOSP. Natomiast zrealizowanie rozprawy doktorskiej, zaprezentowanie wyników badań i wyciągnięcie z nich wniosków możliwe stało się dzięki przyjęciu określonej koncepcji rozprawy.

W rozdziale pierwszym przedstawiono metodologiczne aspekty przeprowadzonych badań. Ukazano przesłanki techniczne i ekonomiczne, które stały się inspiracją do podjęcia tematu rozprawy. Przedstawione zostały wyniki analizy literatury krajowej i zagranicznej oraz czynniki stymulujące potrzeby wykorzystania systemów satelitarnych w szkoleniu lotniczym. Dokonano również szczegółowego przedstawienia organizacji i przebiegu badań.

W trakcie studiowania literatury przedmiotu i formułowania koncepcji badań, niezbędnym okazało się poznanie aktualnego stanu systemów satelitarnych. Dlatego w rozdziale drugim ujęta została geneza rozwoju i zaprezentowano działające systemy satelitarne. Omówiono w nim uwarunkowania fizyczne funkcjonowania satelitów oraz przedstawiono systemy satelitarne wykorzystywane w szkoleniu lotniczym w krajach członkowskich NATO.

Starając się wypracować pogląd na temat docelowego wykorzystania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP należało określić potrzeby i możliwości ich użycia. W związku z tym w rozdziale trzecim zaprezentowano analizę i ocenę potrzeb oraz możliwości zastosowania w tej Uczelni techniki satelitarnej do szkolenia lotniczego. Rozważono w nim możliwości wykorzystywania systemów satelitarnych przed i po wstąpieniu Polski do NATO.

Po weryfikacji wyników badań, sformułowaniu wniosków i ostatecznym rozwiązaniu problemów badawczych, w rozdziale czwartym przedstawiono koncepcję docelowego wykorzystania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP. Przedstawiono założenia do militarnego użycia systemów satelitarnych przed i po pełnej integracji z NATO. Określono w nim przeznaczenie i zakres wykorzystania systemów satelitarnych w szkoleniu dowództw, sztabów i załóg statków powietrznych.

Należy zaznaczyć, że praca ta zawiera osadzoną w realiach koncepcję szkolenia lotniczego z wykorzystaniem systemów satelitarnych w WSOSP. Rozpatrzono w niej również możliwe zastosowania w całych polskich siłach powietrznych. Rezultaty przeprowadzonych badań oraz wynikające z nich wnioski zaprezentowane w niniejszej rozprawie adresowane są do szerokiego grona pilotów, nawigatorów i

sztabowców jednostek wchodzących w skład WSOSP. Mogą być również wykorzystane przez kadrę dydaktyczną Uczelni, jak również i decydentów mogących spowodować materializowanie się przedstawionej koncepcji szkolenia lotniczego. Pomimo dostrzeganych przez autora ograniczeń, może być ona wdrożona do realizacji w całych polskich siłach powietrznych.

*

*  *

Wykorzystane metody badawcze, które opisano powyżej, były w zasięgu autora. Pierwotnie zamierzano przeprowadzić znacznie szersze eksperymenty naturalne, ale wobec znacznych ograniczeń finansowych (materiałowych) trzeba było ograniczyć rozmach i liczbę prowadzonych eksperymentów. Te, które udało się przeprowadzić, w połączeniu z pozostałymi metodami badań opisanymi wcześniej, umożliwiły zweryfikowanie sformułowanych hipotez i dostarczyły wniosków do opracowania założeń koncepcji przedstawionej w rozdziale czwartym. W części analitycznej, a więc w rozdziałach drugim i trzecim, także wykorzystano wnioski uzyskane we wstępnym etapie badań. Do najważniejszych z tych wniosków należą:

- kończące się resursy nawigacyjnych naziemnych systemów radiotechnicznych uniemożliwiają dalsze ich wykorzystanie, a odnawianie tego parku sprzętowego jest niecelowe;
- satelitarne systemy w pełni spełniają wymagania współczesnego lotnictwa (zasięg, niezawodność, dokładność, wiarygodność);
- technika satelitarna potwierdziła swoje zalety podczas ostatnich konfliktów lokalnych;
- systemy satelitarne w szkoleniu lotniczym wykorzystywane są powszechnie. Najszerzej wykorzystują je Stany Zjednoczone i Francja - pozostałe państwa w zależności od dostępności i możliwości finansowych;

- przywiązuje się w tych państwach olbrzymią uwagę do odpowiedniego przygotowania teoretycznego pilotów (załóg) przed rozpoczęciem szkolenia praktycznego z użyciem systemów satelitarnych;
- do szkolenia lotniczego w pełni wykorzystuje się satelitarny system nawigacyjny i jego połączenie z satelitarnym systemem telekomunikacyjnym. Pozostałe systemy satelitarne wykorzystywane są jako wspomagające i zabezpieczające proces praktycznego szkolenia lotniczego;
- pomimo występowania dwóch globalnych systemów nawigacyjnych GPS NAVSTAR i GLONASS, w szkoleniu lotniczym w NATO do celów militarnych wykorzystuje się tylko system GPS NAVSTAR;
- szkolenie lotnicze w większości krajów prowadzi się w oparciu o lokalne i obszarowe systemy różnicowe;
- wykonywanie lotów we wspólnej przestrzeni powietrznej z cywilnymi statkami powietrznymi implikuje konieczność wykorzystania systemów satelitarnych.

Jest sprawą oczywistą, że podczas prowadzonych badań wyłaniało się szereg problemów. Najistotniejszym okazało się pozyskanie do celów badań lotniczych odbiorników satelitarnych. Możliwe to się stało dzięki współpracy z Centrum Badań Kosmicznych PAN. Kolejnym, o wiele trudniejszym zadaniem, była adaptacja ich dla określonych statków powietrznych.

## 2. GENEZA ROZWOJU I STAN SYSTEMÓW SATELITARNYCH

W bezchmurną noc można śledzić wzrokowo sztuczne satelity[65] Ziemi okrążające nasz glob. W kosmosie krąży już kilkanaście tysięcy obiektów, w tym „zagubione" przedmioty. Interesujące ze względu na temat pracy są 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[66].

Rozpoczęcie działań zmierzających do militaryzowania kosmosu było nie tylko osiągnięciem naukowym i technicznym, ale również aktem politycznym o ogromnym znaczeniu. W latach sześćdziesiątych znacznie przyspieszono programy kosmiczne oraz moment lądowania Amerykanów na Księżycu. Nie pozostało to bez wpływu na dalsze wyniki rywalizacji w tej dziedzinie.

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. Potencjał militarny, 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.

---

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

[66] 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.

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 koalicje państw. Mamy otwartą drogę do NATO i uzasadnioną nadzieję na korzystanie z infrastruktury kosmicznej tego państwa.

## 2.1. Uwarunkowania fizyczne funkcjonowania satelitów

Zgodnie z porozumieniami międzynarodowymi[67] przestrzeń powietrzną traktowano zawsze jako integralną część obszaru przynależnego do określonego państwa. Nie ma wątpliwości, że wtargnięcie jakiegokolwiek nie upoważnionego statku powietrznego w obszar powietrzny innego państwa stanowi pogwałcenie prawa. Wobec tego, kto prawo to naruszył, mogą być stosowane różne represje, do jego zniszczenia włącznie. Znane są wypadki celowych i mimowolnych przelotów statków powietrznych nad obszarami niedozwolonymi zakończone zestrzeleniem tych statków. Bezbłędnie można określać, kiedy następuje pogwałcenie prawa, ponieważ definicje przestrzeni powietrznej i statku powietrznego interpretowane są jednoznacznie. Praktycznie statki powietrzne nie przekraczają wysokości lotu 20-30 kilometrów. Statki pasażerskie wznoszą się nad Ziemię nie wyżej niż 12-15 kilometrów.

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 ustalono jeszcze granicy, od której liczy się przestrzeń kosmiczna. Natomiast liczba zawartych porozumień międzynarodowych i dwustronnych między supermocar-

---

[67] Najbardziej znanym porozumieniem jest konwencja o lotnictwie cywilnym podpisana 7 grudnia 1944 r. w Chicago. Konwencja ta jest podstawą do określania warunków użytkowania przestrzeni powietrznej przy zawieraniu porozumień między zainteresowanymi państwami i na forum międzynarodowym.
Tekst konwencji ogłoszono w Dzienniku Ustaw z 1959 r., nr 35, pozycja 212 z późniejszymi zmianami.

stwami 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.

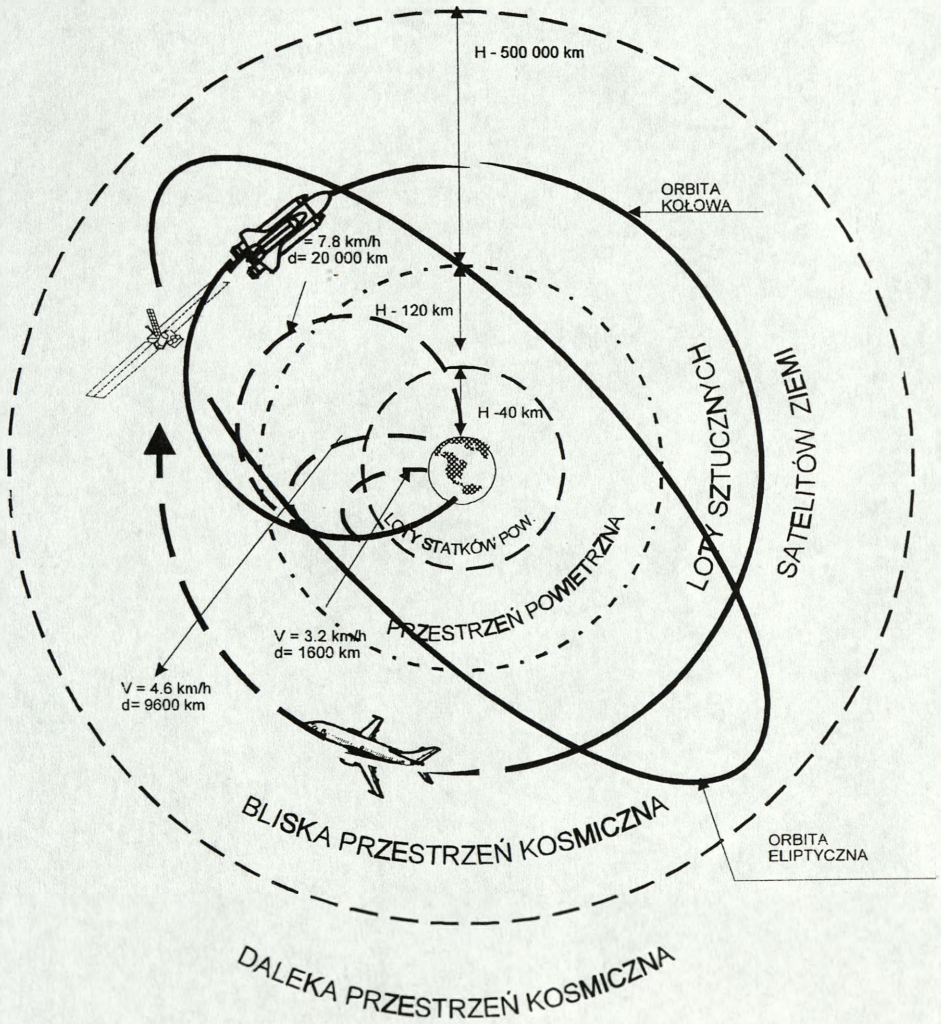
Ziemia jest dotychczas jedynym znanym ośrodkiem życia w bezkresnym wszechświecie. Tę niezmiernie drobną cząstkę kosmosu ludzie poznali najpełniej. Tutaj też toczyli między sobą starcia zbrojne. Od tysięcy lat interesowano się także dostrzeganymi planetami należącymi do Układu Słonecznego. Stwierdzono, że Ziemię, jedną z planet tego Układu, otacza atmosfera grubości rzędu 2000 kilometrów. Zawiera ona przy powierzchni Ziemi około 78% azotu, 21% tlenu, 1% argonu i dwutlenku węgla oraz znikome domieszki innych gazów i pyłów. Gęstość gazów maleje wraz ze wzrostem odległości od powierzchni Ziemi[68]. W atmosferze ziemskiej i poza nią wyróżnia się charakterystyczne warstwy i strefy (rys. 2.1.). 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.

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 kilometrów. 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 siła tarcia praktycznie nie występuje.

[68] Encyklopedia Powszechna, Wyd. PWN, Warszawa 1973, t. 1, s. 154.

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




Rys. 2.1. Loty w środowisku otaczającym Ziemię

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

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

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

d - odległość od Słońca;

m - masa danej planety wyrażona w ułamkach masy Słońca.

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

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[69], pozostałe trzy - Johann Kepler[70]. Prawo powszechnego ciążenia 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[71] uniwersalną, mającą tę samą wartość dla wszystkich par ciał.

---

[69] Encyklopedia Powszechna, Wyd. PWN, Warszawa 1975, t. 3, ss. 257-258.

[70] Tamże, t. 2, s. 455.

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

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[72]. 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[73].

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

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

Tak więc oddziaływanie małych obiektów kosmicznych (małych w skali kosmicznej, a nie ziemskiej) można pomijać. Natomiast istotny jest wpływ obiektów o większych masach. Na pojazd kosmiczny działa w locie wiele sił, których źródłem są różnorodne ciała niebieskie (rys. 2.2.).

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:

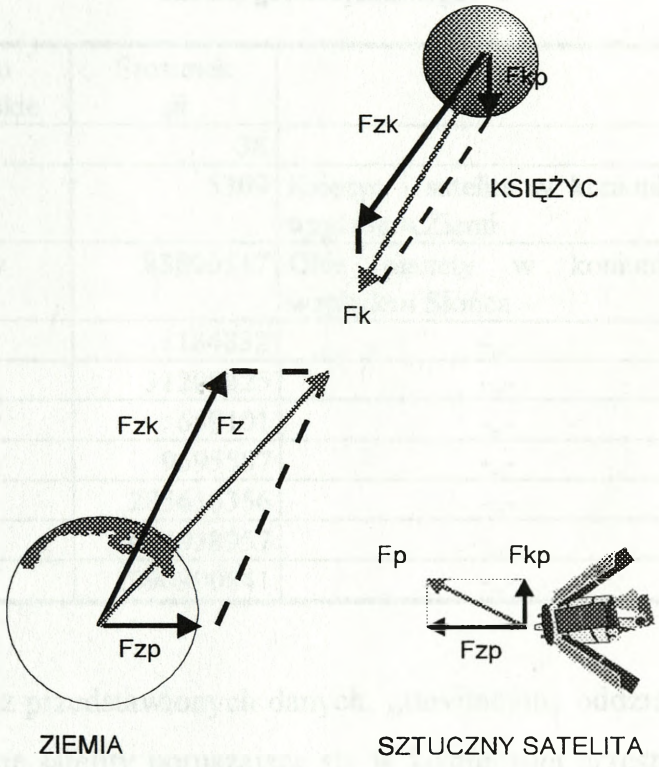
$$F_z = G \frac{m \cdot M_z}{r^2_z}$$

[72] Szczególnym przypadkiem elipsy jest okrąg.

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.




Rys. 2.2. Oddziaływanie między Ziemią, Księżycem i satelitą

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

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

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

W tabeli 2.1. zestawiono wartości stosunków sił grawitacji Ziemi i wybranych ciał niebieskich działających na sztucznego satelitę znajdującego się na orbicie geostacjonarnej, to znaczy o promieniu $r_z$=42250 kilometrów.

Tabela 2.1.

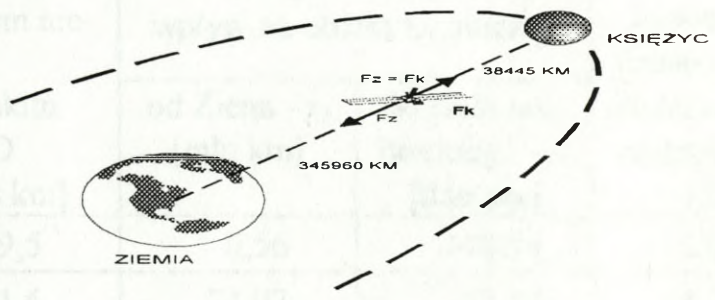
**Stosunek sił grawitacji Ziemi i wybranych ciał niebieskich działających na satelitę geostacjonarnego**

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

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

Rozumowanie powyższe można uogólnić. W kosmosie istnieją pewne obszary, w których na lot sztucznych obiektów mają istotny wpływ jedynie pojedyncze ciała niebieskie. Obszary te nazywane są strefami aktywności ciał. Istnieją też oczywiście obszary, gdzie oddziaływanie dwóch lub więcej ciał należy uwzględniać przy przewidywaniu ruchu sztucznych satelitów. Na przykład w odległości około 346000 km od Ziemi równoważy się wpływ Ziemi i Księżyca (rys. 2.3.).

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




Rys. 2.3. Równoważenie się oddziaływania Ziemi i Księżyca na sztucznego satelitę

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

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

od Ziemi.

Tabela 2.2. zawiera odległości satelitów od Ziemi i ciał w Układzie Słonecznym, w których następuje równoważenie oddziaływań.

Jak wynika z tabeli 2.2. (kolumna 3), współmierne oddziaływanie Ziemi i innych planet zaznacza się w dużych odległościach od naszego globu. Przy obec-

nym zasięgu lotów kosmicznych, szczególnie o przeznaczeniu wojskowym, na ogół znaczenie ma tylko wpływ grawitacyjny Ziemi, Słońca i Księżyca.

Tabela 2.2.

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

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

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:

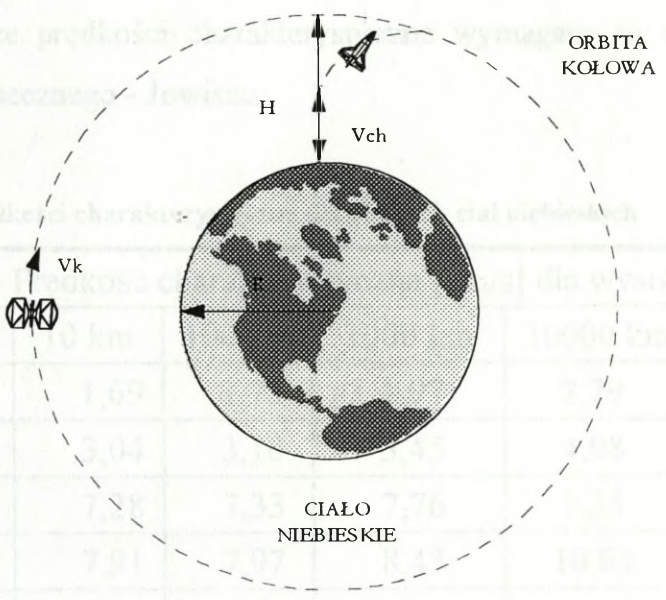
- prędkość charakterystyczną,
- pierwszą prędkość kosmiczną (prędkość kołową),

- 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. 2.4.)

Prędkość charakterystyczną można wyznaczyć, rozpatrując energie posiadane przez obiekt na powierzchni ciała niebieskiego i na orbicie kołowej.




Rys. 2.4. Umieszczenie satelity na orbicie kołowej

Energie te muszą być sobie równe:

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

czyli

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

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

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

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

Tabela 2.3, 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 2.3.

**Prędkości charakterystyczne dla różnych ciał niebieskich**

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

Zgodnie z danymi, zamieszczonymi w tabeli 2.3, prędkość charakterystyczna odnosząca się do orbity położonej tuż przy powierzchni ciała niebieskiego ma najmniejszą wartość. A co stanie się z obiektem wynoszonym w przestrzeń z prędkością mniejszą niż $v_{ch}$? Nie utrzyma się ona na założonej orbicie wokół tego

ciała; spadnie na jego powierzchnię. Zasięg lotu jest proporcjonalny do nadanej prędkości.

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

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

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

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

Należy zwrócić uwagę (por. tabela 2.4.), że prędkości kołowe na orbitach wokół ciał dużych są większe. Maleją one ze wzrostem wysokości orbit. Porównując drugie kolumny tabel 2.3. i 2.4. 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 autor rozpatrywał sytuacje, w których obiekty kosmiczne były wysyłane w przestrzeń wokół ciał niebieskich z taką prędkością charakterystyczną $v_{ch}$, aby na orbicie kołowej osiągnąć prędkość kołową $v_k$. Co jednak stanie się, gdy obiekt osiągnie na orbicie prędkość większą niż $v_k$, to znaczy: $v=\gamma v_k$ ($\gamma>1$)? Otóż będzie wtedy poruszał się nie na orbicie kołowej, lecz eliptycznej, a ciało niebieskie będzie w jednym z ognisk tej elipsy (rys.2.5).

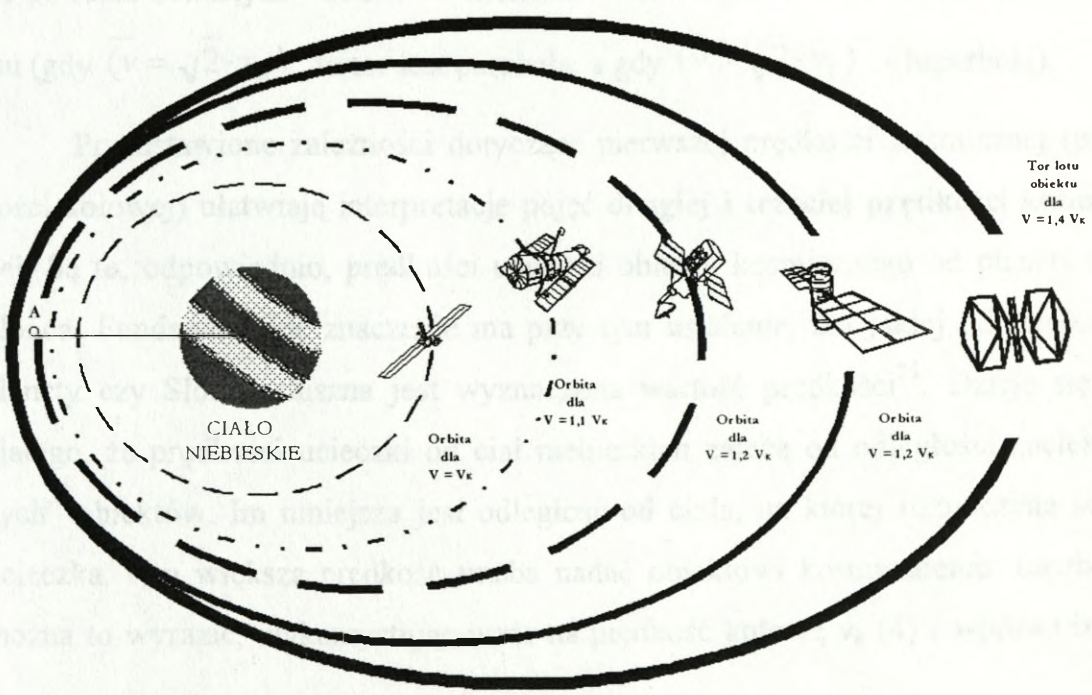
Energia całkowita ciała (potencjalna i kinetyczna łącznie) w punkcie A wynosi:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2{}_k \left(\gamma^2 - 2\right) \qquad (5)$$

Tabela 2.4.

**Prędkości charakterystyczne dla różnych ciał niebieskich**

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




Rys. 2.5. Kształty orbit w zależności od prędkości ruchu obiektów kosmicznych

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

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

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

1) jeżeli prędkość obiektu w pewnej odległości od ciała nie jest mniejsza od prędkości kołowej $v_k$ dla tej wysokości[74], lecz mniejsza niż $v_k\sqrt{2} \cdot (v_k \leq \bar{v} < \sqrt{2} \cdot v_k)$, 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);

2) jeżeli prędkość w pewnej odległości od ciała jest co najmniej $\sqrt{2}$ razy większa od prędkości kołowej $v_k$ dla tej wysokości $(\bar{v} \geq \sqrt{2} \cdot v_k)$, to obiekt porusza się po torze otwartym - ucieka do nieskończoności i nie wraca ku ciału niebieskiemu (gdy $(\bar{v} = \sqrt{2} \cdot v_k)$, 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[75]. 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

---

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

[75] 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.

czynnik $\sqrt{2}$, wynikający z przeprowadzonych powyżej rozważań o kształtach torów lotu obiektów kosmicznych:

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

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) - tabela 2.5.

Tabela 2.5.

**Druga i trzecia prędkość kosmiczna dla wybranych ciał niebieskich**

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

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

Warto również zwrócić uwagę na fakt, że w celu wysłania obiektu poza Układ Słoneczny z powierzchni Ziemi nie trzeba mu nadawać prędkości zamieszczonej w trzeciej kolumnie tabeli 2.5. (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 wyślemy obiekt w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu Ziemi[76], wystarczy mu w praktyce nadać prędkość względem Ziemi około 16,7 km/s. Podana wartość jest wyznaczona z wykorzystaniem obliczeń numerycznych i wynika z uwzględnienia wzajemnych oddziaływać Słońca, Ziemi i obiektu kosmicznego.

Wartości drugiej i trzeciej prędkości kosmicznej maleją ze wzrostem odległości od ciała niebieskiego. W odniesieniu do trzeciej prędkości widać to w tabeli 2.5. Zależność wartości drugiej prędkości kosmicznej względem Ziemi od odległości od naszej planety ilustruje tabela 2.6.

Tabela 2.6.

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

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

**Okres obiegu satelity po orbicie kołowej**

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

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

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

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

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

a stąd wynika, że wysokość jego orbity wynosi:

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

Wysokości orbit satelitów stacjonarnych dla poszczególnych planet Układu Słonecznego zestawione są w tabeli 2.7. Dane w niej przedstawione wymagają komentarza. Otóż w kolumnie trzeciej zostały zamieszczone wysokości orbit satelitów stacjonarnych. Dla Merkurego i Wenus ma to tylko znaczenie teoretyczne, wyznaczone orbity leżą bowiem poza strefą aktywności tych planet, nie można więc umieścić satelitów na wyznaczonych orbitach kołowych.

Jak wspomniano, satelity znajdujące się na wymienionych w tabeli 2.7. orbitach są „zawieszone" nad wybranym punktem planety. Warunki obserwacji z takiego satelity (pomijając inne czynniki, jak na przykład przezroczystość atmosfery) są najlepsze na Marsie (najmniejsza odległość od powierzchni planety), a najgorsze na Plutonie.

Zgodnie z zależnością (7), satelity umieszczone na orbitach niższych niż podane w tabeli 2.7. mają okres obiegu krótszy niż okres obrotu planety wokół jej osi. Umożliwia im to kilkakrotny przelot nad wybranymi obszarami w ciągu jednej „doby planetowej". Jeżeli natomiast satelita znajduje się na orbicie wyższej, niż wykazana w tabeli 2.7., nie obiega planety nawet raz w ciągu jednej „doby".

Tabela 2.7.

**Wysokość orbit satelitów stacjonarnych**

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

## 2.2. Satelity rozpoznawcze

Na miano pierwszego sztucznego satelity rozpoznawczego zasługuje amerykański Explorer[77], 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 informację o wystrzeleniu załogowego statku kosmicznego dopiero po jego pomyślnym usytuowaniu na orbicie.

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

W efekcie powyższego dysponujemy danymi o systemach satelitarnych państw zachodnich, głównie USA.

Pod względem wykorzystywanej aparatury wyróżniane są satelity rozpoznawcze[78]: **fotograficzne, elektroniczne i telewizyjne.** Do aparatury pierwszej należą urządzenia zbierające informacje w podczerwieni, natomiast aparatura elektroniczna może funkcjonować w paśmie częstotliwości radiolokacyjnej lub radiowej.

Stosowane są też inne podziały, wynikające z przeznaczenia i środowiska rozpoznawania obiektów, co obrazuje tabela[79] 2.8.

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.

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

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

---

[78] Mała encyklopedia wojskowa, Wyd. MON, 1971, t. 3, s. 125.
[79] Na podstawie szczątkowych informacji wybranych z różnych wydawnictw.

Tabela 2.8.

## 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<br>długość - 8 m<br>średnica - 1,5 m<br>rodzaj orbity - biegunowa, eliptyczna (heliosynchroniczna)<br>wysokość orbity - 135-410 km<br>kąt nachylenia - 96°-110°<br>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<br>długość - 15,2 m<br>średnica - 3 m<br>rodzaj orbity - biegunowa, eliptyczna (heliosynchroniczna)<br>wysokość orbity (podstawowa) - 160-270 km<br>kąt nachylenia - 97°<br>czas pełnego obiegu orbity podstawowej - 89 minut<br>żywotność na orbicie - 261 dni | wykorzystywane od 1971 r.: na satelicie mogą być użytkowane jednocześnie dwa zestawy kamer fotograficznych:<br>a) szerokokątne do rozpoznania ogólnego;<br>b) o długich ogniskowych do rozpoznania szczegółowego (małe kąty widzenia);<br>przekazywanie wyników drogą radiową i przez zrzut na Ziemię naświetlonych błon. | żywotność pierwszej generacji wynosiła 52 dni<br>Zrzut błon w pierwszych latach użytkowania |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| KH-11 | USA | jak wyżej | masa - 13,6 t<br>długość - 19,5 m<br>średnica - 2 m.<br>rodzaj orbity - biegunowa, eliptyczna (heliosynchroniczna)<br>wysokość orbity - 250-530 km<br>kąt nachylenia - 97°<br>czas pełnego obiegu - 94 minuty<br>żywotność na orbicie - 110 dni | wykorzystywane od 1976 r.; wyposażenie i możliwości - jak wyżej;<br>przekazywanie wyników fotografowania drogą radiową w czasie zbliżonym do rzeczywistego | żywotność pierwszej generacji - 770 dni.<br>Przed wojną nad Zatoką Perską wystrzelono dodatkowe satelity |
| Samro (Satellite Militaire de Reconnaissance Optique) | Francja | Rozpoznanie ogólne wybranych obszarów i obiektów militarnych | wysokość orbity - 820 km | spodziewane wprowadzenie do użytku na początku lat dziewięćdziesiątych | jest to modyfikacja cywilnego satelity SPOT |
| SATELITY WCZESNEGO OSTRZEGANIA | | | | | |
| Imes (Integrated Missile Early Warning Satellite) | USA | wykrywanie startu rakiet balistycznych ze wszystkich rodzajów wyrzutni oraz wybuchów jądrowych | masa - 1,2 t<br>długość - 6,7 m<br>średnica - 2,7 m<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>żywotność na orbicie - nieograniczona<br>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<br>długość - 8,6 m<br>średnica - 2,7 m<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>żywotność na orbicie - nieograniczona<br>aparatura - czujniki podczerwieni i ultrafioletu oraz mierniki promieniowania jądrowego | wykorzystywane od 1973 r.; podobnie jak Imes;<br>w przyszłości mają być zastosowane detektory mozaikowe;<br>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 (Electronic Inteligence Ocean Reconnaissance Satellite) | USA | rozpoznawanie obiektów nawodnych i podwodnych oraz warunków hydrograficznych i atmosferycznych na użytek sił morskich USA i ich sojuszników (dla decydentów i środków uderzeniowych) | wysokość orbity - 1600 km<br>kąt nachylenia orbity - 65°<br>żywotność na orbicie - 1600 lat<br>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<br>kąt nachylenia orbity - 63°<br>żywotność na orbicie - 1600 lat<br>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.). | |

Przedstawione w tabeli 2.8. satelity są wyspecjalizowane głównie do rozpoznawania obiektów lądowych, morskich oraz powietrznych we właściwym im środowisku lub na Ziemi. Interesują nas satelity rozpoznawcze przydatne w rozpoznaniu wojskowym. Trudno jednak pominąć zupełnie inne statki kosmiczne, w tym załogowe, poza wymienionymi w tabeli 2.8.

Penetracja Kosmosu ma frapującą historię i przypomnienie ważniejszych wydarzeń umożliwia wyrobienie sobie sądów o możliwościach rozpoznawania Ziemi i Kosmosu. Od pierwszego lotu człowieka na pokładzie satelity (12.4.1961 r.) do lądowania na Księżycu (20.07.1969 r.) tylko zaledwie 8 lat. Wcześniej i później miały miejsce istotne wydarzenia. W 1960 r. Amerykanie umieścili na orbicie wokółziemskiej wojskowego satelitę ostrzegawczego Midas-2 i po nim satelitę z aparaturą telewizyjną Echo-1.

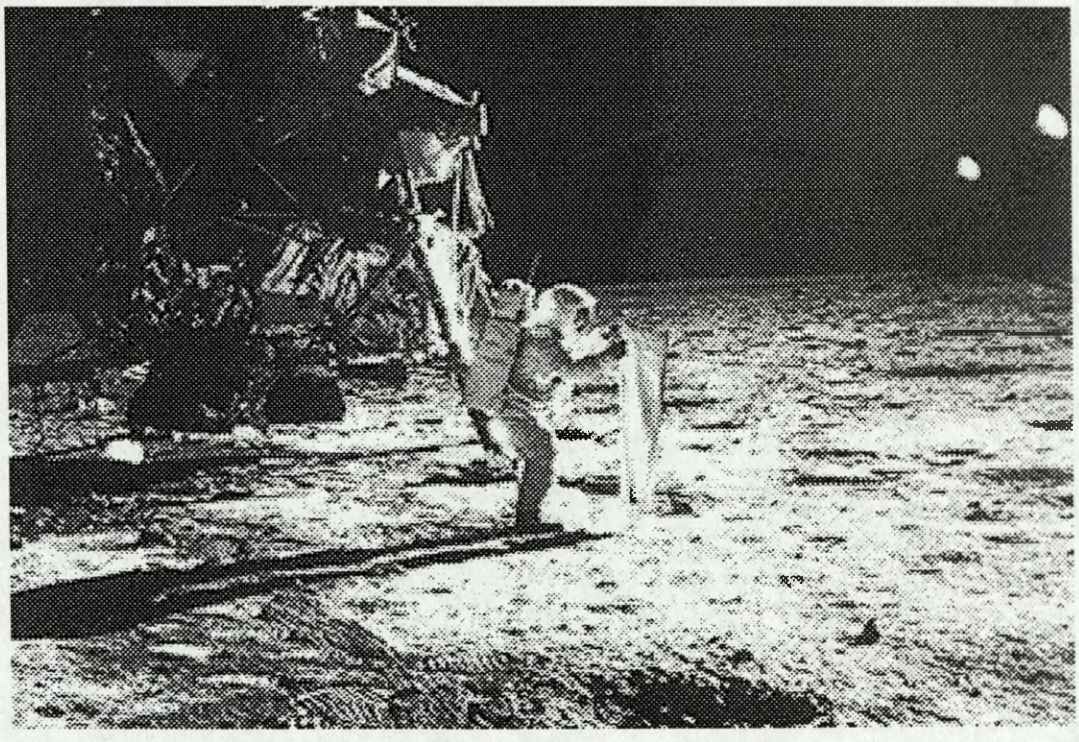
W 1963 roku Amerykanie umieścili po raz pierwszy satelitę na orbicie geostacjonarnej (Syncom-2) oraz wystrzelili satelitę Vela - Hotel. Ten ostatni satelita przeznaczony był do wykrywania eksplozji jądrowych.

Sporą aktywność w kosmosie odnotowano w 1965 r., chociaż nie było osiągnięć wielkiej miary. Podczas lotu Woschoda-2, który odbył się 18 i 19 marca, Aleksiej Leonow wyszedł na zewnątrz statku, potwierdzając wcześniejszą wiedzę o warunkach orbitowania i możliwości pracy człowieka w otwartej przestrzeni kosmicznej.

Zainteresowania Związku Radzieckiego w 1966 r. koncentrowały się na badaniach Księżyca. Łuna-9, wystrzelona 31 stycznia, pomyślnie wylądowała 3 lutego na Księżycu w pobliżu krateru Cavalerius. Stacja ta przekazała na Ziemię około 6000 zdjęć.

Amerykanie również prowadzili w 1966 r. z wielkim rozmachem badania Księżyca. Ich Surveyor-1 osiadł na Księżycu 2 czerwca. Rok 1969 to kolejny już rok sukcesów programów realizowanych w podboju kosmosu przez USA. Załoga Apolla-11 osiągnęła orbitę wokółksiężycową 19 lipca tego roku. Nazajutrz Neil Armstrong, jako dowódca Apolla, i pilot Edwin Aldrin dotarli lądownikiem na powierzchnię Księżyca w rejonie Morza Spokoju o godzinie 21.18 czasu środkowoeu-

ropejskiego. Pilot Michel Collins w statku Apollo pozostawał na orbicie wokółksiężycowej. Dopiero 21 lipca o godzinie 3.50 Neil Armstrong postawił stopę na powierzchni Księżyca, a w ślad za nim uczynił to drugi kosmonauta. Ponad 2,5 godziny przebywali obaj poza statkiem, prowadząc zaplanowany rekonesans w promieniu 250 m. Po 21,5 godzinach pobytu na Księżycu załoga wystartowała górnym członem LM do lotu powrotnego. Zabrała ze sobą niemal 22 kg materii księżycowej. Lot powrotny i pomyślne wodowanie załogi na Ziemi 24 lipca kończyło obserwowaną z wielkim napięciem misję Apolla-11. Otwierała ona nowy rozdział w podboju kosmosu.



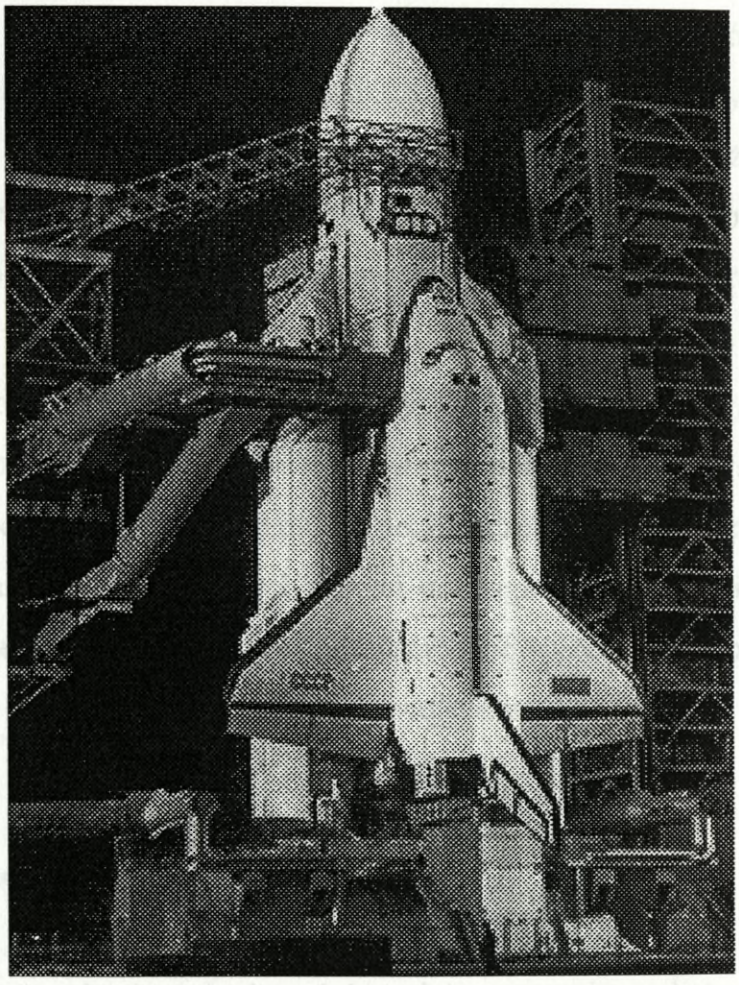
Rys. 2.7. Edwin Aldrin w pobliżu lądownika Eagle, misja Apollo 11

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

Lata siedemdziesiąte utrwaliły się w historii podboju kosmosu również jako okres wytężonej pracy nad zbudowaniem pojazdu kosmicznego, który miałby właściwości bardziej zbliżone do samolotu. Zarysowały się wtedy dwie koncepcje dalszych lotów wokółziemskich. Stany Zjednoczone poniosły duże nakłady finansowe oraz zaangażowały wielki potencjał naukowo-produkcyjny w celu stworzenia floty pilotowanych samolotów kosmicznych. Związek Radziecki doskonalił w tym czasie kolejne generacje rakietowych statków kosmicznych.

Rys. 2.8. Amerykański samolot kosmiczny podczas startu. Samoloty tego rodzaju zbudowano w ramach programu Space Shuttle

Te dwie różniące się orientacje przyniosły określone rezultaty w latach osiemdziesiątych. Związek Radziecki nadal stosował do lotów załogowych nową generacje Sojuzów, Amerykanie natomiast rozpoczęli wykorzystywanie nowych pilotowanych samolotów kosmicznych. Pierwszym z nich był samolot noszący nazwę Columbia. Jego lot odbył się w okresie od 12 do 14 kwietnia 1981 r. W 1983 r. pierwszy lot odbył samolot o nazwie Challeng, w 1984 r. Discovery, a w 1985 r. - Atlantis. W latach następnych miano budować dalsze samoloty kosmiczne.



Rys. 2.9. Rakieta Energia wraz z samolotem kosmicznym Buran

Cechy funkcjonalne samolotów kosmicznych wskazują jednoznacznie na ich przeznaczenie. Są one przystosowane do wynoszenia różnorodnych ładunków na orbity wokółziemskie i wykonywania tam wielu zadań. Nieprzypadkowo samoloty te nazywane są promami kosmicznymi. Już obecnie umożliwiają one wynoszenie na

orbity za jego pomocą satelitów rozpoznania kosmicznego, łączności, nawigacji i meteorologii. Instalowanie satelitów na niskich orbitach może być dokonywane bezpośrednio z ładowni samolotu lub dwufazowo: po wyniesieniu na orbitę, osiąganą przez samolot kosmiczny, satelitę można przesunąć na wyższą orbitę za pomocą indywidualnego napędu. Samolot kosmiczny ma możliwość wynoszenia w kosmos w jednym locie wielu satelitów. Możliwe jest też przywożenie na Ziemię satelitów uszkodzonych.

Dopiero w 1988 r. przystąpiono w ZSRR do oficjalnych prób samolotu kosmicznego. Pierwszy start samolotu kosmicznego Buran, z wykorzystaniem rakiety Energia, odbył się 15 listopada 1988 r. (rys. 2.9.). Po jednym okrążeniu ten bezzałogowy samolot lądował na cztero i półkilometrowej drodze startowej Bajkonuru. Różni się on od samolotu amerykańskiego zautomatyzowaniem procesu manewru do lądowania.

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

## 2.3. Satelity meteorologiczne

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

Dla satelitów meteorologicznych rozpoznania szczegółowego wykorzystywane są przeważnie orbity kołowe - biegunowe lub nachylone pod kątem około 95°-110°, a wysokość orbit z reguły nie przekracza 1000 kilometrów. Spotyka się też inne parametry ruchu satelitów rozpoznania szczegółowego[80]. Satelity obserwacji ogólnej umieszczone są na orbitach geostacjonarnych, których wysokość wynosi około 35880 kilometrów. Satelity takie należą niewątpliwie do systemów wojskowych. Wyposażane są w aparaturę rejestrującą niebezpieczne zjawiska atmosferyczne. Informacje o zagrożeniu tajfunami i gwałtownymi zmianami pogody oraz innymi zjawiskami niezbędne są nie tylko siłom powietrznym i morskim, ale także wojskom lądowym. Nie trzeba udowadniać uzależnienia zdolności do prowadzenia walki i operacji przez wszystkie rodzaje sił zbrojnych i wojsk od warunków atmosferycznych. Siły zbrojne nie mogą polegać na informacjach cywilnych systemów meteorologicznych, tym bardziej że na użytek cywilny wykorzystywane są raczej międzynarodowe geostacjonarne systemy meteorologiczne[81].

Satelity meteorologiczne (tabela 2.9.), 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

---

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

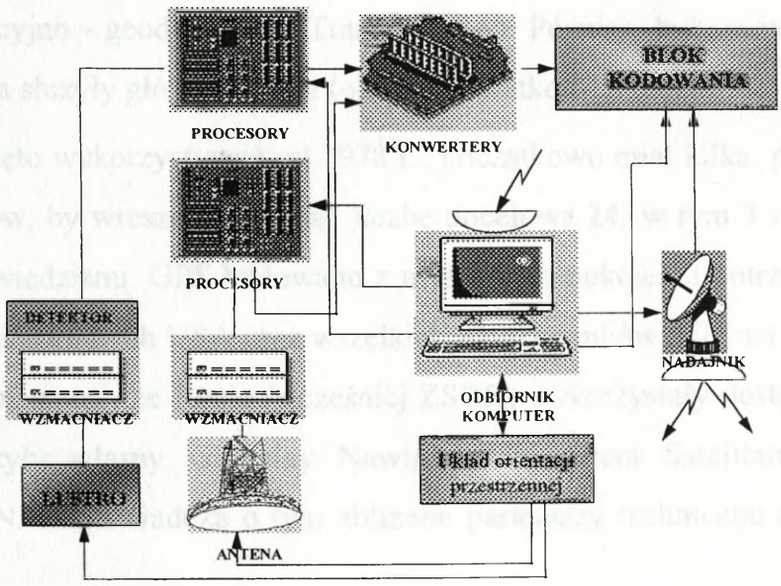
[81] Największym jest światowy system geostacjonarnych satelitów meteorologicznych (World Weather Watch), który tworzą satelity amerykańskie GOES, radzieckie GOMS, zachodnioeuropejskie Meteosat oraz japońskie GMS. Cztery satelity funkcjonujące w płaszczyźnie równika zapewniają ciągłe pokrycie pasa równikowego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

Tabela 2.9.

## 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<br>długość - 5,9 m<br>średnica - 1,2 m<br>rodzaj orbity -biegunowa, kołowa<br>wysokość orbity - 830 km<br>kąt nachylenia orbity - 99° | wykorzystywany od 1976 r.;<br>czterokrotnie w ciągu doby obserwowana jest każda część Ziemi;<br>dokonywane są pomiary wilgotności i temperatury powietrza;<br>dane przekazywane są do stacji naziemnych | |
| DMS Block 5D2 (Defense Meteorogical Satellite) | USA | jak wyżej | masa - 747 kg<br>długość - 6,4 m<br>średnica - 1,8 m<br>rodzaj orbity -biegunowa, kołowa<br>wysokość orbity - 830 km<br>kąt nachylenia orbity - 99° | wykorzystywany od 1982 r. | |
| Meteosat | państwa Europy Zachodniej | prognozowanie i analiza warunków meteorologicznych | masa - 352 kg<br>długość - 3,3 m<br>średnica - 3,1 m | Wykorzystywane od 1977 r.;<br>system modyfikowany jest przez wprowadzanie nowych wersji satelitów:<br>Meteosat 1 – 1977 r., Meteosat 2 - 1981 r.<br>(planowane były Meteosat 3,4 i 5)<br>obecnie funkcjonują kolejne generacje Meteosat. | |

i rozpraszanie fal radiowych. Dokonując pomiaru tych zjawisk, można na ich podstawie określać wodność chmur i stref opadów, wilgotność powietrza, całkowitą zawartość tlenu w atmosferze i stan jej jonizacji. Stosowane współcześnie radiometry umożliwiają zbieranie informacji meteorologicznych przez pomiar promieniowania świetlnego, podczerwonego i fal radiowych. Wysoka ich czułość umożliwia pomiary nawet słabego promieniowania. Na jego podstawie tworzy się obrazy różnych rodzajów chmur, wykresy rozkładów temperatury przy powierzchni Ziemi i w poszczególnych warstwach atmosfery oraz zawartości wody, a także określa się wysokości dolnej i górnej granicy chmur. Oprócz radiometrów satelity wyposażone są w różnorodne mierniki, dokonujące pomiarów właściwości ośrodka kosmicznego. Do przekazywania zbieranych informacji stacjom naziemnym, okrętowym, statkom kosmicznym i powietrznym stosowane są nadajniki radiowe (rys.2.10.).




Rys. 2.10. Schemat blokowy aparatury satelity meteorologicznego

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

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

## 2.4. Satelity nawigacyjne

Aktualnie funkcjonują dwa systemy nawigacji satelitarnej o zasięgu globalnym. Pierwszym z nich jest amerykański system oznaczony skrótowo GPS[82] lub NAVSTAR[83]. Podczas jego budowy wykorzystano niewątpliwie doświadczenia, zwłaszcza eksploatacyjne, zbierane od 1969 r. podczas użytkowania pierwszego systemu nawigacyjno - geodezyjnego Transit (USA). Później był system Nowa (od 1981 r.). Oba służyły głównie siłom (okrętom i statkom) morskim.

GPS zaczęto wykorzystywać od 1978 r., początkowo miał kilka, później kilkanaście satelitów, by wreszcie osiągnąć liczbę docelową 24, w tym 3 rezerwowe. Zgodnie z zapowiedziami, GPS budowano z myślą o zaspokojeniu potrzeb wszystkich rodzajów sił zbrojnych USA oraz wszelkich użytkowników. Nie ma dowodów, ale można przypuszczać, że Rosja (wcześniej ZSRR) wykorzystały dostępne informacje i stworzyły własny Globalny Nawigacyjny System Satelitarny, zwany w skrócie GLONASS. Świadczą o tym zbliżone parametry techniczne i użytkowe (tabela 2.10.).

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 organizacji ruchu powietrznego opartej na satelitarnym systemie łączności, nawigacji i obserwacji.

---

[82] Global Positioning System.
[83] Navigation System with Time and Ranging.

Tabela 2.10.

**Dane taktyczno-techniczne satelitarnych systemów nawigacyjnych NAVSTAR i GLONASS**

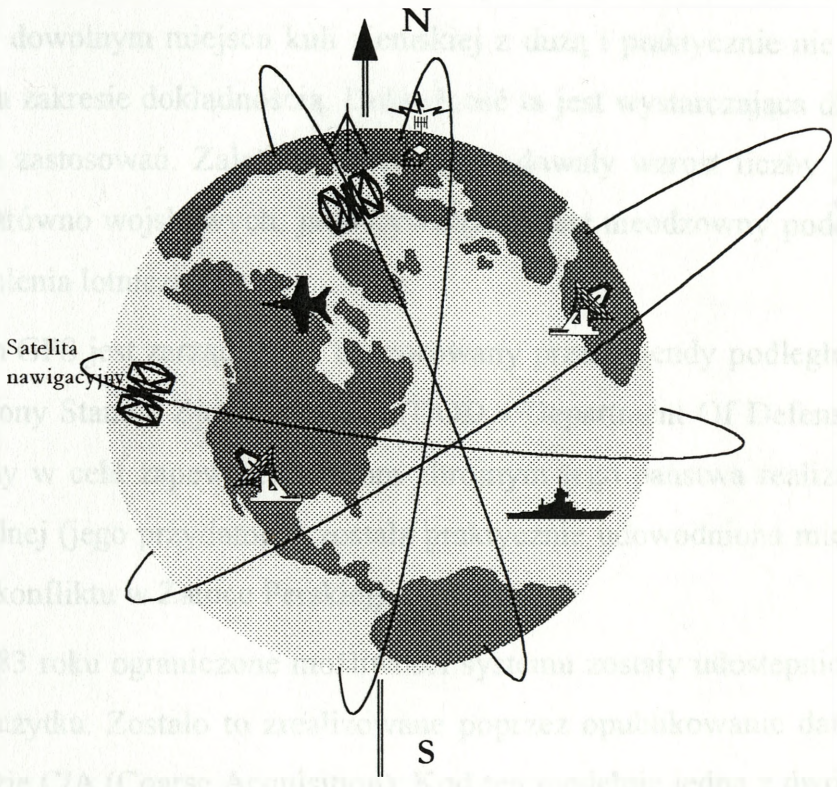
| Parametry | NAVSTAR GPS | GLONASS |
|---|---|---|
| Masa | 8160 kg | ok. 1300 kg |
| Średnica | | 2,35 m |
| Długość z rozwiniętym prętem magnetometru | 5,1 m | 7,84 m |
| Szerokość z rozwiniętymi bateriami słonecz. | | 7,23 m |
| Częstotliwość nadawanych sygnałów: | | |
| - dla użytkowników wojskowych (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°[84] | 64,8° |
| Czas obiegu satelity po orbicie | 12 h | 12h i 15 min. |
| **Możliwości systemu** | | |
| Dokładność określania pozycji przez użytkownika cywilnego | poniżej 100 m | 50-100 m |
| Dokładność określania pozycji przez użytkownika wojskowego | 15-16 m | nie mniej niż kilka metrów |
| Dokładność pomiaru wektora prędkości | 0,1 m/s | 0,15 m/s |
| Dokładność pomiaru czasu | 0,01 μs | 1 μs |
| Czas potrzebny do określenia: | | |
| - pierwszego położenia | | 1-3 min. |
| - kolejnych położeń | | 1-10 s |

W systemie tym NAVSRAR i GLONASS mają być wykorzystywane jako elementy globalnego satelitarnego systemu nawigacyjnego GNSS (Global Navigation Satelite

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

System). Chodzi o podwyższenie dokładności, niezawodności i kompleksowości zabezpieczenia nawigacyjnego lotnictwa. Istnieje zgodność poglądów, że systemy te staną się podstawą nawigowania statków powietrznych w locie i w strefie lotnisk, a po odpowiednim uzupełnieniu funkcjonalnym również przy manewrze lądowania.

Autor przedstawił dokładniej system wykorzystywany w NATO - GPS NAVSTAR.




Rys. 2.11. Struktura systemu nawigacji satelitarnej

24 satelity krążące na 6 orbitach kołowych zapewniają bezpośrednią „widoczność" (pomiar) co najmniej z 4 satelitów, które umożliwiają wykonanie pomiaru i określenie pozycji użytkownika. Równocześnie ośrodek kontroli, który śledzi ruch satelitów po orbitach w każdej chwili zna ich położenie w przestrzeni z dokładnością do kilku metrów. Satelity emitują w sposób ciągły sygnał radiowy na 2 częstotliwościach. Sygnał ten zawiera zakodowaną informację, która umożliwia mierzenie czasu, jaki upływa od nadania przez danego satelitę bitu kodu do mo-

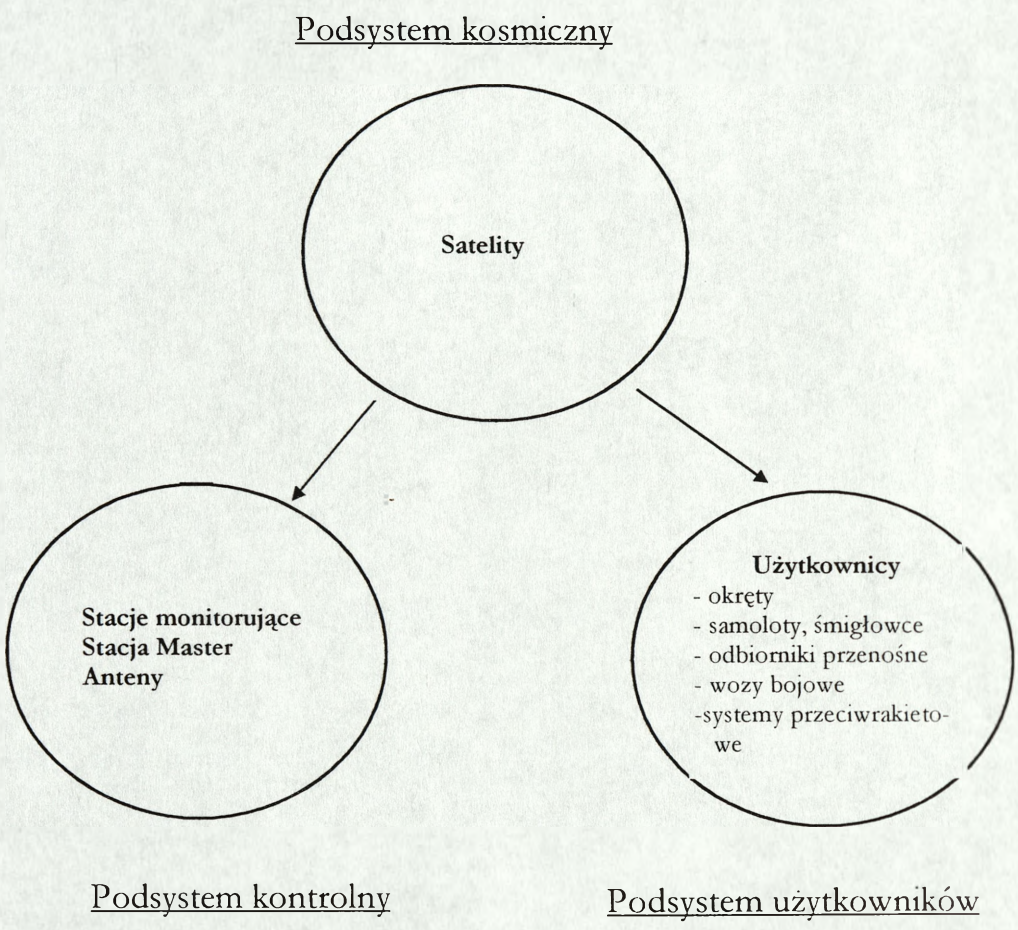
mentu jego odebrania przez odbiornik użytkownika. Pomiar tego czasu zwanego „pseudoodległościowym" jest zasadniczym pomiarem wykonywaniem w systemie GPS. Wykonanie w jednym momencie 4 takich pomiarów od jednego odbiornika do 4 satelitów pozwala rozwiązać układ równań, w którym niewiadomymi są 3 współrzędne przestrzenne i 1 czasowa, a zatem wyznaczenie pozycji.

Taki system nawigacyjny bazujący na konstelacji satelitów (rys. 2.11.) 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 wzrost liczby 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 - Department 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 Acquisition). 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 obecnie polskiemu użytkownikowi mieszczą się w tej grupie. Pełna dostępność do systemu jest uwarunkowana znajomością kodu P (Precision), który w określonych sytuacjach zagrożeń dla interesów USA jest przekształcany w dodatkowy kryptograficzny kod Y, wykazując przy tym zwiększoną odporność na zakłócania nakierowane - AS - („anti-spoofing"). Posiadanie informacji o obu kodach umożliwia wykorzystanie obu częstotliwości nośnych systemu ($L_1$ i $L_2$). Pozwala to na znaczne ograniczenie wpływu opóźnień jonosferycz-

nych (jedno ze źródeł błędów) oraz dokładniejszy pomiar pseudoodległości (dzięki dziesięciokrotnie większej częstotliwości taktowania kodu P) do poszczególnych satelitów. Informacja o kodzie P(Y) jest dostępna (poza Stanami Zjednoczonymi) również siłom zbrojnym państw NATO, Australii i Korei Południowej oraz innym licencjonowanym przez DOD użytkownikom. Możliwość wykorzystywania kodu Y jest uzależniona od stałego dostępu do sieci dystrybucji przekazywanych kodów.




Rys. 2.12. Ogólna struktura systemu NAVSTAR[85]

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

[85] Z nieoficjalnych źródeł wiadomo, że GPS spełnia też drugą funkcję - „ostrzegania" o starcie rakiet i innych zjawiskach militarnych.

dla użytkowników nielicencjonowanych (wykorzystujących kod C/A). Należy również podkreślić, że sygnał zmodulowany tym kodem jest mniej odporny na zakłócenia. System NAVSTAR składa się z trzech układów (rys. 2.12.): podsystemu satelitarnego; podsystemu kontrolnego; podsystemu użytkownika.

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

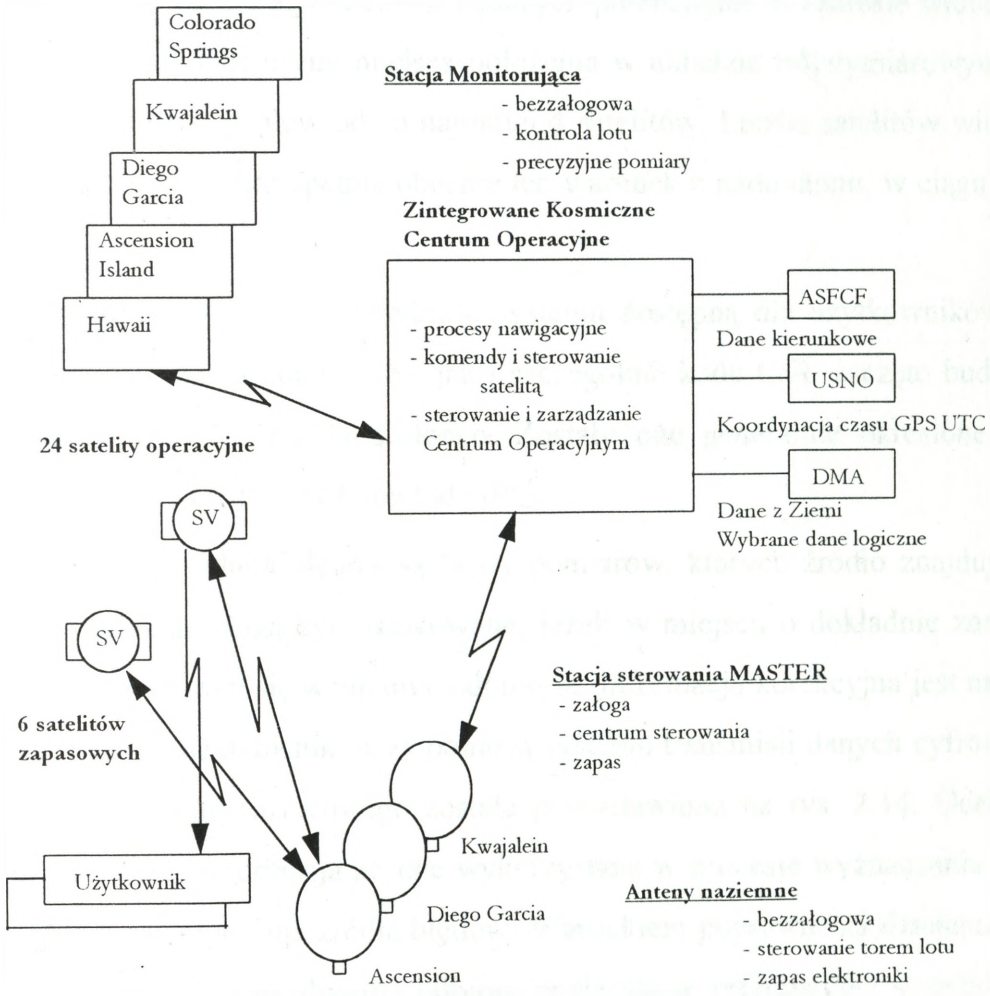
gdzie $f_o$ jest częstotliwością systemu.

Obie częstotliwości są modulowane sygnałami pseudolosowymi (PRN - pseudo-random 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 pokłado-

wych. Informacje te umożliwiają zarówno dokonywanie fizycznej korekty położenia satelity, jak i przede wszystkim na wypracowanie danych dotyczących tych zmian.

Podsystem kontrolny oprócz rutynowych działań mających na celu utrzymanie sprawności i właściwej jakości pracy systemu, dokonuje zaprogramowanej okresowej degradacji jakości systemu w zakresie oddziałującym na nielicencjonowanych użytkowników (stosowanie SA). Struktura tego segmentu została przedstawiona na rys. 2.13.




Rys. 2.13. Podsystem kontrolny systemu NAVSTAR

**Podsystem użytkownika** stanowi zbiór zróżnicowanych urządzeń. Obejmuje on odbiorniki o różnych rozwiązaniach konstrukcyjno-technologicznych, stosowane w rozlicznych dziedzinach działalności ludzkiej. Obejmuje on zarówno odbiorniki wykorzystujące wyłącznie sygnały nadawane z satelitów jak i odbiorniki współpracujące z dodatkowymi źródłami danych. Wśród tych ostatnich występują systemy różnicowe. Obecnie zagwarantowane jest bezpłatne wykorzystanie systemu (w ograniczonym jakościowo zakresie przez wszystkich użytkowników)[86].

Odbiornik systemu GPS dokonuje, na podstawie zawartej w swojej pamięci informacji, oceny konstelacji satelitów będących potencjalnie w zakresie widoczności. Po to, aby dokonać oceny miejsca położenia w układzie trójwymiarowym potrzebny jest odbiór sygnałów od co najmniej 4 satelitów. Liczba satelitów widzialnych nad obszarem Polski spełnia obecnie 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).

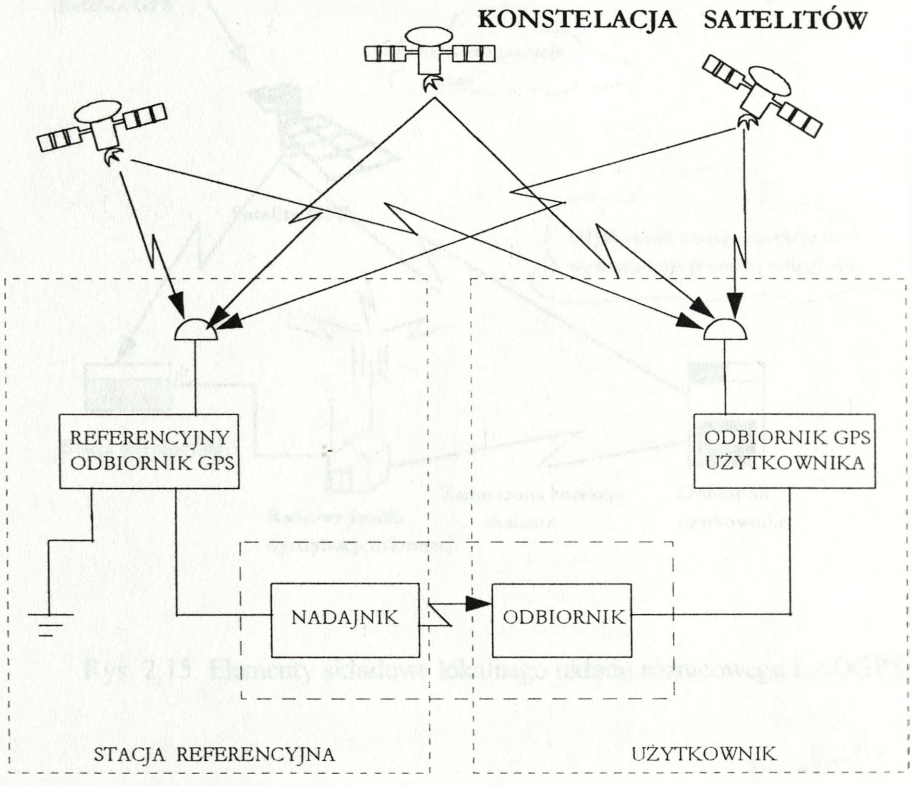
Głównym źródłem błędów są błędy pomiarów, których źródło znajduje się poza odbiornikiem. Mogą być oszacowane, jeżeli w miejscu o dokładnie znanych współrzędnych umieści się wzorcowy odbiornik. Informacja korekcyjna jest następnie przesyłana do użytkowników za pomocą systemu transmisji danych cyfrowych. Ogólna idea systemu różnicowego została przedstawiona na rys. 2.14. 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:

---

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

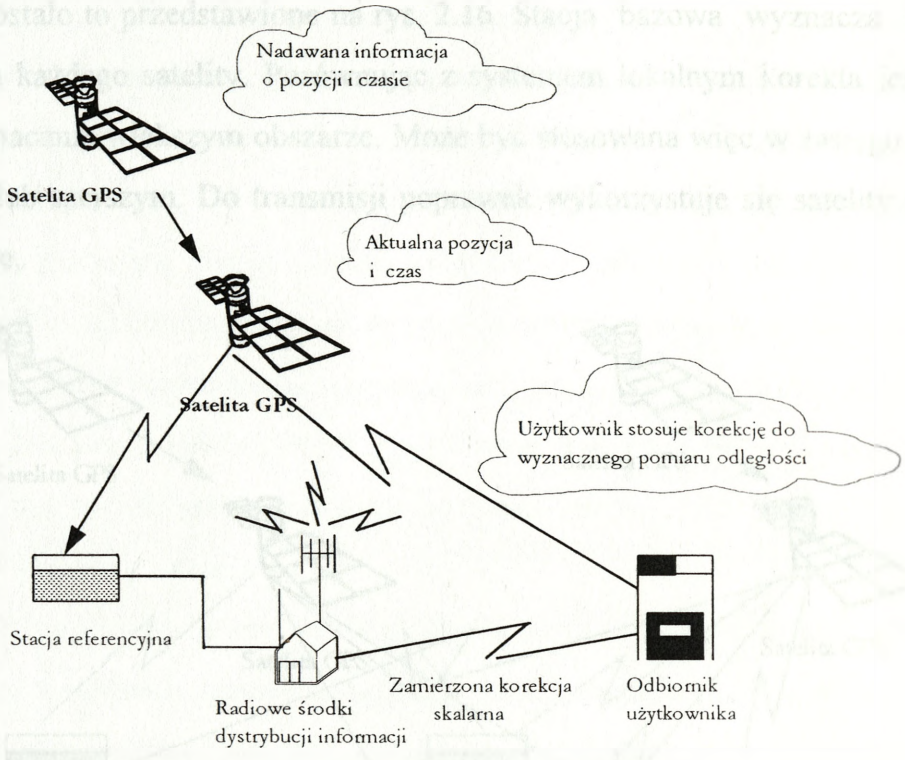
- **stacji referencyjnej** (od dokładnie znanych współrzędnych położenia środka fazowego anteny odbiorczej stacji) wypracowującej poprawki dla każdego satelity będącego w polu widzialności;
- **odbiornika użytkownika** dostosowanego do odbioru poprawek;
- **łącza telemetrycznego,** którego część nadawcza znajduje się przy stacji referencyjnej, a część odbiorcza przy odbiorniku użytkownika.




Rys. 2.14. Ogólna idea zbioru elementów układu różnicowego

W armiach państw NATO są użytkowane systemu lokalne i obszarowe DGPS. Po wstąpieniu Polski do NATO kraj nasz będzie potrzebował prawdopodobnie lokalnego systemu DGPS.

**System różnicowy** o lokalnym zasięgu określany jest skrótem LADGPS[87]. W jego składzie występuje pojedyncza stacja referencyjna wyznaczająca skalarną wartość korekcji pomiarów odległości do każdego widzialnego satelity (dla odbiorników wykorzystujących śledzenie fazy kodu modulującego) - rys. 2.15.

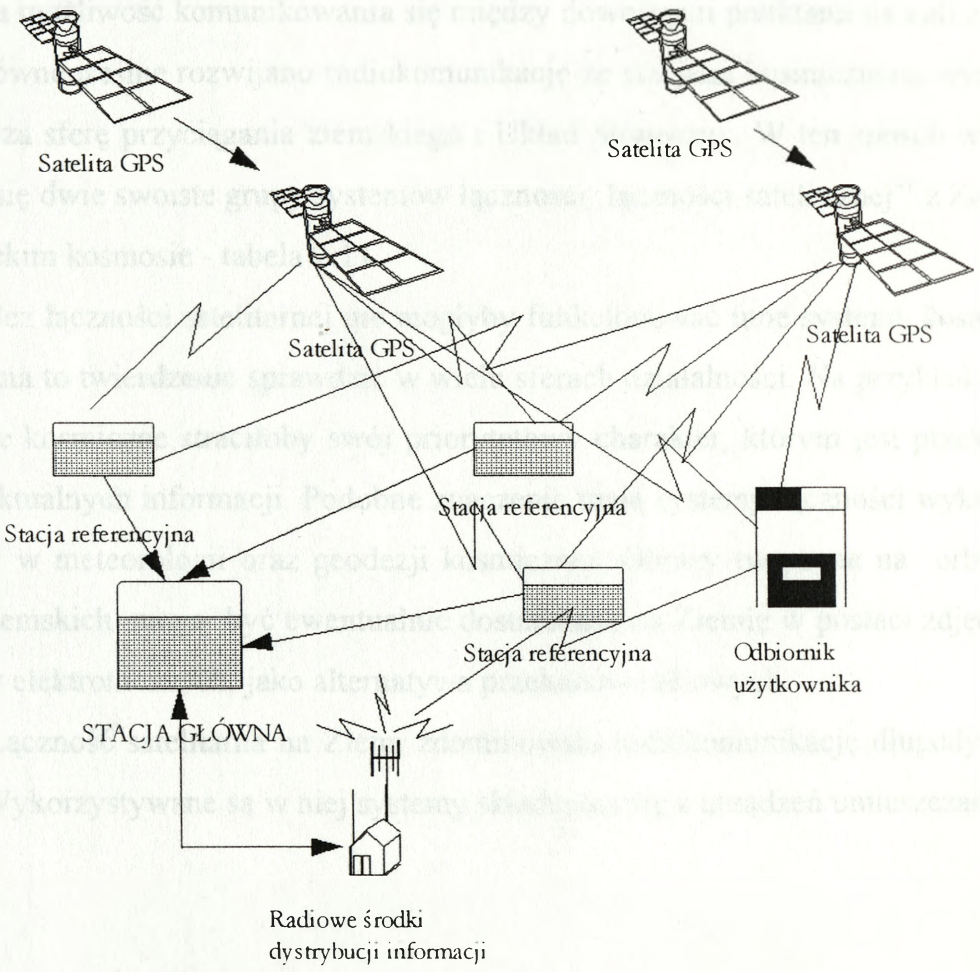



Rys. 2.15. Elementy składowe lokalnego układu różnicowego LADGPS

Korekta przekazywana poprzez łącze teletransmisyjne (w zależności od czasu jaki upłynie od jej wyznaczenia do momentu wykorzystania przez odbiorcę) umożliwia na uzyskanie dokładności rzędu 1-10 metrów. Warunkiem koniecznym jest zapewnienie widzialności przez obydwa odbiorniki tego samego zbioru satelitów. Powoduje to ograniczenie obszaru stosowania systemu do nie więcej niż 100 km od stacji referencyjnej. 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.

[87] LAD GPS - Local Area Differential GPS.

**Obszarowy system DGPS** - zwany WADGPS[88]. Występuje on aktualnie w szeregu wariantów, których rozwój jest finansowany przez różnego rodzaju instytucje. Przykładowo FAA (Federal Aviation Administration) finansuje program o nazwie WASS - Wide Area Augmentation System. W systemach takich wykorzystuje się sieć stacji referencyjnych przekazujących obliczone informacje do stacji bazowej. Zostało to przedstawione na rys. 2.16. Stacja bazowa wyznacza wektor korekcji dla każdego satelity. Porównując z systemem lokalnym korekta jest użyteczna na znacznie większym obszarze. Może być stosowana więc w zasięgu kontynentalnym lub szerszym. Do transmisji poprawek wykorzystuje się satelity telekomunikacyjne.




Rys. 2.16. Elementy składowe obszarowego układu różnicowego -WADGPS

[88] WADGPS - Wide Area DGPS.

## 2.5. Satelity telekomunikacyjne[89]

Nazwa „satelity telekomunikacyjne" jest utożsamiana z nazwą „satelity łączności", chociaż samo wyrażenie „łączność" (bez przymiotnika) nie jest w słownikach i encyklopediach definiowane[90]. Czasami wyrażenie „łączność satelitarna" używane jest jako synonim „telekomunikacji satelitarnej".

Już w 1964 r. rozpoczęto praktyczne wykorzystywanie łączności satelitarnej. Z biegiem czasu konstruowano i umieszczano na orbitach coraz doskonalsze łącznościowe satelity Ziemi. Były one specyficznymi stacjami przekaźnikowymi, niebywale rozszerzającymi zasięgi systemów łączności radiowej i radiotelefonicznej. Powstała możliwość komunikowania się między dowolnymi punktami na kuli ziemskiej. Równocześnie rozwijano radiokomunikację ze stacjami kosmicznymi wysyłanymi poza sferę przyciągania ziemskiego i Układ Słoneczny. W ten sposób wyodrębniły się dwie swoiste grupy systemów łączności: łączności satelitarnej[91] z Ziemią i w dalekim kosmosie - tabela 2.11.

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

Łączność satelitarna na Ziemi zdominowała radiokomunikację długodystansową. Wykorzystywane są w niej systemy składające się z urządzeń umieszczanych

---

[89] Telekomunikacja - dziedzina techniki dotycząca przesyłania na odległość informacji (zawartych w mowie, dźwiękach, znakach pisma, obrazach itp.) za pomocą sygnałów elektronicznych; rozróżnia się przewodową (telefonia, telegrafia) i bezprzewodową (radiotelefonia, radiofonia, radiotelegrafia, radiotelekopia, telewizja). Mała encyklopedia wojskowa, Wyd. MON, 1971, t. 3, s. 315.

[90] Tamże, t. 3, ss. 226-227.

[91] Leksykon wiedzy wojskowej, Wyd. MON, Warszawa 1979, s. 204.

Tabela 2.11.

## Wcześniejsze 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<br>długość - 3,95 m<br>średnica - 2,75 m<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>czas funkcjonowania aparatury - 5 lat<br>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<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>czas funkcjonowania aparatury - 5 lat<br>system jest doskonalszą wersją DSCS-2 | wykorzystywane od 1982 r.; system składa się z 4 satelitów podstawowych i 2 zapasowych; zapewnia łączność między wyższymi dowództwami oraz w sieciach satelitarnego rozpoznania i ostrzegania | z systemu tego korzysta dyplomacja USA |
| AFSATCOM (Air Force Satellite Communications System) | USA | łączność strategiczna (głównie lotnictwa) i dla potrzeb kierownictwa państwowego, łączność | masa - 987 kg<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>czas funkcjonowania aparatury - 5 lat | wykorzystywane od 1978 r.; system obejmuje 400 stacji odbiorczych umieszczonych na strategicznych samolotach bombowych i rozpoznawczych oraz naziemnych i powietrznych stanowiskach dowodzenia; współpracuje z systemem FLSATCOM | w latach dziewięćdziesiątych ma być zastąpiony przez satelity Milstar |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | między ośrodkami kontroli startu rakiet między kontynentalnych | | | |
| SDS (Satellite Data System) | USA | jak wyżej | rodzaj orbity - skrajnie eliptyczna<br>wysokość orbity-200-40000 km<br>kąt nachylenia orbity - 63°<br>czas funkcjonowania aparatury - 10 lat<br>system stanowi uzupełnienie systemu AFSATCOM | satelity mają analogiczne zadania jak satelity systemu AFSATCOM, tyle że wypełniają je w obszarach leżących powyżej 70° szerokości geograficznej (południowej i północnej) | w latach dziewięćdziesiątych ma być zastąpiony przez satelity Milstar |
| FLT-SATCOM (Fleet Satellite Communications System) | USA | łączność sił morskich - między dowództwami na lądzie i jednostkami pływającymi oraz między jednostkami pływającymi | masa - 987 kg<br>długość - 4,9 m<br>średnica - 2.4 m<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>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<br>długość - 4,3 m<br>średnica - 4.3 m<br>rodzaj orbity – geostacjonarna | wykorzystywane od 1984 r.; mają przejąć zadania satelitów FLTSATCOM; system współpracuje z systemem AFSATCOM | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Milstar (Military Strategic Tactical and Relay) | USA | łączność kierownictwa politycznego i wojskowego USA; łączność wszystkich rodzajów sił zbrojnych na szczeblu strategicznym, operacyjnym i taktycznym | masa - 2300 kg<br>rodzaj orbity – geostacjonarna lub skrajnie eliptyczna | w skład systemu wchodzi 8 satelitów, w tym 4 na orbitach geostacjonarnych (3 na orbitach i 1 rezerwowy) i 4 na orbitach skrajnie eliptycznych; duża odporność na zakłócenia, duże możliwości przesyłowe | na przełomie lat 80. i 90. ma zastąpić systemy FLTSATCOM, AFSATCOM i SDS |
| NATO-3 | NATO | łączność strategiczna między USA i europejskimi państwami NATO | masa - 376 kg<br>długość - 3,1 m<br>średnica - 2,2 m<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>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<br>długość - 2,1 m<br>średnica - 1,9 m<br>rodzaj orbity - geostacjonarna<br>czas funkcjonowania aparatury - 3 lata | wykorzystywane od 1974 r. | przystosowane do współpracy z amerykańskimi satelitami DSCS |

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[92] lub grupa państw[93] mających wspólne interesy polityczne czy gospodarcze. Mniej prawdopodobne jest wykorzystywanie do celów wojskowych globalnych systemów łączności satelitarnej[94] tworzonych przez państwa nie zainteresowane współpracą wojskową. Wspólnie ponoszone koszta dają możliwość stawiania warunków co do wykorzystywania tych systemów. Struktura techniczna oraz idea funkcjonowania systemów cywilnych i wojskowych mają wiele podobnych cech, z tym że systemy wojskowe są bardziej specjalizowane i chronione przed ingerencją nie wtajemniczonych. Znając nowoczesne systemy satelitarnej łączności komercyjnej, można wnioskować o ich pierwowzorach lub odpowiednikach wojskowych.

Pod względem przestrzennym wyróżniane są systemy łączności globalne i o znaczeniu regionalnym. Z uwagi na zakres zastosowania wojskowego tworzone są odrębne systemy przeznaczone do dowodzenia strategicznego[95], o zasięgu globalnym, oraz systemy taktyczne[96], zapewniające dowodzenie ograniczone przestrzennie do najniższego szczebla. Swoimi systemami dowodzenia mogą dysponować także poszczególne rodzaje sił zbrojnych[97]. Łączność satelitarna może być wy-

---

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

[93] 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.

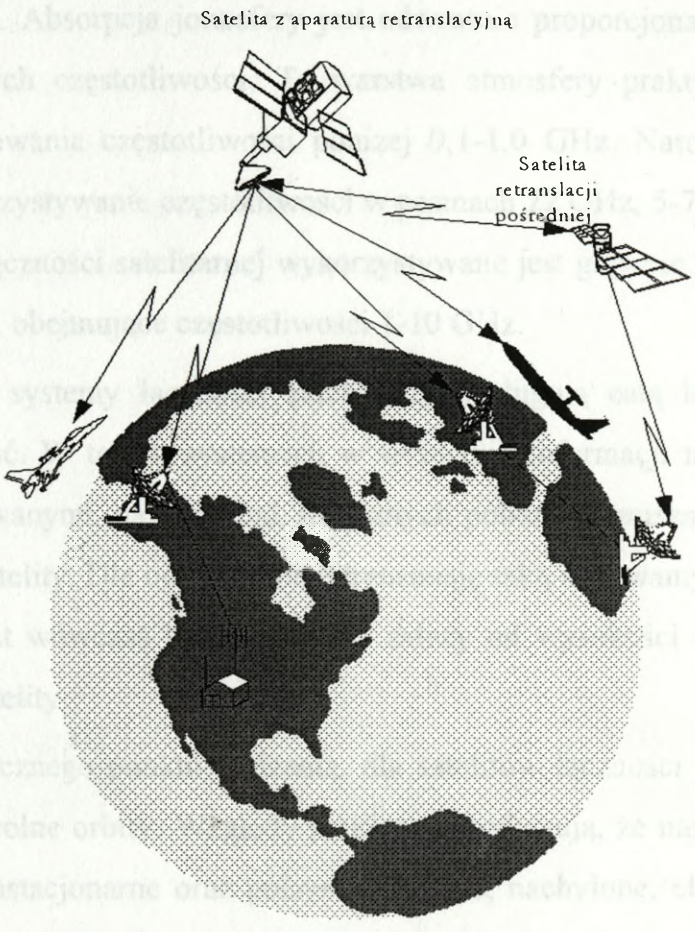
[94] W globalnym systemie łączności satelitarnej Intelsat partycypuje ponad 100 państw, niezależnie od ich orientacji politycznych, wojskowych i gospodarczych. Jednym z tych państw jest Polska.

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

[96] 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.

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

korzystywana na Ziemi w dowodzeniu siłami zbrojnymi działającymi na lądzie, na morzach i w powietrzu. Relacje te obrazuje rys. 2.17.




Rys. 2.17. Idea funkcjonowania globalnej łączności satelitarnej

Aparatura satelitów łączności spełnia funkcje bezpośredniej lub pośredniej retranslacji[98]. 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

[98] 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.

i z powrotem na Ziemię. Fakt ten ma istotne znaczenie, ponieważ fale radiowe ulegają dwukrotnemu tłumieniu w troposferze i jonosferze, a co za tym idzie - znacznemu osłabieniu. Absorpcja jonosfery jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu wykorzystywanych częstotliwości. Ta warstwa atmosfery praktycznie eliminuje możliwość stosowania częstotliwości poniżej 0,1-1,0 GHz. Natomiast troposfera ogranicza wykorzystywanie częstotliwości w pasmach 22 GHz, 5-70 GHz, 119 GHz i 200 GHz. W łączności satelitarnej wykorzystywane jest głównie tak zwane drugie okno kosmiczne, obejmujące częstotliwości 1-10 GHz.

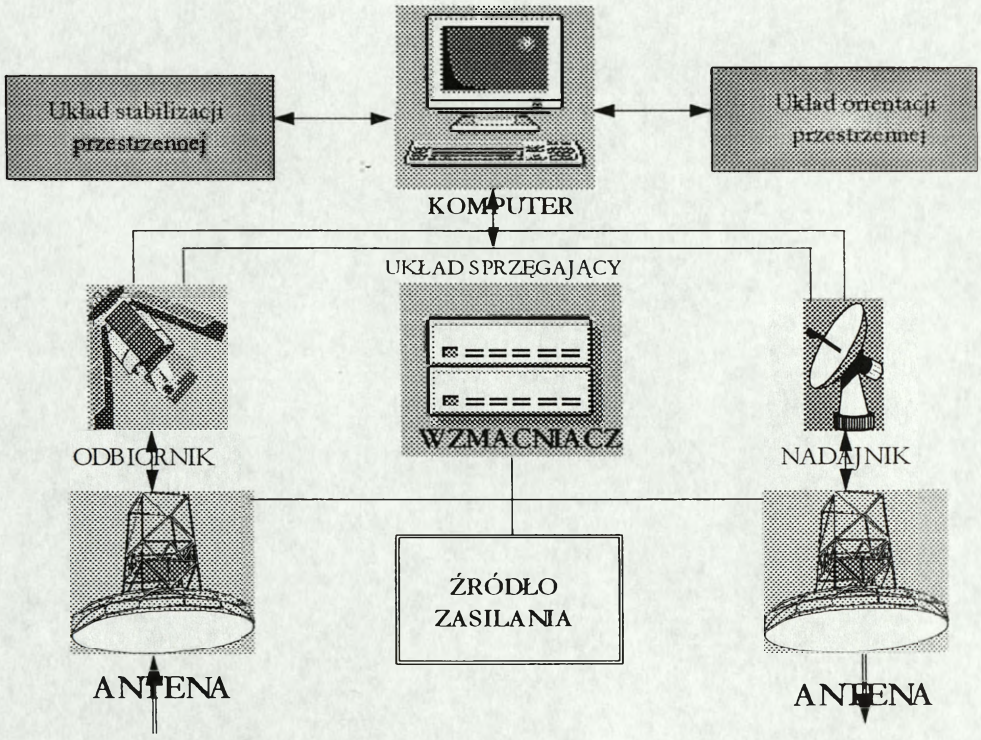
Globalne systemy łączności satelitarnej obsługują całą kulę ziemską lub większą jej część. W takich systemach w wymianie informacji między korespondentami usytuowanymi, na przykład, na różnych półkulach muszą pośredniczyć co najmniej dwa satelity. Dla odróżnienia retransmisję taką nazywamy pośrednią.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

Z teoretycznego punktu widzenia, dla satelitów łączności mogą być wykorzystywane dowolne orbity. Względy praktyczne wskazują, że najbardziej przydatne są orbity geostacjonarne oraz półsynchroniczne, nachylone, eliptyczne. Satelita wyposażony w anteny o szerokich wiązkach promieniowania może z orbity geostacjonarnej pośredniczyć między stacjami rozmieszczonymi w granicach ±75° długości i tyle samo szerokości geograficznej. Pozostają wówczas nie pokryte obszary podbiegunowe, do których obsługi dogodne są właśnie satelity na orbitach nachylonych o siedemdziesiąt kilka stopni w stosunku do równika. Retransmisje na ograniczonym obszarze może zapewnić jeden satelita, jeśli jest umieszczony na orbicie geostacjonarnej, a minimum trzy satelity umożliwiają pokrycie pasa równikowego.

Satelity łączności na orbitach eliptycznych mają apogeum zaplanowane nad obszarem, gdzie rozmieszczone są stacje abonentów. Prędkość ruchu satelity w apogeum jest tyle razy mniejsza od prędkości ruchu w perygeum, ile razy jest większa wysokość orbity w apogeum od wysokości w perygeum. W efekcie czasu jednego obiegu Ziemi po orbicie półsynchronicznej, wynoszącego 12 godzin, aż 8-10 godzin przypada na lot w zasięgu stacji rozmieszczonych na obszarze, nad któ-

rym przypada apogeum. Kolejny raz satelita osiąga apogeum po 12 godzinach. W tym czasie Ziemia obróci się o 180° wokół osi i o taką wartość przemieści się rzut poprzedniego apogeum satelity na powierzchnię Ziemi. Jeśli umieści się minimum trzy satelity na orbitach synchronicznych, przesuniętych względem siebie o 120°, wówczas zostanie zapewniona możliwość ciągłego pośredniczenia między stacjami naziemnymi określonego rejonu za pomocą jednego z satelitów. Z wysokości orbity półsynchronicznej satelita obejmuje maksymalny obszar o rozpiętości do 120°.

Aparatura stanowiąca wyposażenie satelitów łączności jest zróżnicowana, odpowiednio do ich przeznaczenia i spełnianych funkcji[99]. Klasyczne satelity łączności mają aparaturę przedstawioną na rys. 2.18.




Rys. 2.18. Schemat aparatury satelity telekomunikacyjnego

[99] 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.

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

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[100]. 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 ukierunkowywa-

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

niem anten aparatury odbiorczo-nadawczej, a ponadto nadzorować funkcjonowanie całej aparatury.

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

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

Różnice masy i gabarytów są wielkie. Potężne stacje stacjonarne mogą mieć masę setek ton[101], 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. 2.19.

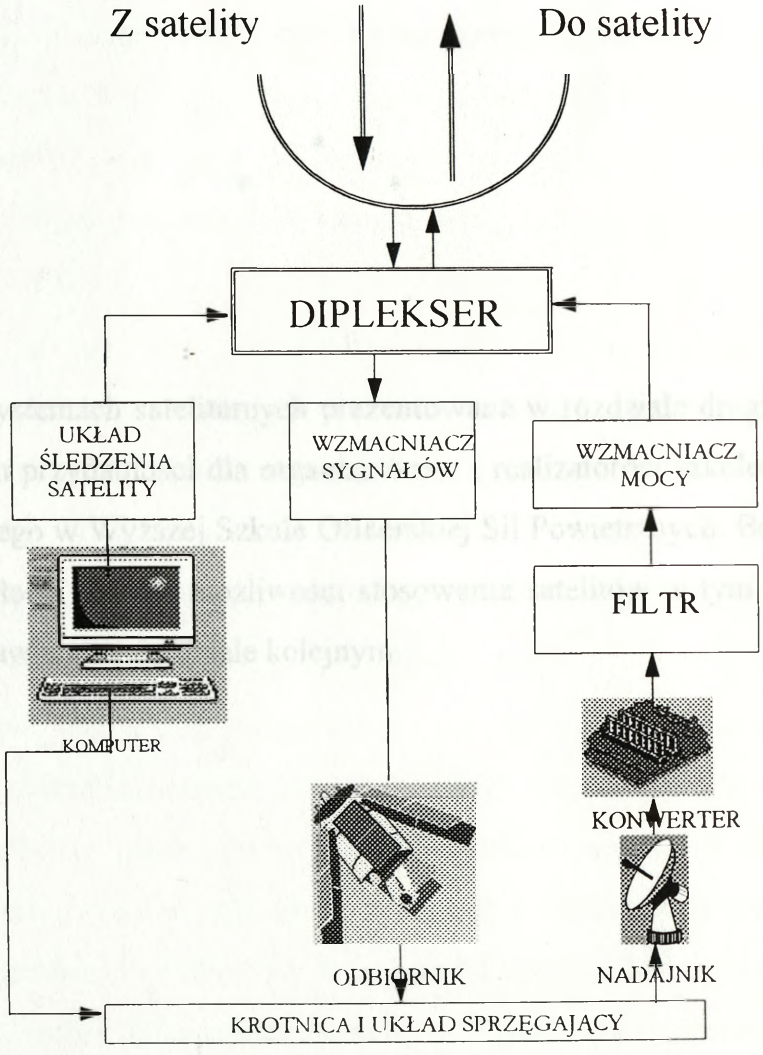
Anteny stacji, także anteny satelitów, emitują sygnały kierunkowo. Ich położenie jest korygowane stosownie do zmian zachodzących na skutek ruchu satelity i stacji, które obsługują. Częstotliwość zmiany kierunku ustawienia anteny zależy głównie od liczby satelitów pracujących w systemie oraz szerokości 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°[102]. Szerokie wiązki promieniowania są charakterystyczne dla okrętowych stacji łączności, które zwykle nie mają precyzyjnych układów kom-

---

[101] 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 Inteslat antena ma średnicę 30 m i masę 300 t.

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

pensacji 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.




Rys. 2.19. Schemat blokowy aparatury stacji łączności kosmicznej

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.

*
*  *

Wiedza o systemach satelitarnych prezentowana w rozdziale drugim została dobrana pod kątem przydatności dla organizatorów i realizatorów szkolenia pilotażowego i taktycznego w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych. Bez tej wiedzy nie można byłoby oceniać możliwości stosowania satelitów w tym szkoleniu, co zostało przedstawione w rozdziale kolejnym.

## 3. POTRZEBY I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTYWANIA W WYŻSZEJ SZKOLE OFICERSKIEJ SIŁ POWIETRZNYCH SYSTEMÓW SATELITARNYCH W SZKOLENIU PILOTAŻOWYM I TAKTYCZNYM

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

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.

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

Na uzbrojeniu polskich sił powietrznych znajduje się obecnie około 80 samolotów myśliwsko-bombowych (Su-22M4); 23 Mig-29 oraz około 100 szkolno-treningowych typu TS-11 „Iskra" (głównie w WSOSP) z resursami na kilka do kilkunastu lat eksploatacji. Około 200 Mig-21 i Mig-23 w najbliższym czasie trzeba będzie złomować (resurs eksploatacyjny ma około 50 Mig-21 bis). Wszystkie wymienione samoloty, także kilkanaście posiadanych samolotów transportowych[103], wyposażone są w przestarzałe podsystemy nawigacyjne. Podsystemy inercyjne sa-

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

molotów Su-22M4 umożliwiają określanie ich położenia przestrzennego z dokładnością do kilkuset metrów. Potrzebna jest przynajmniej dziesięciokrotnie wyższa precyzja nawigowania, a do manewru lądowania błędy w określaniu pozycji samolotów nie mogą przekraczać 1 metra. Obecne urządzenia nawigacyjne na samolotach nie mogą konkurować z „nawigacją satelitarną". Wskaźniki udostępniające współrzędne na podstawie namiarów satelitarnych są gabarytowo niewielkie, łatwe w montowaniu na pokładach dowolnych statków powietrznych i w porównaniu z innymi urządzeniami pokładowymi - „ekstremalnie" tanie.

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

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

„horyzontalnym". Skuteczne podsystemy retranslacyjne w łączności radiowej praktycznie nie istnieją. W przeszłości posiadaliśmy egzemplarze prototypowe (o ograniczonej przydatności taktycznej). Podsystemy obrony powietrznej wykorzystują praktycznie tylko stałe łącza (łączność przewodowa). Posiadają stare środki radiowe, ale one nie zapewniają niezbędnego obiegu informacji. Z sąsiadami (przyszłymi partnerami w NATO) nie posiadamy łączności wojskowej. Istniejąca łączność przewodowa (obecnie podstawowa) wykorzystywana w siłach powietrznych może być podczas wojny sparaliżowana przez agresora minimalnym nakładem sił.

W świetle powyższych faktów można sformułować konkluzje, że siły powietrzne, w tym i WSOSP, zyskując możliwość szerszego korzystania z systemów satelitarnych, zdołają przetrwać kryzys techniczny, nie dopuszczając do rażącego spadku potencjału bojowego. Możliwości korzystania z systemów satelitarnych przedstawiono w kolejnych podpunktach tego rozdziału.

### 3.1. Rozpoznanie satelitarne

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

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

b) **Rozpoznanie ogólne,** nazywane też **wstępnym.** Ma ono na celu dostarczanie informacji z dużych obszarów o obiektach znacznych rozmiarów, o wyraźnych

cechach demaskujących. Zakłada się z góry, że nie jest ono ostateczne, a szczegółowe informacje będą uzyskiwane stosownie do potrzeb użytkowników i możliwości zapewnianych przez inne techniki rozpoznania[104]. Rozpoznanie takie prowadzone jest w zaplanowanych odstępach czasu, periodycznie.

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

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

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

Satelita umieszczony na pewnej wysokości H nad powierzchnią Ziemi (rys. 3.1) 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:

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

Kąt $\alpha$ ma wartość:

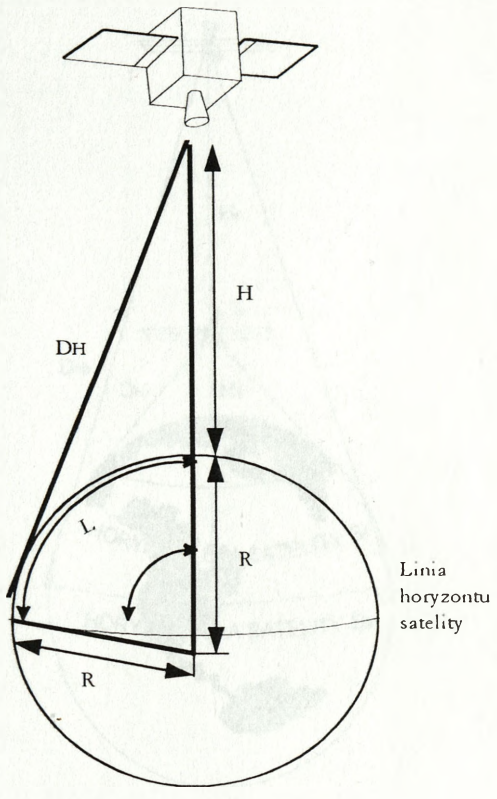
$$\alpha = arc\sin\frac{D_H}{H+R}$$

a odległość od horyzontu:

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

[104] W wojnie nad Zatoką Perską stosowano rozpoznanie satelitarne i rozpoznanie wzrokowe.

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

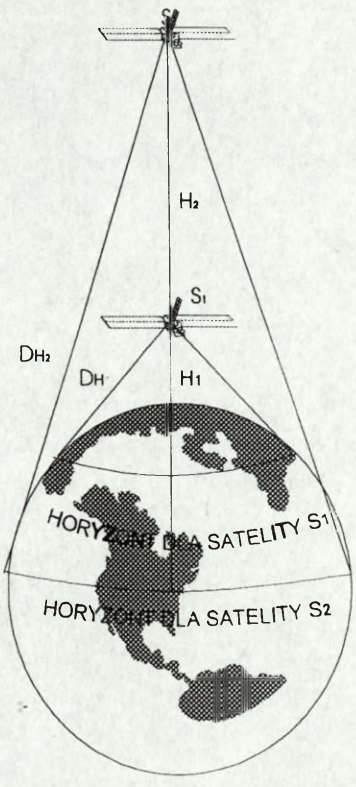



Rys. 3.1. Zasięg obserwacji satelity

Oczywiście, warunki obserwacji z satelity zależą od wysokości, na jakiej znajduje się on nad powierzchnią Ziemi. Im wyżej umieszczony jest satelita, tym większy obszar może kontrolować (tabela 3.1). Jednakże wzrost wysokości orbity związany jest ze zwiększeniem odległości obserwacji (rys. 3.2).

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[105].

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




Rys. 3.2. Wielkość kontrolowanego obszaru i odległość obserwacji dla różnych orbit

Warto 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 środka kontrolowanego obszaru ku linii horyzontu, kąty obserwacji maleją aż do 0°.

Tak więc warunki obserwacji najlepsze są w środku obszaru (najmniejsza odległość, największy kąt), a najgorsze na horyzoncie (największa odległość, zero-

wy kąt). W środku obszaru kąty obserwacji mają wartości od 0° do 90°, a odległości obserwacji zmieniają się od $D_H$ do H.

Tabela 3.1.

**Odległości do horyzontu i promienie strefy kontrolowanej dla różnych orbit satelitów**

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

Z wielu względów najdogodniejszymi są satelity wczesnego ostrzegania umieszczone na orbitach synchronicznych, zwanych też geostacjonarnymi. Ich pozytywnymi cechami są: potencjalnie wielki obszar śledzenia, wyrażający się nawet milionami kilometrów kwadratowych; zajmowanie tego samego położenia względem określonych punktów kuli ziemskiej oraz praktycznie nieograniczony czas pozostawania i ruchu na orbicie. Obszar śledzenia jest potencjalnie wielki, ponieważ na całym dozorowanym obszarze satelita może skutecznie rejestrować starty rakiet i eksplozje znacznej mocy. Satelity pierwszych generacji były wyposażone w zespoły liczące prawdopodobnie po kilkaset lub kilka tysięcy elementów czułych na promieniowanie podczerwone. Kąt widzenia każdego elementu był znikomy, odpowiadający fragmentowi powierzchni Ziemi rzędu 4-8 $km^2$. Nawet przy dziesięciu tysiącach zainstalowanych czujników całkowita powierzchnia wykrywanych zjawisk wynosiła zaledwie 4-80 tysięcy $km^2$. Liczby te obrazują rzeczywiste możliwości jednego satelity wyposażonego w czujniki rejestrujące podczerwone promieniowanie cieplne. Podczas startu rakiet temperatura gazów opuszczających silniki osiąga poziom 2000°K, a długość fal podstawowej masy wypromieniowywanej energii oscyluje wokół 1,5 μm, część zaś fal ma długość około 3 μm. Czujniki rejestrują fale dłuższe, pomimo mniejszej ilości energii wypromieniowywanej przy tej

długości fali. Dzieje się tak dlatego, że atmosfera ziemska pochłania intensywnie promieniowanie cieplne emitowane w postaci fal krótszych od 3 μm, przepuszczając promieniowanie na falach od 3 do 5 μm.

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

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

Warto przypomnieć, że na przykład powierzchnia Oceanu Spokojnego wynosi 179 679 000 $km^2$, a Oceanu Atlantyckiego 106 463 000 $km^2$. Natomiast obszar Stanów Zjednoczonych ma 9 363 000 $km^2$, a Rosji - 17 075 400 $km^2$. Chcąc nieustannie śledzić cały Atlantyk, należałoby użyć do tego celu od 1325 do 2650 satelitów, a nad obszarem Rosji mieć od 250 do 500 satelitów wczesnego ostrzegania. Liczby te wskazują, iż stałe śledzenie ogromnych obszarów jest niemożliwe ze względów ekonomicznych i technicznych. Dlatego też niewątpliwie planowane jest wybiórcze śledzenie obszarów o szczególnym znaczeniu, do których zaliczają się wcześniej rozpoznane lub domniemane rejony rozmieszczenia baz rakietowych oraz operowania okrętów rakietowych. Można przypuszczać, że stosowana jest także metoda kolejnego kontrolowania dużego obszaru za pomocą jednego satelity.

Obieg informacji w systemie ostrzegania cechuje się wysokim zautomatyzowaniem. Cechy zjawisk, na które zaprogramowano czujniki, przekazywane są do komputera, tam przetwarzane w odpowiednio szyfrowane sygnały, a następnie

transmitowane drogą radiową do stacji naziemnych. Niewątpliwie, w przekazywanych informacjach mieszczą się dane umożliwiające odtwarzanie charakteru zaobserwowanego zjawiska (na przykład start rakiet czy eksplozja jądrowa). Określane są ponadto współrzędne geograficzne lub przynajmniej rejon, w którym zaobserwowane zjawisko powstało, a także kierunek i prędkość jego ruchu. Precyzyjne określanie współrzędnych występujących zjawisk nie jest sprawą prostą, zważywszy ogromnie skomplikowane orientowanie, w stosunku do układu odniesienia i obserwowanych zjawisk, nie tylko satelity, ale przede wszystkim jego czujników.

Ciągle trwają intensywne prace mające na celu podnoszenie skuteczności aparatury satelitów ostrzegawczych. Duży postęp zanotowano podobno w stosowaniu scalonych detektorów podczerwieni wraz z czujnikami mozaikowymi zatopionymi w warstwie krzemu, stanowiącej układ przenoszenia ładunków elektrycznych. Niezwykle wysoka czułość czujników mozaikowych uzyskuje się przez zastosowanie w satelitach odpowiednich układów chłodzenia. Wprowadzenie układów przenoszenia ładunków elektrycznych umożliwia przekazywanie obrazów podczerwonych w postaci sekwencji impulsów elektrycznych, nadających się wprost do transmisji, co znakomicie upraszcza i skraca całą operację. Wszystkie te zabiegi umożliwiają radykalne rozszerzenie zdolności śledzenia, także obiektów wydzielających nieznaczne promieniowanie cieplne - nieznaczne w porównaniu z eksplozjami jądrowymi, startami rakiet lub samolotów. Potrzeby taktyczno-operacyjne wskazują na to, że śledzeniem powinny być objęte także przemieszczające się okręty, większe masy sprzętu bojowego wojsk lądowych, a także pojazdy powracające z głębi kosmosu oraz satelity obiegające Ziemię i inne ciała Układu Słonecznego. Zainteresowanie obiektami kosmicznymi jest zasadne w świetle dążeń do dalszego rozwijania wojskowej logistyki kosmicznej i systemów obronnych. 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 były ZSRR i Stany Zjednoczone do utworzenia tak zwanej gorącej linii. Ludzie obdarzeni wyobraźnią usiłują sugerować podjęcie działań na rzecz stworzenia wielu progów zabezpieczenia przed katastroficznym dla obu stron sprowokowaniem wymiany zmasowanych uderzeń jądrowych. Proponuje się, na przykład, przystosowanie rakiet międzykontynentalnych do ich odwoływania, gdy są już w drodze do przydzielonych im obiektów. Podczas kilkunastominutowego lotu rakiet mogłoby się okazać, że alarm był fałszywy i wobec tego twórcy pomysłu widzą szansę ratunku w odwołaniu ataku, a następnie odzyskaniu głowic bojowych rakiet. Trudno odmówić tym pomysłodawcom dobrych chęci. Czy jednak jest to realne? Pod względem technicznym tak. Jednakże strona zagrożona lecącymi rakietami nie mogłaby biernie czekać na ewentualne odwołanie ataku. Natychmiast po ustaleniu rzeczywistego zagrożenia musiałaby wykonać uderzenie odwetowe. Tak więc przedstawiony pomysł wydaje się naiwny, jeśli uwzględni się kwestię zagłady obu stron w globalnym konflikcie zbrojnym. Wobec tego nie mogą być przydatne zawodne systemy wczesnego ostrzegania, szczególnie nie kontrolowane przez inne systemy rozpoznania.

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

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

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

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

gdzie: $R_e$ - efektywna zdolność rozdzielcza obrazów fotograficznych,

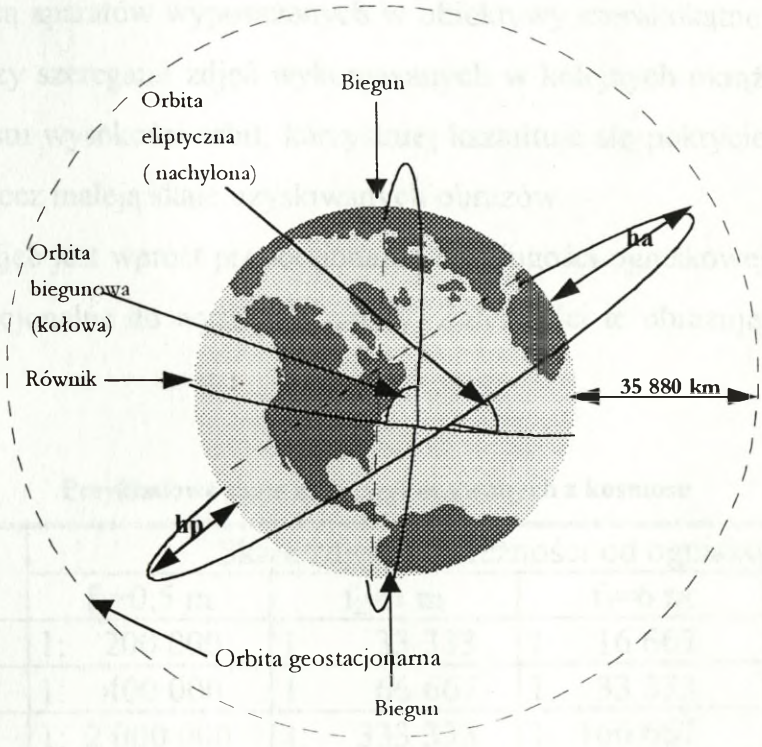
$R_m$ - zdolność rozdzielcza materiałów światłoczułych,

$R_o$ - 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 o małej wysokości (około 150 km). Wówczas czas działania satelity, zwłaszcza na orbicie kołowej, byłby bardzo krótki - od kilku godzin do kilku dni. Dłuższy czas funkcjonowania miałby satelita obiegający ziemię po o orbicie eliptycznej, której perygeum, w granicach 130-150 km, położone byłoby nad obszarami

fotografowanymi. Nawet przy tak niskim perygeum satelita może krążyć po orbicie do kilkudziesięciu dni i w części orbity fotografować wybrane obszary Ziemi. Przy stosowaniu orbit eliptycznych perygeum mieści się zwykle w przedziale wysokości 150 - 500 km, natomiast wysokość apogeum wynosi 4000-8000 kilometrów.

Parametry orbit są odpowiednio dobierane, stosownie do celów zamierzonych w rozpoznaniu kosmicznym (rys. 3.3.). Gdy kąt nachylenia orbity wynosi 90°, mamy do czynienia z tak zwaną orbitą biegunową. Satelita fotograficzny w każdym okrążeniu kuli ziemskiej przelatuje nad oboma biegunami Ziemi w odstępach czasu wynikających z wysokości orbity.




Rys. 3.3. Orbity stosowane w fotografowaniu satelitarnym

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

kości 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 kilometrów.

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 3.2.

Tabela 3.2.

**Przykładowe skale zdjęć wykonywanych z kosmosu**

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

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

Zasadniczym miernikiem przydatności obrazów obiektów zdobywanych przez rozpoznanie satelitarne jest tak zwana **zdolność rozdzielcza zobrazowania**. Obrazy tworzone za pomocą soczewek optycznych (kamery telewizyjne, fotograficzne) bądź anten odbiorczych (radiolokatory) mają charakter dyfrakcyjny. Ma to duże znaczenie, gdy trzeba rozróżniać, a więc widzieć oddzielnie, zobrazowane obiekty, między którymi odległość kątowa ($\Theta$) jest bardzo mała. Wykorzystuje się w tym wypadku tak zwane kryterium Rayleigha[106], 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:

$\Theta_R$ - kątowa zdolność rozdzielcza zobrazowania,

$\lambda$ - długość fali będącej nośnikiem informacji,

d - średnica czynna obiektywu (anteny).

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

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.

[106] D. Halliday, R. Resnick, Fizyka, Warszawa 1974, ss. 549-551.

W świetle teorii, ilość i jakość informacji zawartych w obrazach rozpoznania satelitarnego nie zależy od rodzaju aparatury, lecz tylko od długości fal ($\lambda$) 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.

Z treści tabeli 3.2. wynika też wniosek, że im większa jest ogniskowa aparatów fotograficznych, tym większą skalę mają zobrazowania na zdjęciach przy danej wysokości fotografowania. Niestety, wydłużanie ogniskowej nastręcza nie tylko rozliczne trudności w procesie budowy aparatów długoogniskowych, lecz także wydatnie ogranicza ich kąty „widzenia". W efekcie aparaty o bardzo długich ogniskowych umożliwiają fotografowanie pasów terenu o szerokości równej od 10% do 50% wysokości fotografowania. Można więc fotografować (skanować) takimi aparatami tylko wybrane, stosunkowo niewielkie obszary, na których trzeba zidentyfikować obiekty o małych rozmiarach, ewentualnie częściowo maskowane.

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

Wysoką efektywność osiąga się w przekazywaniu wyników rozpoznania drogą radiową. Analizator obrazu zamienia go w ciąg sygnałów elektromagnetycznych, odpowiadających swym charakterem różnym stopniom zaczernienia lub zabarwienia. Sygnały odbierane przez stacje naziemne zamieniane są z kolei na obrazy pierwotne. Mogą być one odtwarzane na ekranach elektronicznych, zapisywane na nośnikach magnetycznych lub kopiowane na materiałach fotochemicznych. Po-

trzebne są zatem naziemne stacje odbioru, których przeciwnik nie mógłby zakłócać. Prędkość przekształcania obrazów w sygnały elektromagnetyczne i odwrotnie jest tak duża, że nie występuje licząca się zwłoka w ich przesyłaniu z satelity do odbiorców. Początkowo informacje były transmitowane podczas przelotu satelitów nad obszarami, na których istniało bezpośrednie połączenie ze stacjami naziemnymi. Obecnie możliwe jest przesyłanie sygnałów radiowych przez satelitę z dowolnego punktu orbity. Zapewniają to systemy łączności satelitarnej, eliminujące wpływ naturalnego zjawiska, którym jest tak zwany horyzont słyszalności radiowej.

Odczytywanie wyników rozpoznania satelitarnego jest procesem złożonym, który w poważnym stopniu został zautomatyzowany. Na pojedynczym obrazie mogą znaleźć się, zwłaszcza podczas wojny, tysiące pojazdów o różnym przeznaczeniu. Analizowanie przez człowieka każdego szczegółu zajęłoby wiele dni, a nawet miesięcy. Ocenę tę potwierdzają doniesienia o długotrwałych analizach zdjęć innych planet. W okresie pokoju analizy takie mogą być dopuszczalne, natomiast niedopuszczalne są w okresie zagrożenia wojną lub podczas jej prowadzenia. Dlatego też coraz szerzej stosowana jest zautomatyzowana analiza obrazów satelitarnych. Obszary, na których przeciwnik może zmieniać sytuację militarną, fotografuje się w odstępach czasu zapewniających uchwycenie wszystkich tych zmian. Kolejne generacje obrazów poddawane są automatycznej analizie komputerowej. Każdą zmianę komputer natychmiast sygnalizuje i szczegół taki jest poddawany dokładnej analizie.

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

większaniu, zmianie kontrastu lub porównywaniu z innymi zobrazowaniami uzyskanymi za pomocą odmiennych systemów rozpoznania obrazowego.

Odczytywanie obrazów dokonywane wzrokowo przez człowieka czy też w sposób zautomatyzowany odbywa się na podstawie dostrzegalnych cech obiektów. Możliwe jest rozróżnianie na obrazach satelitarnych obiektów, których średnica lub długość i szerokość wynosi tylko nawet 15 centymetrów. 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 rozumiane jest jako postrzeganie i widzenie oddzielne, natomiast rozpoznanie to określenie tego, co się postrzega, i cech postrzeganego obiektu. Na obrazach 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 zmniej-

szające kontrastowość obiektów, siatki maskujące lub zadymianie, w poważnym stopniu obniżają efektywność rozpoznania satelitarnego.

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

Podobnie, jak to jest w lotnictwie państw członkowskich NATO, dane z rozpoznania satelitarnego w WSOSP uwzględniane byłyby podczas planowania i realizacji szkolenia pilotażowego i taktycznego. Możliwe jest wykorzystanie tych systemów satelitarnych w trakcie prowadzenia i realizacji ćwiczeń taktycznych i taktyczno – specjalistycznych. Niezbędne wydają się one być także w czasie wykonywania lotów specjalnych (szczególnie z uzbrojeniem lotniczym). Celowe jest również korzystanie z danych dostarczonych z kosmosu do optymalizacji wykonania określonych zadań. Szczególnie dotyczy to określenia miejsca dyslokacji sił i środków pozorowanego przeciwnika, rozmieszczenia i rodzaju środków obrony przeciwlotniczej, miejsc dyslokacji stanowisk dowodzenia oraz celów uderzeń grup lotniczych. Dzięki wykorzystaniu danych otrzymywanych z satelitów rozpoznawczych możliwe jest urealnienie szkolenia lotniczego, a w szczególności taktycznego.

### 3.2. Prognozowanie warunków atmosferycznych za pomocą obrazów satelitarnych

Prognozowanie[107] „pogody", szczególnie dla sił powietrznych ma doniosłe znaczenie. Odbywa się równolegle z planowaniem szkolenia lotniczego. Otóż za

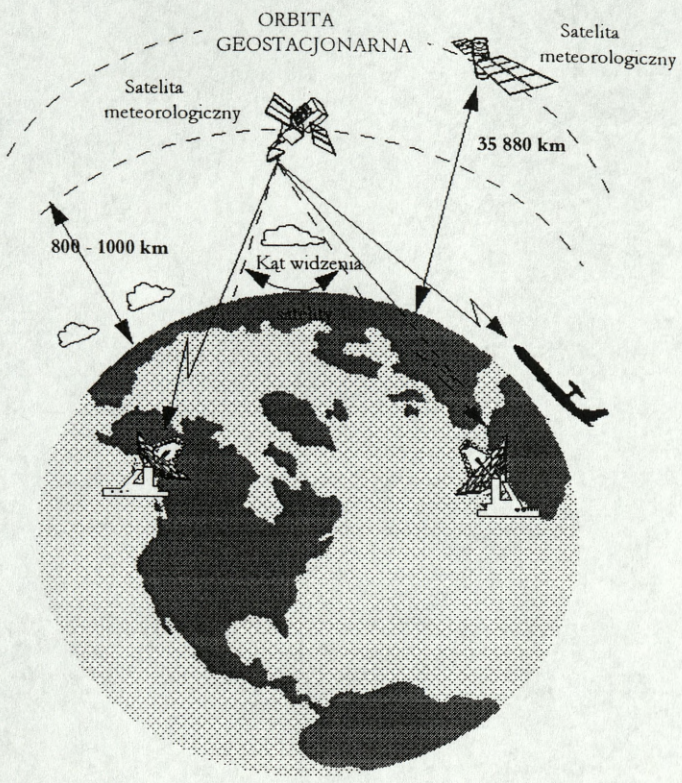
[107] Prognoza 1<< przewidywanie przyszłych faktów, zdarzeń itp. oparte na uzasadnionych przesłankach, formułowane przez specjalistów w danym zakresie >>:Prognoza meteorologiczna. Prognoza społeczna. Prognoza pogody, Słownik języka polskiego, Wyd. PWN, 1988, t. 2, s. 931.

pomocą obrazów przedstawiających stan atmosfery ziemskiej można prognozować pogodę (warunki atmosferyczne) nie tylko z o wiele wyższym prawdopodobieństwem „trafności", ale też na dłuższy okres. Ponadto za pomocą satelitów można rozpoznawać wpływ zewnętrzny na atmosferę ziemską.

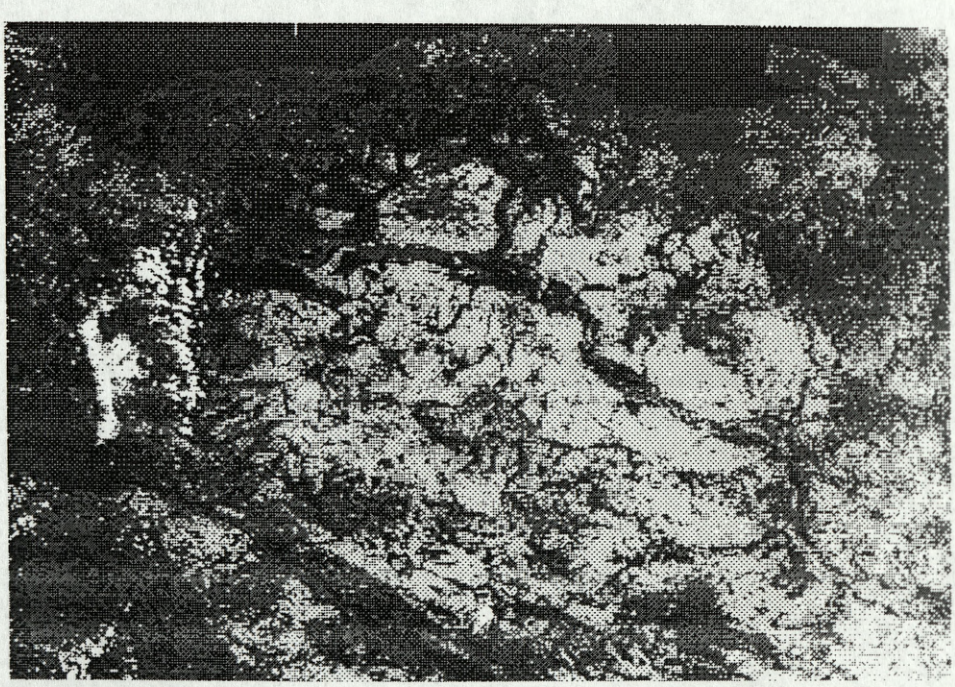
Podczas wojny współpraca służb meteorologicznych byłaby wykluczona. Przeciwnicy byliby zainteresowani wzajemnym paraliżowaniem funkcjonowania wszelkich systemów informacyjnych wrogiej strony. Wobec tego informacje meteorologiczne z obszarów przeciwnika oraz z rejonów nie objętych wojną praktycznie byłyby nieosiągalne tradycyjnymi metodami. Własny system satelitarny, oprócz niezawodności operacyjnej wyrażającej się ciągłością funkcjonowania, wyróżnia się i innymi dodatnimi cechami. Otóż satelity meteorologiczne mają zdolność jednoczesnego objęcia obserwacją wielkich obszarów. Ma to istotne znaczenie dla prognozowania warunków atmosferycznych i rozpoznawania ogólnych tendencji pogodowych. Do szczegółowego prognozowania mogą być tworzone obrazy w większej skali, obrazy łączone w sekwencje i przesyłane do adresatów (rys. 3.4. i 3.5.).

W czasie transmisji z pokładu satelity obrazy chmur zamieniane są przez aparaturę na sygnały radiowe i transmitowane do odbiorców. Na ich podstawie dokonuje się bezpośredniej analizy informacji - za pomocą komputerów odbiorców, w czasie bieżącym lub dopiero po zrekonstruowaniu obrazów w stacjach meteorologicznych. Sytuacja pierwsza jest raczej wizją, chociaż już obecnie systemy samosterujące oraz samoloty kosmiczne potrzebują bieżących informacji meteorologicznych. Z obrazów odczytuje się makroskopową strukturę chmur oraz stan atmosfery ziemskiej. Wykrywa się niszczycielskie strefy opadów, huragany i tajfuny[108] w momencie ich powstawania.

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




Rys. 3.4. Schemat funkcjonowania systemu meteorologii kosmicznej



Rys. 3.5. Obszar Polski na zdjęciu wykonanym przez satelitę meteorologicznego NOAA w dniu 18.05.1989 roku

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 mają istotne walory użytkowe w porze dziennej. Dostarczając obrazów dużych obszarów, umożliwiają meteorologom prognozowanie cyrkulacji atmosfery, określanie kierunków i prędkości wiatrów oraz charakteru spodziewanych opadów i poziomu temperatur. Określony stan atmosfery powoduje powstawanie właściwych mu chmur oraz zjawisk im towarzyszących. Znajomość obiektywnych uwarunkowań umożliwia wnioskowanie o wielu parametrach meteorologicznych na podstawie widoku chmur.

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

Siły zbrojne potrzebują do bieżących działań wojennych aktualnych informacji meteorologicznych, ale nie mniej istotne są prognozy długoterminowe. Przykłady historyczne[109] świadczą o tym, że prognozy meteorologiczne stanowiły podstawę do podejmowania decyzji o działaniach bojowych nawet w skali strategicznej.

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

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.

Trudna jest ocena wpływu meteorologii satelitarnej na rezultaty działalności ogólnoludzkiej. Nie ma też jednoznacznych mierników oceny jej wpływu na skutki działalności militarnej czy samo szkolenie lotnicze. Że jest on duży, w to nikt nie wątpi. Informacje meteorologiczne przesyłane z kosmosu dotyczą na razie głównie Ziemi i jej najbliższego otoczenia. Ich podstawowymi zaletami są szeroki zakres przestrzenny oraz wczesne ujawnianie przyszłych stanów atmosfery. Informacje takie mają fundamentalne znaczenie w procesie planowania szkolenia lotniczego w WSOSP, szczególnie w Polsce, gdzie tempo zmian zachodzących w atmosferze jest olbrzymie, a możliwość przewidywania niebezpiecznych zjawisk pogodowych jest jednym z czynników decydujących o bezpieczeństwie tego szkolenia. Dzięki wykorzystaniu danych otrzymanych z satelitów meteorologicznych, byłby możliwy dostęp do przekroju pionowego atmosfery na dowolnym kierunku wykonywania planowanych zadań lotniczych. W trakcie realizacji szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP istnieje potrzeba prowadzenia bieżącej analizy dotyczącej: optymalizacji tras lotniczych, planowaniu ugrupowań (na poszczególnych etapach wykonywania lotów) oraz unikania (omijania) rejonów z niesprzyjającymi warunkami atmosferycznymi. Wykorzystanie możliwości satelitarnych systemów meteorologicznych w szkoleniu lotniczym umożliwia dobór optymalnych warunków zapewniających naukę skrytego podejścia do wyznaczonego celu i wykonanie zadań w różnorodnych grupach taktycznego przeznaczenia. Dane otrzymywane w trakcie wykorzystania tych systemów satelitarnych pozwalają na ekonomiczne planowanie

samego szkolenia lotniczego, tak z widzialnością ziemi, jak i bez niej. Trafny wybór miejsca, czasu i warunków atmosferycznych to główne czynniki, od których zależy bezpieczeństwo szkolenia lotniczego i jego rezultaty.

### 3.3. Możliwości wykorzystywania nawigacyjnych namiarów satelitarnych

Każdy rodzaj wojsk potrzebuje wsparcia przez systemy nawigacji satelitarnej w precyzyjnym i szybkim określaniu położenia (współrzędnych) swych obiektów stałych i ruchomych. A priori można ocenić, że na takie wsparcie wojska te mogą liczyć. W poniższej ocenie możliwości wykorzystywania systemów nawigacji satelitarnej do rozwiązywania zadań nawigacji lotniczej zostały wyłuszczone uzasadnienia stanowiące dowody zasadności oczekiwania, że wszystkie rodzaje wojsk na takie wsparcie mogą liczyć.

Systemy nawigacji satelitarnej powinny zapewniać lotnictwu rozwiązywanie wszystkich zadań przypisywanych nawigacji lotniczej[110]. Czy zapewniają? Na pytanie to nie można odpowiedzieć kategorycznie w formie „tak" lub „nie" Dlaczego? Otóż Amerykanie sądzą, że ich globalny system nawigacyjny Navstar GPS, pokrywający całą kulę ziemską, stale dostępny i dokładny, jest atrakcyjny dla państw im nieprzyjaznych. W związku z tym uważają, że szeroki ogół odbiorców nie powinien mieć możliwości określania położenia za pomocą GPS dokładniej niż 200 metrów. Ocenia się przy tym, że dokładność taka nie będzie potęgować zagrożenia dla Stanów Zjednoczonych. Problem ten jest corocznie weryfikowany i przewiduje się wprowadzanie zmian w kierunku podnoszenia dokładności GPS.

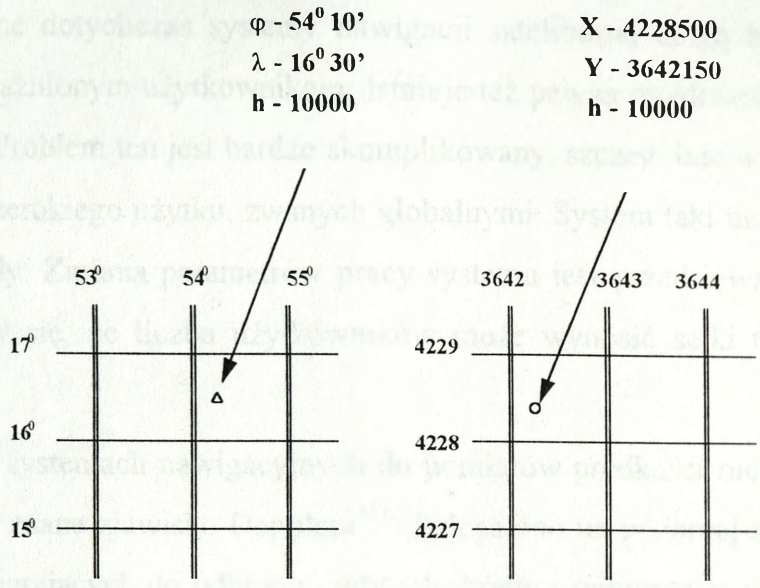
---

[110] Nawigacja lotnicza, aeronawigacyjna, dział nawigacji dotyczący zagadnień żeglugi powietrznej ... ... w lotnictwie znalazła szersze zastosowanie nawigacja bezwładnościowa, astronawigacja i radioastronawigacja, a także radioelektronika ... Nawigacja lotnicza może obecnie zapewnić: 1) prowadzenie samolotów (pocisków rakietowych) do celu w dowolnych warunkach i po dowolnej trasie; 2) powrót samolotu na lotnisko po wykonaniu zadania; 3) bezpieczeństwo ruchu na trasie, w rejonie lotniska itp.; 4) bezpieczeństwo podejścia samolotów do lądowania oraz wykonanie lądowania w nocy lub w trudnych warunkach meteorologicznych; 5) naprowadzanie samolotów na cele powietrzne i naziemne oraz prawidłowy zrzut bomb, odpalenie pocisków rakietowych itp., Mała encyklopedia, Wyd. MON, 1971, t. 2, s. 388.

O zróżnicowaniu urządzeń odbiorczych użytkowników było już wspomniane. 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, których sygnały odbiera aparatura danego obiektu. Odległości te oblicza się na podstawie mierzonego czasu biegu fal elektromagnetycznych emitowanych z satelitów. Na przykład, błąd w rejestracji czasu biegu fal wynoszący 1/100 000 s powoduje błędne określenie położenia obiektu o 3000 metrów.

Każde określenie położenia nawigowanego obiektu odbywa się przez rozwiązanie dla poszczególnych satelitów równania z czterema niewiadomymi. Trzy niewiadome wyrażają położenie obiektu, czwarta - czas. Położenie może być opisywane długością i szerokością geograficzną oraz wysokością względem poziomu morza lub innego punktu odniesienia. Czwartą niewiadomą jest czas, który określa się na podstawie przesunięcia wskazań zegara użytkownika. Urządzenie odbiorcze może być przygotowane do automatycznego przeliczania danych o położeniu i ich zobrazowywania w dowolnym układzie odniesienia, na przykład we współrzędnych prostokątnych lub według dowolnej siatki kodowej (rys. 3.6.).

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




a)Według współrzędnych geograficznych b) Według współrzędnych prostokątnych

Rys. 3.6. Idea określania i zobrazowywania położenia nawigowanych obiektów

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

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

W istniejących systemach nawigacyjnych do pomiarów prędkości ruchu wykorzystuje się ogólnie znane zjawisko Dopplera[111]. 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 satelitów wykonywane są na podstawie:

a) pomiarów przesunięć częstotliwości fal emitowanych z poszczególnych satelitów;

b) korekcji refrakcji jonosferycznej w poszczególnych pasmach częstotliwości;

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

d) znaczników dokładnego czasu przekazywanych przez poszczególne satelity;

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

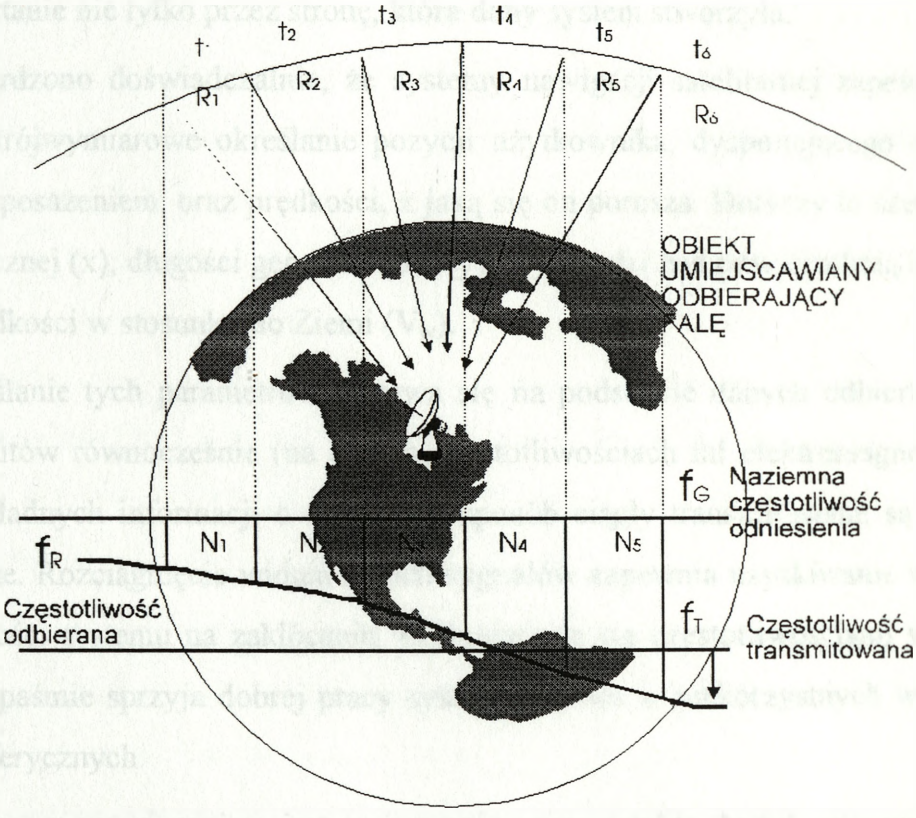
Położenie nawigowanego obiektu może być określane na podstawie namiarów jednego satelity lub zespołu satelitów. Jest oczywiste, że im więcej satelitów będzie wykorzystywanych, tym dokładność będzie większa.

---

[111] Halliday D. Resnick R., Fizyka, Wyd. PWN, Warszawa, 1979, t. 2, ss. 423 - 430.

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

Przy ustalaniu położenia z wykorzystaniem jednego satelity (rys. 3.7.) analizuje się zmiany częstotliwości (N) znając prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych (c).




Rys. 3.7. Przykład zmiany częstotliwości fali elektromagnetycznej wywoływanej zmianą odległości w czasie ruchu satelity

Nie ulega wątpliwości, że podczas wojny systemy nawigacji kosmicznej będą przedmiotem różnorodnego oddziaływania przeciwnika. Dlatego dąży się do jak najlepszego ich zabezpieczania, zwłaszcza przed zagłuszaniem i dezinformowa-

niem. 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 kosmicznej za pomocą zakłóceń radioelektronicznych. Żadne państwo nie tworzy obecnie urządzeń, które można byłoby stosować do biernego zakłócania satelitów nawigacyjnych. Być może jest inaczej, ale brak na ten temat wiadomości.

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

Stwierdzono doświadczalnie, że systemy nawigacji satelitarnej zapewniają precyzyjne trójwymiarowe określanie pozycji użytkownika, dysponującego odpowiednim wyposażeniem, oraz prędkości, z jaką się on porusza. Dotyczy to szerokości geograficznej (x), długości geograficznej (y), wysokości nad powierzchnią Ziemi (h) oraz prędkości w stosunku do Ziemi ($V_w$).

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

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

jest rubid lub cez. Są one wystarczająco stabilne, by zapewnić wysoce dokładne obliczenia danych nawigacyjnych, nawet bez systematycznego ich aktualizowania przez dłuższy czas.

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

Na podstawie trójwymiarowo określonego położenia celu, warunków atmosferycznych oraz właściwości dynamicznych i balistycznych środków rażenia, system nawigacyjno-bombardierski może obliczyć punkt, w którym musi być uwolniony ładunek, aby trafił w cel. Wyprowadzenie samolotu lub innego obiektu w punkt ataku może być zaprogramowane i realizowane automatycznie za pomocą komputera. Także uwolnienie ładunku dokonywane jest przez układ automatyczny.

Wykorzystywanie w zestawach nawigacyjno-celowniczych różnych źródeł danych czyni je nie tylko precyzyjnymi, lecz i niepomiernie uodparnia na naturalne i celowe zakłócenia przeciwnika. Systemy nawigacji satelitarnej wyróżniają się przy tym szczególną przydatnością do naprowadzania obiektów powietrznych, w wielkich przestrzeniach i na duże odległości. Błędy w nawigowaniu i naprowadzaniu

środków rażenia za pomocą środków kosmicznych nie rosną proporcjonalnie do rozmachu przestrzennego, jak to jest w układach inercyjnych i radionawigacyjnych. Ponadto zasięg systemów kosmicznych jest praktycznie nieograniczony. W związku z tym za pomocą satelitarnych systemów nawigacyjnych można dokonywać nie tylko wstępnego wycelowania środków rażenia na duże odległości, ale także korygować ich lot aż do uderzenia w cel.

Nawigacyjne systemy inercyjne i radionawigacyjne, chociaż dokładniejsze od zliczeniowych, nie mogą konkurować z satelitarnymi pod względem dokładności określania położenia, co obrazuje tabela 3.3. Parametr ten wpływa nie tylko na skuteczność stosowanego uzbrojenia, lecz także na wyniki innych działań, takich jak: spotkania tankowców powietrznych z zaopatrywanymi w paliwo jednostkami bojowymi, zrzut ładunków w ściśle określone punkty nie obserwowane wzrokowo lub odległościowe sterowanie aparatami bezzałogowymi. Szczególne korzyści operacyjne upatrywane są w podnoszeniu celności rażenia rakietami międzykontynentalnymi i operacyjno-taktycznymi.

Globalizm nowoczesnych systemów nawigacji satelitarnej wyraża się także w możliwości ich równoczesnego wykorzystywania przez różne rodzaje sił zbrojnych i wojsk, różne szczeble dowodzenia oraz zgrupowania wykonujące wspólnie zadania bojowe. Korzyści taktyczne i operacyjne trudno w tym wypadku przecenić, można bowiem planować i prowadzić działalność ogniową i manewr wojsk bez konieczności stosowania tradycyjnych przedsięwzięć zabezpieczających, bez wzajemnego rażenia i wytwarzania chaosu.

Z doświadczeń wyniesionych głównie z drugiej wojny światowej wynika, że brak ciągłej informacji o położeniu wojsk był przyczyną strat zadawanych sobie wzajemnie przez współdziałające strony. Stąd też wytworzyła się praktyka wyznaczania rubieży i pasów bezpieczeństwa. W rezultacie broń ciężka nie mogła być swobodnie używana do niszczenia przeciwnika tuż przed nacierającymi wojskami.

Tabela 3.3.

**Cechy wybranych systemów nawigacyjnych**

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

Pas bezpieczeństwa obejmuje wartość liniową czterech maksymalnych uchyleń prawdopodobnych i wartość promienia rażenia stosowanego środka. Wynosi to minimum 1-2 km, a z poprawką na opóźnienia w informowaniu o położeniu i błędy w określaniu swego położenia metodami tradycyjnymi - pas bezpieczeństwa przed przednim skrajem wojsk własnych podczas uderzeń lotnictwa środkami klasycznymi może wynosić 5-10 i więcej kilometrów. Wzajemne informowanie się wojsk o swym aktualnym położeniu, według wspólnej siatki współrzędnych, oraz precyzyjne celowanie - na podstawie danych satelitarnych - w obiekty niewidoczne wzrokowo przy wykorzystaniu danych satelitarnych, umożliwia nawet pięciokrotne zawężenie niezbędnego pasa bezpieczeństwa.

Powyższe oceny, oparte na analizie rozproszonych informacji prasowych, radiowych i telewizyjnych, weryfikowanych po części w trakcie prowadzonych przez autora eksperymentów, oraz doświadczeń z eksploatacji ich w 36 splt i 13 plt, prowadzą do wniosku, że systemy satelitarne zapewniają rozwiązywanie klasycznych zadań nawigacji lotniczej. Jednak błędy w określaniu omawianych wcześniej współrzędnych x, y i h uniemożliwiają lądowanie bez widoczności ziemi i precyzyjne rażenie obiektów, których nie obserwujemy wzrokowo. Do tych celów dopuszczalne błędy x, y i h nie powinny przekraczać 1 metra. Jeśli nawet wzrosną dokładności pomiarów, to i tak samo zainstalowanie na pokładach statków powietrznych wskaźników nie rozwiąże problemu. Konieczne są specjalizowane komputery pokładowe.

Powszechnie znanym faktem jest, że globalny system satelitarny GPS został opracowany na zlecenie Ministerstwa Obrony USA, w tym sił powietrznych tego kraju. One też są jego głównym użytkownikiem. Swoim zasięgiem objął całą przestrzeń wokół Ziemi. Zadaniem systemu jest umożliwienie precyzyjnego wyznaczania miejsca swojego położenia przestrzennego. Szeroko wykorzystuje się ten system satelitarny do szkolenia lotniczego we wszystkich rodzajach lotnictwa. W WSOSP istnieje również potrzeba korzystania w trakcie szkolenia pilotażowego i taktycznego z systemu nawigacji satelitarnej. W związku z występującą możliwością wykorzystania globalnego systemu nawigacyjnego GPS NAVSTAR należy

z tego skorzystać. Wprowadzenie zautomatyzowanego procesu kontroli położenia przestrzennego własnych statków powietrznych z udziałem tego systemu ułatwiałoby samo szkolenie, jak również wprowadziłoby WSOSP do ustalonych w NATO standardów. Nowością systemu wprowadzonego w USA jest zamontowanie kolorowej taktycznej mapy cyfrowej - SITMAP, na której prezentowane jest przestrzenne położenie własnych statków powietrznych przekazujących automatycznie, drogą radiową swoją aktualną pozycję, dzięki odbiornikom pokładowym GPS NAVSTAR. Mapa ta wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem - MCS (Manevuer Control System) znajduje się na stanowisku dowodzenia (stanowisku kierowania) służąc zasadniczo do wspomagania różnorodnych manewrów, w tym i podczas szkolenia pilotażowego i taktycznego w siłach powietrznych USA. Ponadto ten system zintegrowany z systemem nawigacyjnym - INS (Inertial Navigation System), może być wykorzystany w trakcie prowadzenia działań bojowych, poszukiwaniach i ratownictwie oraz przemieszczaniu się po krajowych i międzynarodowych szlakach komunikacyjnych. W związku ze starzeniem się środków radiotechnicznych, wykorzystanie nawigacyjnego systemu satelitarnego pozwoliłoby w WSOSP na wykonywanie lotów szkoleniowych przy ograniczonej liczbie pracujących środków pomocniczych. Istniałaby możliwość wykorzystywania go również do wykonywania zbiórek i rozpuszczania grup statków powietrznych oraz wykonywania lotów na małych wysokościach bez względu na panujące warunki atmosferyczne.

### 3.4. Możliwości wykorzystywania łączności satelitarnej

Łączność satelitarna znosi granice przestrzenne, techniczne i ekonomiczne, które osiągnęła tradycyjna łączność przewodowa, łączność radioliniowa i radiowa[112]. Wprawdzie przez wiele lat musiano posługiwać się kablami podmorskimi i oceanicznymi, ale czas ich „układania" i koszta byłyby olbrzymie. Praktycznie

[112] Wymienia się 3 główne rodzaje podsystemów łączności wojskowej, gdyż w końcu XX wieku mówienie o łączności sygnalizacyjnej lub środkami ruchomymi (transportu) w dowodzeniu wojskami wzbudza „zakłopotanie", Mała encyklopedia wojskowa, Wyd. MON, 1970, t. 2, s. 228.

wymienione rodzaje łączności mogą być wykorzystywane przez siły zbrojne do lokalnej wymiany informacji w systemie dowodzenia wojskami co jest najistotniejsze w łączności wojskowej[113].

Autor nie miał dostępu do satelitarnych systemów łączności wojskowej. Jeśli przyjmie się hipotezę, że są one sprawne przynajmniej jak Intelsat, to udostępnienie siłom powietrznym tego rodzaju łączności rozwiązałoby wszystkie znane dylematy łączności „konwencjonalnej".

Amerykanie wykorzystują dwa niezależne podsystemy tworzące globalny wojskowy system dowodzenia i kontroli WWMCCS[114]. Są to strategiczne podsystemy łączności satelitarnej. Pierwszy z nich służy do dowodzenia strategicznego na dużych odległościach oraz przekazywania danych wywiadowczych i prowadzenia łączności specjalnej. Podsystemy taktyczne służą celom taktycznym i są niezbędne w codziennym działaniu jednostek sił zbrojnych.

Funkcjonuje również inny amerykański wojskowy satelitarny system łączności MILSTAR[115]. Ten system łączności wykorzystuje również kierownictwo polityczne i wojskowe USA ze względu na dużą jego odporność na zakłócenia i olbrzymie możliwości przesyłowe. Współpraca tego systemu z GPS NAVSTAR, określona mianem „układu $C^3I$"[116] stanowi ważną jego funkcję.

Wspomniano już o „układzie $C^3I$", ponieważ w procesie pośredniczenia między korespondentami stosowane są różne metody retranslacji satelitarnej. Do najbardziej znanych rozwiązań należą: pośredniczenie na różnych częstotliwościach; pośredniczenie w różnym czasie; pośredniczenie przez tworzenie sygnałów zbiorczych.

**Metoda pierwsza** polega na wyodrębnianiu różnych częstotliwości nośnych w paśmie odbiorczym aparatury satelitarnej i przydziale tych częstotliwości stacjom naziemnym. Podczas pośredniczenia następuje odbiór, wzmacnianie i wypromieniowywanie sygnałów mających ustalone częstotliwości. W celu eliminowania za-

---

[113] Tamże, ss. 228-232.
[114] WWMCCS - Word - Wide Military Command and Control System
[115] MILSTAR - Military Strategic Tactical and Relay.

kłóceń wewnętrznych wzmacniacze nadajników mogą mieć kilka odrębnych kanałów szerokopasmowych.

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

**Metoda trzecia** to retransmisja sygnałów o wspólnym widmie[117]. 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.

Z dostępnych informacji wynika, że satelity łączności funkcjonujące na orbitach wokółziemskich, nie uwalniają od konieczności posiadania również naziemnych stacji i to różnych rodzajów - rys. 3.8. Niestety, nasz telefon dowódczy i sztabowy może nas połączyć z abonentem w USA, ale przez stację naziemną w Psarach, z której wysyłane są fale elektromagnetyczne do satelity widzialnego, a tenże do

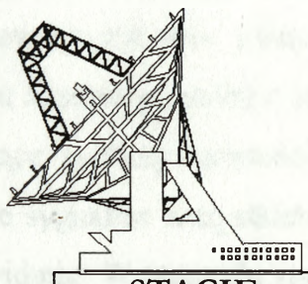
---

[116] W tłumaczeniu oznacza to: „Dowodzenie, Kontrola, Komunikacja i Wywiad – Command, Control, Communication and Intelligence".

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

satelity pośredniczącego, potem do stacji naziemnej w USA i dopiero stacja ta śle sygnały do adresata.

W naziemnych stacjach łączności satelitarnej wykorzystuje się wspólną antenę nadawczo-odbiorczą. Nie bez znaczenia są koszty budowy anteny, dochodzące w niektórych stacjach do 40% ich ogólnej wartości. Stosowanie dipleksera umożliwia obsługę nadajnika i odbiornika jedną anteną, bez zakłóceń wewnątrz układów stacji. Sygnały nadawane i odbierane muszą być transmitowane w różnych pasmach, między którymi odstęp częstotliwości może wynosić do kilku gigaherców. Emisja i odbiór fal radiowych są możliwe z różną polaryzacją, w danych warunkach najkorzystniejszą.



**STACJE ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ**

CHARAKTERYSTYKI

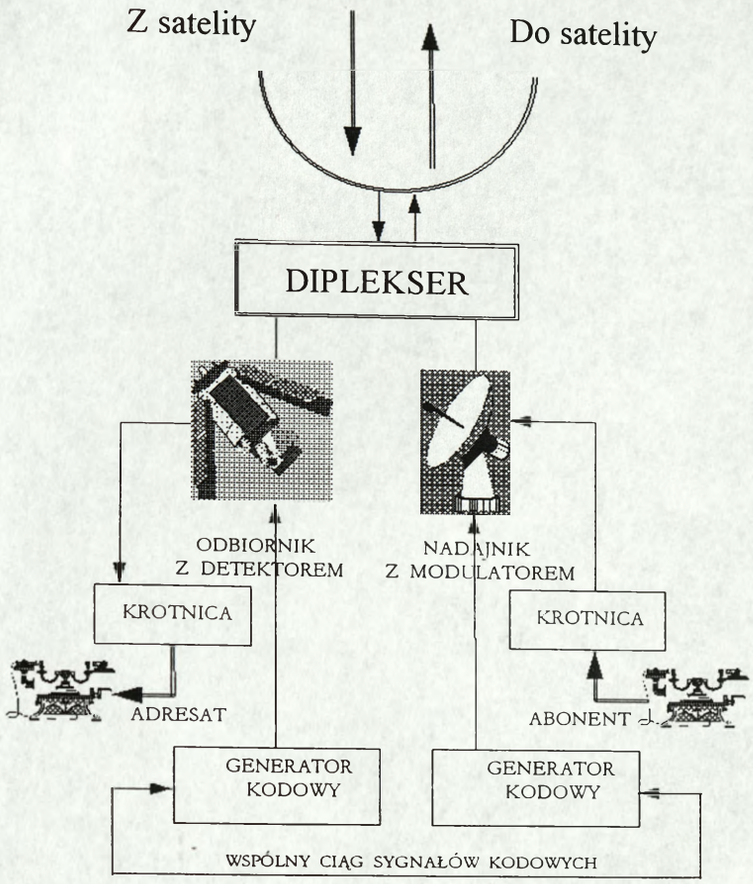
| Zakres stosowania | Mobilność | Rodzaj stacji | Środowisko przestrzenne |
|---|---|---|---|
| 1. GLOBALNY | 1. STACJONARNE | 1. KOŃCOWE | 1. NAZIEMNE |
| 2. STRATEGICZNY | 2. SAMOJEZDNE | 2. POŚREDNICZĄCE | 2. MORSKIE |
| 3. OPERACYJNY | 3. PRZEWOŹNE | 3. TRANSMISYJNE | 3. POWIETRZNE |
| 4. TAKTYCZNY | 4. PRZENOŚNE | - Telegraficzne | |
| 5. INDYWIDUALNE | | - Telefoniczne | |
| | | - Teledacyjne | |
| | | - Teleobrazowe | |

Rys. 3.8. Podział wojskowych stacji łączności satelitarnej ze względu na przeznaczenie i warunki ich stosowania

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

W czasie wojny systemy satelitarnej łączności wojskowej staną się niewątpliwie przedmiotem wszechstronnego przeciwdziałania przeciwnika. Dywersja w kanałach łączności, polegająca na dezinformacji i tworzeniu chaosu informacyjnego oraz zakłócaniu kanałów łączności, stanie się zjawiskiem powszechnym. Wobec tego uodpornienie systemów łączności wojskowej na potencjalne przeciwdziałanie nieprzyjaciela traktowane jest jako jeden z podstawowych wymogów technicznych. Przy omawianiu aparatury satelitów łączności wspomnieliśmy, że doskonałe efekty zabezpieczające systemy łączności przed zakłóceniami uzyskuje się przez celowe rozpraszanie sygnałów wszystkich stacji w szerokim paśmie częstotliwości, we wspólnym widmie. W tym celu stacje muszą mieć w swych układach generatory adresowo - kodowe, co zobrazowano na rys. 3.9.

Generatory adresowo-kodowe wytwarzają ciąg sygnałów o określonej długości, które sprawiają, że nadajniki generują sygnały nie tylko w szerokim paśmie, ale także na odrębnych częstotliwościach. Aby adresaci mogli prawidłowo odtwarzać kierowane do nich sygnały, muszą znać używane przez nadawcę ciągi adresowo-kodowe i stosownie do tego mieć odpowiednio przygotowane odbiorniki. Sygnały transmitowane przez wszystkie stacje odbiera obsługujący je satelita. Sygnały są sumowane, wzmacniane i w postaci sygnału grupowego emitowane do adresatów. Z sygnału grupowego docierającego do wszystkich stacji przyjmują one tylko fragmenty, które są do nich adresowane. Treści dotyczące danej stacji wydziela z całego sygnału właśnie generator adresowo-kodowy odbiornika, korzystający z takich samych ciągów jak nadajnik.




Rys. 3.9. Schemat blokowy stacji łączności kosmicznej pracującej w systemie wspólnego widma

Wykorzystywanie wspólnego pasma łączności czyni system łączności względnie odpornym na zakłócenia i podsłuchiwanie. W systemie tym jednak mogą występować okresowe przeciążenia sieci, jeśli korzysta z niego znaczna liczba stacji. Przeciążenie występuje podobnie jak w naziemnych sieciach radiowych lub telefonicznych. Brak potwierdzenia o przyjęciu informacji przez adresata lub umowny sygnał zajętości są ostrzeżeniem dla stacji o czasowej niedyspozycyjności systemu. Wypróbowane w siłach zbrojnych zasady ustalania kolejności wykorzystywania środków łączności mogą być niezbędne także w systemach łączności satelitarnej. W ostateczności działać może samoregulacja, tak jak na przykład w miejskich sieciach telefonicznych.

Rola satelitów telekomunikacyjnych jest bierna, ale wpływ ich na realizację szkolenia lotniczego jest niezaprzeczalny. Łączność jest nerwem każdej armii, szczególnie jeżeli chodzi o etap szkolenia i kontroli. To właśnie w WSOSP, gdzie szkoli się młodych adeptów lotnictwa niezawodna łączność oparta na systemach satelitarnych pomogłaby w realizacji tego szkolenia. Systemy satelitów telekomunikacyjnych w połączeniu z pozostałymi, aktualnie pracującymi, systemami satelitarnymi umożliwiłyby pełną, bezpieczną i zbliżoną do warunków współczesnego pola walki realizację szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP.

*

* *

W rozdziale tym przedstawiono najważniejsze aspekty wykorzystania systemów satelitarnych w działalności wojsk, skupiając się na ich zastosowaniu do szkolenia pilotażowego i taktycznego. Tak jak to podkreślono w treści, stanowią one niezbędną pomoc w trakcie realizacji szkolenia lotniczego w WSOSP.

## 4. DOCELOWE WYKORZYSTYWANIE SYSTEMÓW SATELITARNYCH DO SZKOLENIA PILOTAŻOWEGO I TAKTYCZNEGO W WYŻSZEJ SZKOLE OFICERSKIEJ SIŁ POWIETRZNYCH

W ostatnich latach bardzo dużo działo się w sferze deklaracji politycznych i kontaktów dyplomatycznych. Zaproszenie Polski do rozmów[117] w sprawie wstąpienia do NATO otworzy niewątpliwie szeroki front integracji także polskich sił powietrznych z tym rodzajem sił zbrojnych NATO. Z uwagi na zamierzone unikanie tworzenia napięć militarnych w Europie Wschodniej nie oczekuje się przemieszczania sił zbrojnych NATO do Polski, Czech i Węgier. Można natomiast spodziewać się realizowania szerokiego programu integrowania nowych członków z paktem poprzez ich włączenie w system dowodzenia NATO oraz dopuszczenie do korzystania z różnych podsystemów logistycznych. Udzielenie zezwolenia i pomoc w nabyciu środków do korzystania z systemów satelitarnych rokuje szybkie i mało kosztowne uzyskanie przez nowych członków przyrostu ich potencjału bojowego, nawet przy niezmienionym stanie ilościowym podsystemów uzbrojenia.

Systemy wykrywania powietrznego i satelitarnego państw NATO mogą być nam udostępniane (efekty ich działalności), bez dokonywania przegrupowań sił zbrojnych. Rubieże „dyżurowania" w powietrzu systemów wykrywania można przesuwać, przy zachowaniu dotychczasowych lotnisk bazowania. Globalny zasięg systemów satelitarnych NATO (głównie USA), zapewnia dostępność do nich

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

w znaczeniu technicznym i taktycznym. Nie udało się natomiast autorowi ustalić dotychczas kryteriów i warunków dostępności do tych systemów, poza ogólnymi deklaracjami ich posiadaczy o woli dzielenia się z sojusznikami. Nie udało się również uzyskać autoryzowanych opisów technicznych i eksploatacyjnych wcześniej przedstawionych satelitarnych systemów: **rozpoznawczych, nawigacyjnych, meteorologicznych i łączności.** Wobec tego dochodzono do postawionych sobie celów drogami pośrednimi. Swoistym paradoksem jest fakt, że łatwiej jest prognozować wykorzystywanie tych systemów nie z pozycji członka NATO, ponieważ już po części z niektórych systemów satelitarnych korzystamy.

## 4.1. Założenia do militarnego wykorzystywania systemów satelitarnych przed i po integracji z NATO

Spośród czterech rodzajów systemów satelitarnych funkcjonujących na orbitach w okresie pokoju korzysta się powszechnie tylko z dobrodziejstwa dwóch systemów: **meteorologicznych i nawigacyjnych.** Dzieje się tak, ponieważ mają one nieograniczony zasięg przestrzenny i zabezpieczają potrzeby ogółu adresatów wojskowych i cywilnych państw, które te systemy zbudowały i utrzymują w ciągłej gotowości eksploatacyjnej - rys. 4.1.

Z treści rys. 4.1. wynika, że można wykorzystywać „cudze" systemy satelitarne, których właściciel nie jest w stanie lub nie chce wzbraniać ich użytkowania przez innych. Można sądzić, że USA wspaniałomyślnie nie wnoszą zastrzeżeń wobec tych, którzy wykorzystują ich GPS i obrazy zawierające informacje meteorologiczne. Jest jednak aspekt natury prawnej i fizycznej. Przestrzeń powietrzna[118] należy do państwa nad obszarem, który do niego należy. Wobec tego inne państwo nie

[118] Umowna granica górna 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.

Rys. 4.1. Systemy satelitarne dostępne w czasie pokoju

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[119], nasze audycje radiowe odbierano w większości państw 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).

Autor nie znalazł dokumentów, które zabraniałyby korzystania z cywilno-wojskowych systemów satelitarnych, na zasadzie praw autorskich i usługowych. Trudno jednak pominąć fakt, że statki powietrzne poruszające się w przestrzeni powietrznej innych państw mogą czynić to po uzyskaniu zgody tych państw. 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 prawdopodobnie mają zezwolenie na wyposażanie ich w podsystemy wykorzystujące satelity. Wojskowe statki powietrzne nie podlegają kontroli zewnętrznej. W myśl porozumień wiedeńsko-paryskich o limitach samolotów i śmigłowców bojowych (CFE-1), międzynarodowi kontrolerzy mają prawo sprawdzać liczbę, a nie wyposażenie samolotów i śmigłowców. W ramach kontroli ustala się zaszeregowanie statku powietrznego ze względu na jego uzbrojenie i przeznaczenie.

Praktycznie nie jest możliwe nagłe zlikwidowanie cywilnych systemów satelitarnych przez ich twórców. Systemy te służą dużym masom użytkowników w państwach, które te systemy zbudowały. Z tych samych powodów nie można zmienić z dnia na dzień reżimów pracy tychże systemów. Zmiana nie mogłaby stać się zaskoczeniem, ponieważ wcześniej użytkownicy danego kraju musieliby otrzymać nowe parametry. Pomimo tych optymistycznych wniosków dla „niewtajemniczo-

[119] Wysokość masztu wynosiła 646 m (licząc od poziomu morza), a masa 632 tony.

nych" użytkowników cywilno-wojskowych systemów satelitarnych na pokładach statków powietrznych podsystemy nawigacji satelitarnej są dublowane 2-3 innymi urządzeniami nawigacyjnymi (bezwładnościowe, radiotechniczne, radiokompasy). Załogi statków powietrznych muszą być zdolne do realizacji zadań bez wykorzystywania podsystemów satelitarnych[120].

Powyższe uwarunkowania umożliwiają wykorzystywanie satelitów do szkolenia sił powietrznych w poniższych dziedzinach.

### 4.1.1. Nawigowanie i zastosowanie bojowe statków powietrznych

Dostępnych jest kilka typów wskaźników, które można wykorzystywać do montowania na pokładach statków powietrznych (między innymi: 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[121] traktuje się jako relatywnie małe wobec cen zakupu i eksploatacji samolotów oraz śmigłowców. Posiadanie na pokładach takich wskaźników umożliwia ich wykorzystywanie do pilotowania (nawigowania) samolotu oraz realizowania zadań taktycznych. Celem przybliżenia zakresu funkcji wykonywanych za pomocą wskaźników wykorzystujących GPS sporządzano skondensowany ich opis przedstawiony w załączniku 1.

Pomimo ograniczonych funkcji pokładowych wskaźników nawigacji satelitarnej ich zastosowanie może przynieść znaczące korzyści podczas szkolenia pilotażowego i taktycznego. Istotnym czynnikiem jest ich dostępność nawet w warunkach bardzo ograniczonych możliwości budżetowych sił powietrznych. W pierwszej fazie wdrażania wskaźników funkcjonujących w systemie nawigacji satelitarnej moż-

---

[120] W lotach eksperymentalnych stwierdzono, że przy energicznej ewolucji samolotu w powietrzu zdarzają się krótkotrwałe zaniki wskazań satelitarnych namiarów nawigacyjnych. Zjawiska takie mają miejsce, kiedy antenę odbiornika pokładowego (dipol) zasłania silnie płatowiec samolotu.

[121] Wskaźniki kosztują od około 350 do 4000 dolarów. Montaż mogą zapewniać etatowe organa służby inżynieryjno-lotniczej WLOP.

liwe jest zastosowanie rozwiązań połowicznych. Ze względów oszczędnościowych można wyposażać co czwarty lub co drugi samolot we wskaźnik dobrej firmy.

W WSOSP tylko samoloty PZL - 130 „Orlik" mają system nawigacji satelitarnej zdolny wyprowadzić samolot do nakazanego punktu (na przykład na lotnisko). Inne samoloty, wyposażone w radiokompasy i starsze przyrządy nawigacyjne, nie zapewniają załogom prowadzenia orientacji szczegółowej. Podczas rozpoznawania i atakowania obiektów naziemnych orientacja wzrokowa w wielu wypadkach jest czynnikiem podstawowym[122]. Wykorzystując wskaźniki nawigacji satelitarnej można niezawodnie spełniać ten wymóg.

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

Specjaliści nie kwestionują przydatności ocenianych wskaźników nawigacyjnych do wykonywania zadań przez dowództwa, sztaby i różne struktury naziemne sił powietrznych. Dotyczy to orientowania marszu kolumn naziemnych[123] (na przykład stanowisk dowodzenia), określenie punktów i rubieży rozwinięcia wojsk oraz określanie współrzędnych innych obiektów.

Realne jest też prowadzenie treningów i ćwiczeń dowódczo-sztabowych z wykorzystaniem elementów namiarów satelitarnych i symulacji działań podległych wojsk. Do tego niezbędne są wszystkie systemy satelitarne (rozpoznawcze, nawigacyjne, meteorologiczne i łączności). Niestety, tylko satelitarne systemy nawigacyjne i meteorologiczne dostępne są w okresie pokoju. Przewiduje się, że pozostałe udostępnią nam sojusznicy po przyjęciu nas do NATO. Na czym może polegać dostępność? Bez obawy popełnienia błędu można liczyć na dostarczanie nam

---

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

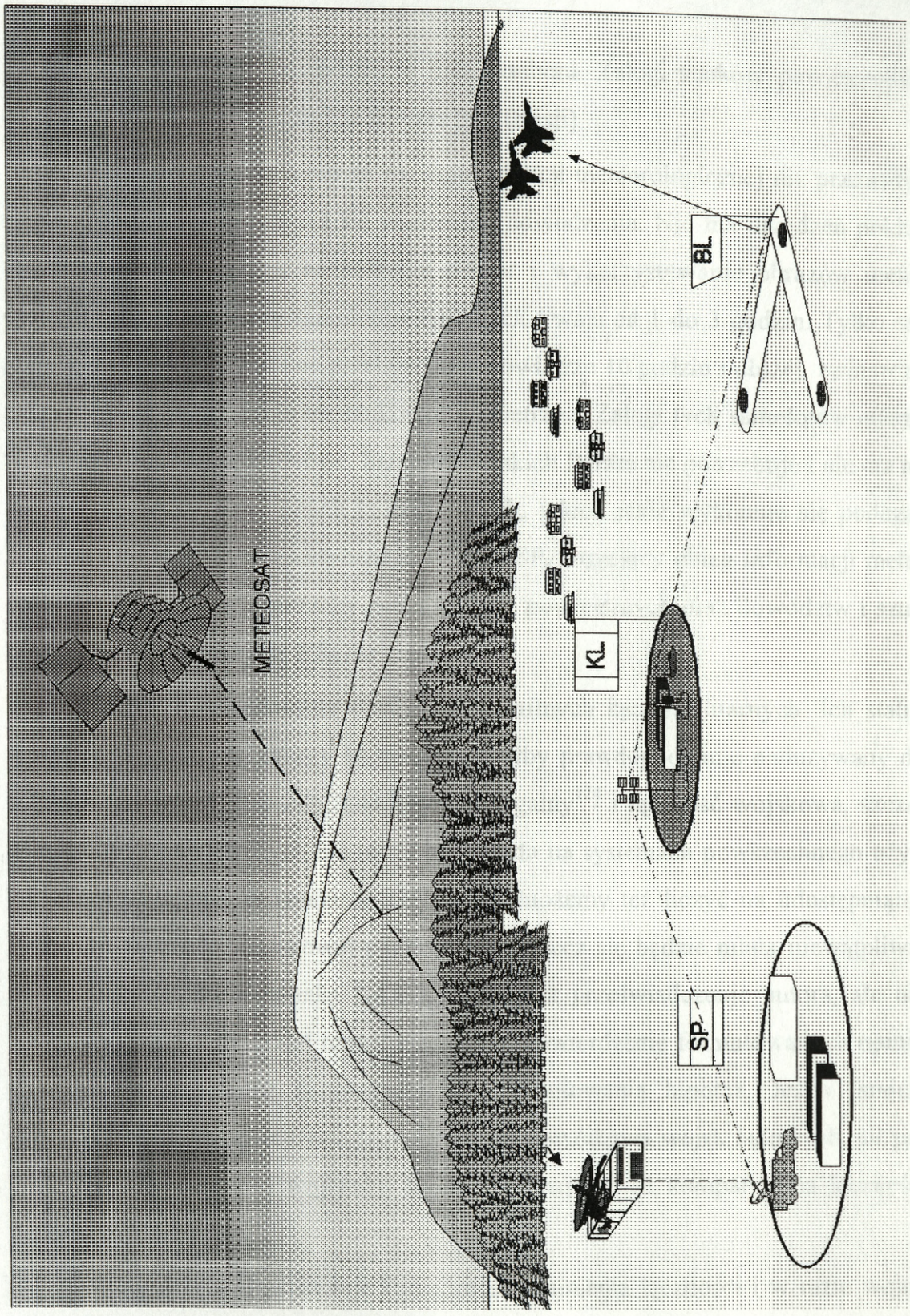
[123] Pomimo organizowania regulacji ruchu kolumn wojsk (specjalne pododdziały), kolumny naziemne czasami tracą orientacje, szczególnie w nocy. Przykładem potwierdzającym powyższe twierdzenie jest przygoda nie istniejącej już brygady rakiet taktyczno-operacyjnych z Orzysza, która w pełnym składzie wjechała omyłkowo przed laty na lotnisko w Mirosławcu. Opóźnienie marszu z tego powodu wyniosło ponad 4 godziny.

informacji o poczynaniach strony trzeciej, zagrażającej Polsce i, być może, innym członkom paktu, zdobywanych za pomocą satelitów rozpoznawczych. W okresie pokoju informacje będą wybiórcze, pełniejsze w okresie zagrożenia i wojny. Istnieją podstawy, aby przypuszczać, że podczas wojny sojusznicy udostępnią bezpośredni odbiór interesujących polskie siły powietrzne informacji rozpoznawczych. Okazuje się, że możliwości techniczne istnieją, co obrazuje na przykład funkcjonowanie meteorologii satelitarnej.

### 4.1.2. Wykorzystywanie meteorologii satelitarnej

Obecnie polskie siły powietrzne, w tym WSOSP, wykorzystują do zabezpieczenia szkolenia informacje dostępne w systemie **Meteosat**. Jest to system meteorologii satelitarnej, stanowiący własność państw Europy Zachodniej. Pierwsza generacja satelitów była umieszczona na orbicie równikowej, geostacjonarnej (35800 km) w 1977 roku. Obecnie funkcjonują czwarta i piąta generacja. 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 wykorzystują obrazy transmitowane przez tego właśnie satelitę (orbita synchroniczna - satelita nie zmienia położenia względem Ziemi) - rys. 4.2.

Poprzez konwerter transmituje się do satelity siatkę współrzędnych obszarów, dla których warunki atmosferyczne stanowią przedmiot zainteresowania. W „odpowiedzi" satelita „nadaje" obrazy tego obszaru powtarzane co 30 minut (możliwe jest zadeklarowanie innych przerw czasowych), w pasmach promieniowania: podczerwonego; widzialnego; pary wodnej. Obrazy odbierają stacje meteorologiczne, po czym prognozują pogodę. Dostarczają dane prognostyczne




Rys. 4.2. Schemat obiegu informacji w systemie METEOSAT

i 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 do 3 godzin. Tylko samoloty międzykontynentalne przebywają w powietrzu 10 godzin 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, takich jakie wykonuje się podczas szkolenia pilotażowego i taktycznego w WSOSP, istniejący obieg informacji meteorologicznej zaspokaja potrzeby załóg statków powietrznych oraz dowództw i sztabów jednostek lotniczych WSOSP.

Na rys. 4.1. wykazano dostępność cywilnych łącz satelitarnych. Ich status w wypadku wojny, to znaczy komercyjny, byłby prawdopodobnie nadużywany do celów wojskowych. Proceder taki byłby nielegalny[124] i łączność wojskowa, szczególnie dla sił powietrznych nie może być oparta na systemach powszechnego użytku. Przed wstąpieniem Polski do NATO nie możemy też liczyć na udostępnianie systemów łączności wojskowej paktu. Inaczej rzecz się będzie miała niewątpliwie po uzyskaniu statusu członka NATO. Takie jest przeświadczenie autora, ale nie zdołał on dotrzeć do źródeł umożliwiających potwierdzenie formułowanych opinii. Czuł się on natomiast kompetentny do formułowania hipotez. Jeżeli istnieje w NATO wspólne dowództwo (paktu NATO, dowództwa wojsk lądowych, sił powietrznych i marynarki wojennej) to musi funkcjonować kompatybilna łączność, z satelitarną włącznie.

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

---

[124] Ocena ta wynika z opisów przedstawionych w punkcie 2.5. niniejszej dysertacji.

W zakończeniu tego punktu można sformułować przypuszczenie, że najwyższe władze Polski i dowództwo Sił Zbrojnych RP są informowane przez sojuszników o interesujących Polskę danych z rozpoznania satelitarnego, rezultatach badań oraz zamiarach co do uruchamiania militarnych systemów satelitarnych na wypadek wojny. Jeśli nie obecnie, to w przyszłości dane takie niewątpliwie będą dostarczane. Są to jednak informacje tajne, przeznaczone dla wąskiego grona osób. Autor jest świadom konieczności utrzymywania w tajemnicy problemów natury globalnej oraz strategicznych aspektów wojskowych. Powinniśmy poznawać raczej istotę funkcjonowania systemów satelitarnych i wykorzystania w procesie szkolenia. Ogólne koncepcje użycia systemów satelitarnych podczas ewentualnej wojny pozostają w gestii wąskiego grona osób.

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

Pierwsze samoloty nie miały żadnych przyrządów[125], ale seryjnie produkowane wyposażano już w kilka podstawowych wskaźników; samoloty współczesne mają na pokładach po kilkadziesiąt, a nawet ponad 100 wskaźników informujących załogę o ich statku powietrznym i otoczeniu. Wskaźniki (przyrządy) pośredniczące między załogami a satelitami należą do najnowszych generacji osprzętu lotniczego.

Tylko symboliczna liczba statków powietrznych w polskim lotnictwie wojskowym posiada wskaźniki nawigacji satelitarnej i pojedynczy piloci potrafią użytkować te wskaźniki. Wiedzę o nich i umiejętności użytkowania zdobywają indywidualnie. Tak jest również w WSOSP. Pułk szkolny wyposażony w samoloty typu Orlik dokonał pobieżnego przeszkolenia kadry instruktorskiej w posługiwaniu się

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

wskaźnikami nawigacji satelitarnej znajdującymi się w wyposażeniu tych samolotów.

W programach WSOSP nie umieszczono dotychczas tematyki satelitarnej i szerzej kosmicznej[126]. Nie ma także w programach szkolenia sił powietrznych wiedzy teoretycznej i praktycznej na temat stosowania urządzeń satelitarnych. Wprawdzie meteorolodzy posługują się informacjami uzyskiwanymi w systemie **„Meteosat"**, ale ich wiedza o tym systemie jest bardzo ograniczona. Autor przekonał się o powyższym stanie rzeczy prowadząc badania do niniejszej dysertacji.

Biorąc pod uwagę powyższą sytuację oraz opisy przedstawione w drugim i trzecim rozdziale, postuluje się wdrożenie do programów szkolenia i kształcenia WSOSP wiedzę o systemach satelitarnych i praktycznym ich wykorzystywaniu. Wiedza ta powinna zapewnić przede wszystkim przygotowanie załóg statków powietrznych do wykorzystywania urządzeń satelitarnych podczas wykonywania zadań pilotażowych i taktycznych (bojowych). Względy te przesądziły o sformułowaniu algorytmu działania, który prezentowany jest na rys. 4.3.

Cele szkolenia załóg w procesie nauczania wykorzystywania systemów satelitarnych stymuluje obecna dostępność tej techniki i dostępność spodziewana po wstąpieniu Polski do NATO. Wprawdzie musimy liczyć się, że nie będziemy beneficjentami NATO[127]. Tym niemniej, z logistyki paktu niewątpliwie korzystać będziemy i wobec tego cele i zadania szkolenia załóg w zakresie systemów satelitarnych powinny brzmieć:

- wdrożyć wiedzę o systemach satelitarnych umożliwiającą pełne wykorzystywanie urządzeń pokładowych już dostępnych i spodziewanych na przyszłość;
- nauczyć posługiwania się urządzeniami satelitarnymi podczas pilotowania statków powietrznych;

[126] Czeska Akademia Obrony Narodowej (Brno) już w latach osiemdziesiątych miała 16-godzinny program nauczania o kosmosie (systemach satelitarnych).

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

Rys. 4.3. Algorytm szkolenia pilotażowego i taktycznego załóg statków powietrznych z wykorzystaniem systemów satelitarnych

- nauczyć wykorzystywania urządzeń satelitarnych w procesie wykonywania zadań bojowych indywidualnie oraz w grupach taktycznych;
- przygotować załogi statków powietrznych do wykorzystywania urządzeń satelitarnych podczas misji wykonywanych w ramach paktu NATO.

Autor rozpatrywał różne algorytmy przygotowywania załóg do wykorzystywania urządzeń satelitarnych. Algorytm prezentowany na rys. 4.3. skonstruowano z wyróżnieniem etapów przygotowania: **teoria; praktyczne wykorzystywanie urządzeń w pilotowaniu statków powietrznych; zastosowanie bojowe statków pojedynczych i grup taktycznych** - nie wymaga to szerszych uzasadnień.

Prezentowana poniżej propozycja programu teorii (tabela 4.1.) oraz szkolenia pilotażowego i taktycznego w stosowaniu urządzeń satelitarnych (tabela 4.2) wynika z zakładanych celów i zadań tegoż szkolenia. Program adresowany jest do załóg szkolących się pilotażowo i wyszkolonych (instruktorów). Z tej racji można nazywać go programem „przeszkolenia" (uzupełniającym) lub też doskonalącym.

Autor opracował projekty „przeszkolenia" załóg statków powietrznych w wykorzystywaniu urządzeń pokładowych systemów satelitarnych, kierując się sytuacją kadrową w jednostkach WSOSP i WLOP. W najbliższych latach liczba posiadanych bojowych statków powietrznych ulegnie zmniejszeniu do około 30-40% w porównaniu ze stanem obecnym. Wobec tego w perspektywie 10-15 lat dominować będą w siłach powietrznych załogi mające obecnie 25-30 lat, które ukończyły WSOSP, nie mając w programie kształcenia wiedzy i umiejętności przygotowujących do wykorzystywania pokładowych urządzeń satelitarnych. Pierwsi absolwenci z takim przygotowaniem podejmą służbę za kilka lat, ale będzie ich bardzo mało.

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

Tabela 4.1.

**Teoria wykorzystywania systemów satelitarnych przez załogi statków powietrznych (Projekt)**

| Dział teorii | Numer tematu | Temat zajęć | Forma zajęć | Czas (h) | Uwagi |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Wykorzystanie przestrzeni kosmicznej do celów wojskowych | 1 | Uwarunkowania fizyczne i prawne wykorzystywania przestrzeni kosmicznej | Wykład | 2 | |
| | 2 | Dzieje militarne ekspansji w kosmosie | Wykład | 2 | |
| | 3 | Wojskowe systemy satelitarne funkcjonujące w kosmosie | Wykład | 2 | |
| | 4 | Wpływ systemów satelitarnych na taktykę działań bojowych lotnictwa | Konwersatorium | 4 | Wykładowca dostarcza szkolonym tezy i literaturę |
| Nawigacyjne systemy satelitarne i ich wykorzystanie | 5 | Istota budowy i funkcjonowania systemów nawigacji satelitarnej | Wykład | 2 | |
| | 6 | Pokładowe zestawy nawigacji satelitarnej i ogólne zasady ich wykorzystywania | Wykład | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | Wykorzystywanie pokładowych zestawów satelitarnych podczas przelotów i lotów trasowych | Wykład | 2 | |
| | 8 | Sieć naziemnych stacji referencyjnych, ich użytkowanie | Wykład | 2 | Nie ma takich stacji w Polsce. Jest koncepcja ich wprowadzenia |
| | 9 | Nawigowanie statku powietrznego za pomocą pokładowych zestawów satelitarnych w lotach na małej wysokości | Wykład | 2 | |
| | 10 | Wykorzystywanie pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej w lotach pilotażowych | Konwersatorium | 4 | Pogłębienie i utrwalenie wiedzy o istocie wykorzystywania nawigacyjnych zestawów satelitarnych |
| | 11 | Wykorzystanie zestawów pokładowych nawigacji satelitarnej w locie na rozpoznanie obiektów naziemnych | Wykład | 2 | Pokaz programu symulacji komputerowej |
| | 12 | Lot na zwalczanie obiektów naziemnych i nawodnych przy wykorzystaniu pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej | Wykład | 2 | -”- |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | Lot na samodzielne poszukiwanie i zwalczanie celów powietrznych przy wykorzystaniu pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej | Wykład | 2 | -”- |
| | 14 | Zastosowanie taktyczne pokładowych zestawów nawigacji satelitarnej | Konwersatorium | 4 | Demonstrowanie komputerowych programów symulacyjnych |
| Meteorologiczne systemy satelitarne i ich wykorzystanie | 15 | System meteorologii satelitarnej | Wykład | 2 | |
| | 16 | Funkcjonowanie satelitów meteorologicznych i obieg informacji | Wykład | 2 | |
| | 17 | Prognozowanie warunków atmosferycznych na podstawie informacji satelitarnej | Wykład | 2 | Pokaz programu symulacji komputerowej |
| | 18 | Wykorzystywanie informacji satelitarnych o warunkach atmosferycznych przez załogi samolotów | Konwersatorium | 4 | Uwzględnienie ostrzegania o niebezpiecznych zjawiskach |
| Rozpoznanie satelitarne | 19 | Satelitarne systemy rozpoznania ogólnego i ostrzegania | Wykład | 2 | |
| | 20 | Satelitarne systemy rozpoznania szczegółowego | Wykład | 2 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 21 | Ogólne wiadomości o wykorzystywaniu rozpoznania satelitarnego przez załogi statków powietrznych | Wykład | 2 | |
| | 22 | Składanie zapotrzebowań i obieg informacji (odbiór, przetwarzanie, dystrybucja) z rozpoznania satelitarnego | Wykład | 2 | Po wstąpieniu do NATO i udostępnieniu rozpoznawczych systemów satelitarnych |
| | 23 | Przygotowanie i lot na zastosowanie bojowe na podstawie informacji z rozpoznania satelitarnego | Wykład | 2 | -"- |
| | 24 | Poszukiwanie i atakowanie obiektów naziemnych (nawodnych) na podstawie informacji satelitarnych | Konwersatorium | 4 | -"- |
| Łączność satelitarna | 25 | Satelitarne systemy łączności | Wykład | 2 | |
| | 26 | Możliwości wykorzystywania łączności satelitarnej w sieciach (kanałach) dowodzenia powietrznego i naziemnego | Wykład | 2 | |
| | 27 | Przeloty na dużą odległość z wykorzystaniem łączności satelitarnej | Wykład | 2 | Po wstąpieniu do NATO i udostępnieniu łączności satelitarnej |
| | 28 | Wykorzystywanie łączności satelitarnej podczas wykonywania misji bojowych | Konwersatorium | 4 | -"- |

Tabela 4.2.

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

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

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Szkolenie taktyczne ze stosowaniem pokładowych urządzeń systemów satelitarnych | 4 | Lot pojedynczej załogi na atakowanie celów naziemnych lub powietrznych (wykonanie rozpoznania) | **Liczba lotów 5-7**<br>1-2 loty w DZWA<br>1-2 loty w DTWA<br>1-2 loty w NZWA<br>1 lot w NTWA | |
| | 5 | Lot w celu wykonania zbiórek grup lotniczych na wyznaczonym odcinku trasy według czasu i namiarów satelitarnych | **Liczba lotów 2-3**<br>1-2 loty, zbiórka klucza statków powietrznych w DZWA<br>1-2 loty, para i klucz statków powietrznych w DTWA | Nawigowanie samolotów według namiarów satelitarnych |
| | 6 | Lot na zwalczanie obiektów grupą taktyczną statków powietrznych wykorzystujących pokładowe urządzenia systemów satelitarnych | **Liczba lotów 3-7**<br>1-2 loty w składzie pary statków powietrznych w DTWA<br>1-2 loty w składzie klucza statków powietrznych w DZWA | Cele - zgodnie z przeznaczeniem taktycznym danych statków powietrznych |
| Trening ciągły w wykorzystywaniu pokładowych urządzeń systemów satelitarnych | - | Loty pilotażowe i taktyczne | Ćwiczenie pilotażowe - minimum 2 loty w miesiącu.<br>Ćwiczenia taktyczne - minimum 1 lot w miesiącu | Wskazane kompleksowanie różnych rodzajów lotów zgodnie z PSzL |

## 4.3. Wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu dowództw i sztabów jednostek podległych WSOSP

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

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

Spotykamy się z powszechnym w zasadzie przekonaniem, że istniejące systemy satelitarne znacząco wpływają na sztukę wojenną[128]. Nie ma natomiast jednomyślności co do istoty tego wpływu. Część teoretyków wojskowych uważa, że tylko mocarstwa dysponujące techniką satelitarną powinny weryfikować założenia swojej sztuki wojennej, my zaś - jako nie mający wpływu na kosmos - możemy rzekomo pozostawić tę kwestię innym. Jest to niewątpliwie stanowisko skrajne. Zwolennicy takiego poglądu nie biorą pod uwagę pewnych faktów. Otóż posiadanie przez czołowe państwa rozwiniętej techniki kosmicznej zapewnia także ich sojusznikom korzystanie z owej techniki.

---

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

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

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

**Gotowość bojowa wojsk**

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

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

wania 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.

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

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 warunkowane jest jednak odpowiednim wyszkoleniem wojsk, a przygotowanie pododdziałów i oddziałów do walki wymaga wyposażenia oraz wielu dodatkowych zabiegów szkoleniowych. Obecnie nawet pododdziały mogą prowadzić walkę w nocy, posługując się namiarami satelitarnymi, lecz osiągają tę umiejętność przez odpowiednie szkolenie z wykorzystaniem specjalistycznego sprzętu.

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

**Zaskoczenie**

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

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

W najkrótszym czasie mogą być użyte przez stronę wywołującą wojnę rakiety uzbrojone w różne rodzaje głowic (teoretycznie również z jądrowymi) oraz siły powietrzne. Bezpośrednie przygotowania do startu rakiet mogą ujść uwagi strony przeciwnej. Rakiety pozostające w silosach i rakiety manewrujące, są z reguły do chwili startu skutecznie ukrywane przed rozpoznaniem satelitarnym. Natomiast 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 zmu-

szone 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.

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

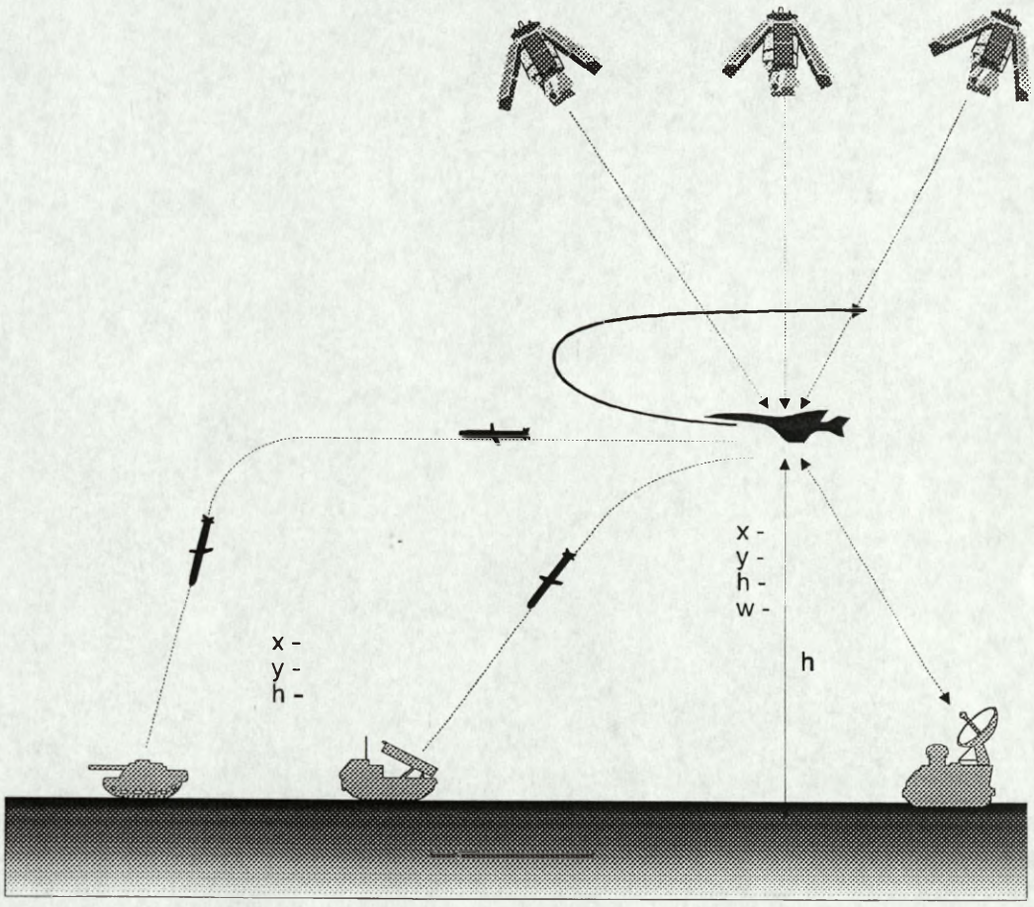
**Przewaga**

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

tyczną, 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.

Nawet przewaga w satelitarnych systemach logistycznych jest znaczącym czynnikiem potęgowania przewagi wszystkich rodzajów sił zbrojnych w działaniach ziemskich w skali mikro i makro. Na przykład strona dysponująca systemami satelitarnej nawigacji, łączności, topogeodezji i meteorologii będzie mogła wykorzystywać je w odpowiedniej skali do koordynowania manewru swych wojsk, a nawet sterowania pojedynczymi pojazdami i kierowania ludźmi. W wyniku tego będą istniały możliwości prowadzenia skuteczniejszych działań bojowych, niezależnie od pory doby, warunków atmosferycznych, przestrzeni oraz skali działań bojowych. Oczekiwania takie są zasadne w świetle uzyskiwanych rezultatów równoczesnego kierowania ruchem zupełnie różnych pojazdów lądowych, morskich, powietrznych i kosmicznych z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej. Przy tym odchylenia pojazdów od planowanych tras ruchu już obecnie nie przekraczają kilkunastu metrów. Masowanie wojsk, jako jeden z warunków tworzenia przewagi, może być dynamiczne, osiągane w toku ciągłego manewrowania, bez konieczności długotrwałego i niebezpiecznego ich skupiania w rejonach ześrodkowania i na podstawach wyjściowych. Ponadto systemy satelitarne mogą być wykorzystywane w procesie naprowadzania środków rażenia, wydatnie podnosząc skuteczność ognia (rys. 4.4.). Wzrasta precyzja rażenia, a atakowanie obiektów jest uniezależnione od ich wzrokowej widzialności. Atrybut pierwszy - precyzja trafienia, jest mierzalny, natomiast drugi - nie. Oba mają wielkie znaczenie. Dysproporcje w skuteczności poszczególnych środków rażenia mogą być bardzo duże. Na przykład jedną wysoce skuteczną rakietę trzeba będzie równoważyć nawet kilkoma mało efektywnymi. Samolot trafiony jednym pociskiem artylerii przeciwlotniczej z reguły ulega zniszczeniu. Aby 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 samych jakościowo samolotów lub śmigłowców, dzięki systemom satelitarnym, dostęp uzyskuje się różne efekty działań. Nasze dowództwa i sztaby muszą umieć dyskontować takie prerogatywy.




Rys. 4.4. Rażenie celu niewidocznego optycznie przez załogę nosiciela powietrznego wykorzystującego system nawigacji satelitarnej

## Ciągłość działań

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

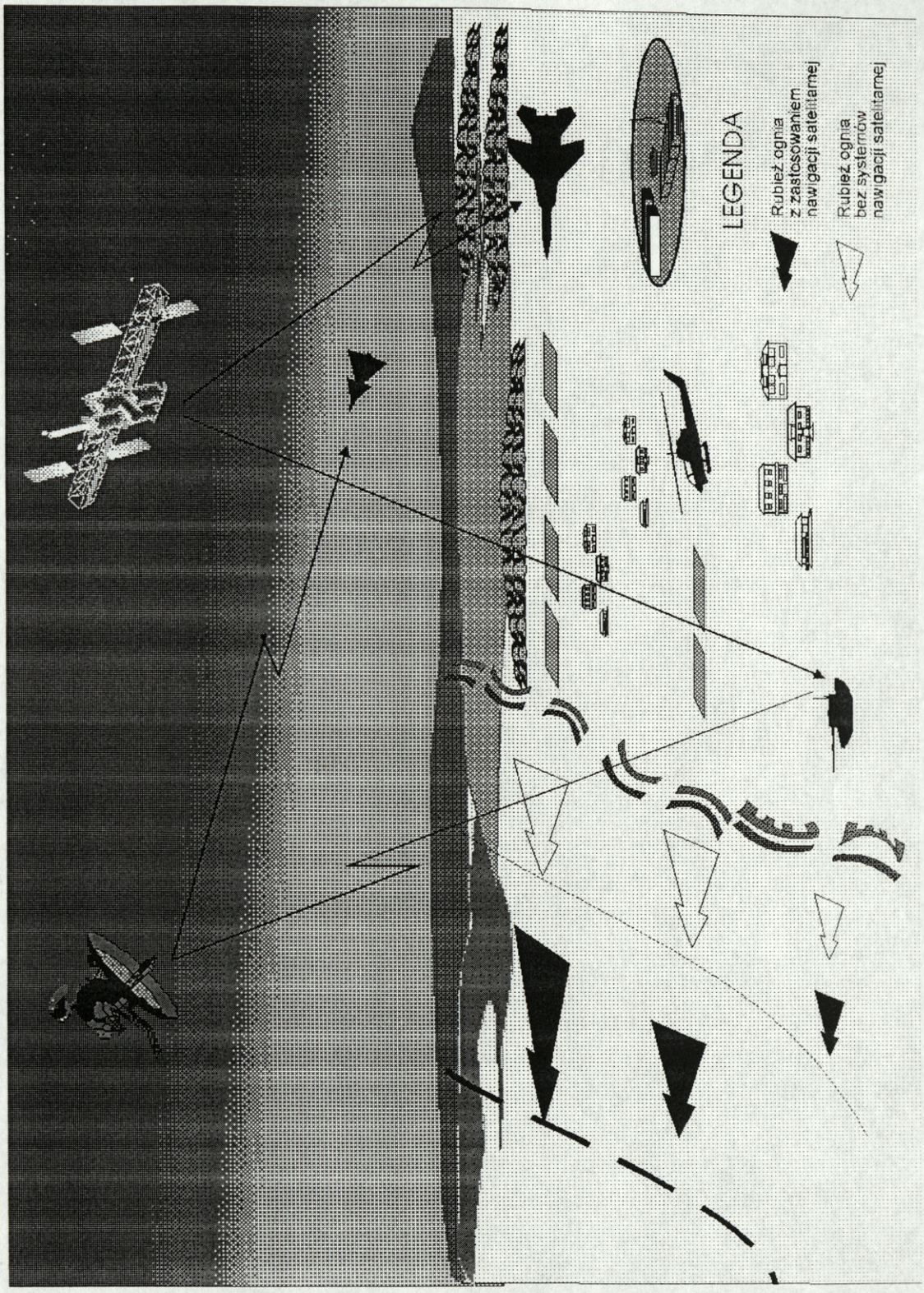
prowadzenie działań bojowych bez wystarczającego rozpoznania nieprzyjaciela, terenu i pogody oraz bez systemów zapewniających wzrokowe lub przyrządowe obserwowanie przeciwnika i odpowiednie kierowanie techniką bojową. Istnieją wprawdzie w siłach powietrznych różnorodne stacje radiolokacyjne, podświetlacze 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[129]. Wiele obiektów przeciwnika gwałtownie zmieniało rejony swojego rozmieszczenia, tak że z nastaniem dnia trzeba ich było ponownie poszukiwać.

Ewentualności takie nie występują przy ciągłym obserwowaniu przeciwnika z kosmosu. Wspomniana wcześniej możliwość kierowania techniką bojową z wykorzystaniem systemów nawigacji kosmicznej stwarza właśnie warunki do zachowania ciągłości działań, w sensie manewru i prowadzenia ognia. Manewr dotyczy przede wszystkim ruchu w walce, niezbędnego do pokonania przeciwnika i osiągnięcia celów walki lub operacji. Przyrządy do obserwacji celów i prowadzenia ognia w nocy mają ograniczoną przestrzeń obserwacji, a rozszerzenie ich możliwości zapewnia właśnie technika kosmiczna. Systemy satelitarne mogą być stosowane także do obserwowania położenia i ruchu wojsk własnych (rys. 4.5.).

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

---

[129] Ostatnie przeciwuderzenie niemieckie (kontrofensywa) zaplanowano na grudzień 1944 r. i styczeń 1945 roku licząc na trudne warunki atmosferyczne i wyeliminowanie lotnictwa Aliantów. Kalkulacje okazały się trafne.




Rys. 4.5. Ciągłość obserwacji położenia wojsk własnych i nieprzyjaciela z wykorzystaniem systemów satelitarnych

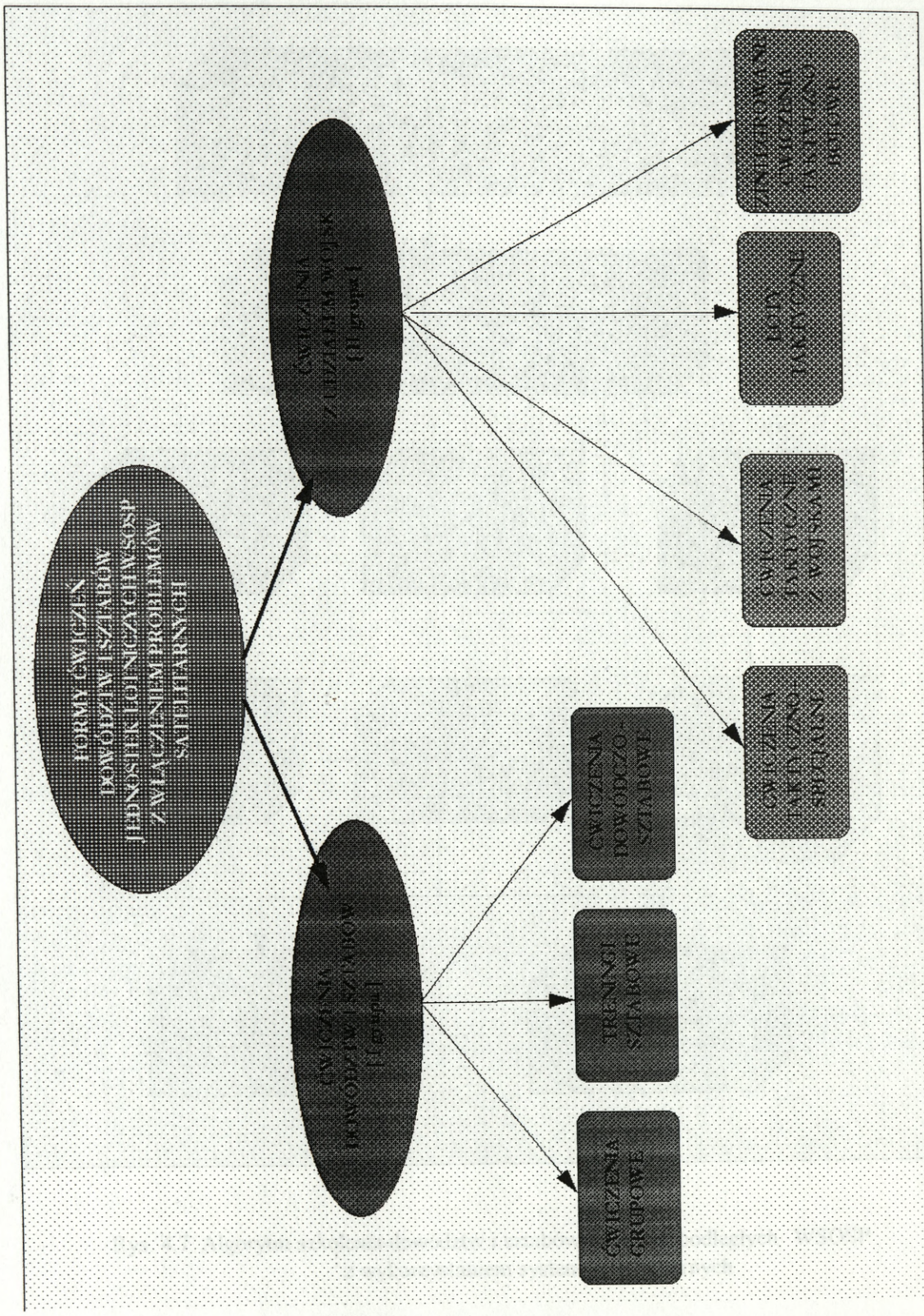
**Morale i dyscyplina**

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

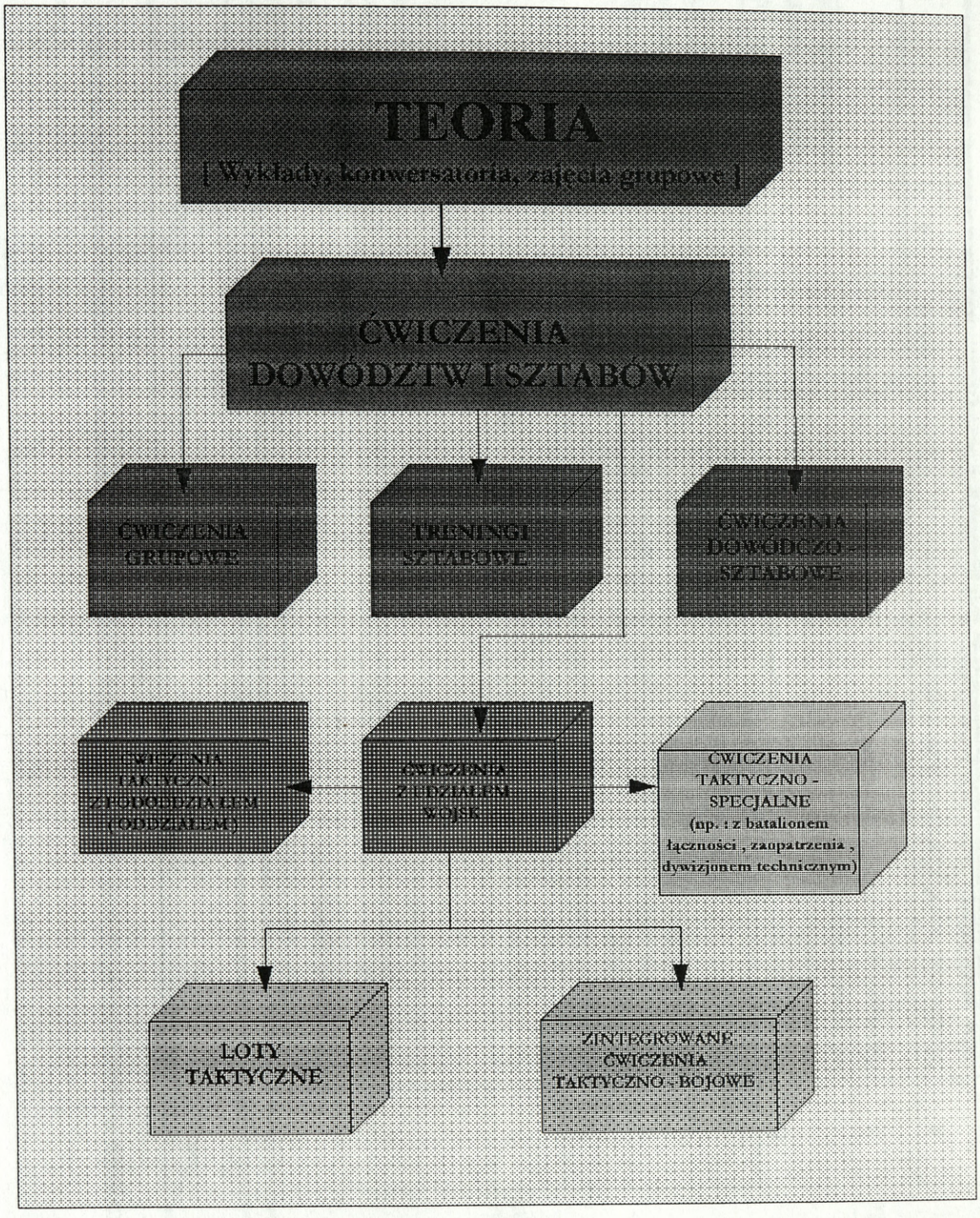
W ewentualnej wojnie siłom zbrojnym i całemu obszarowi zaplecza zagrażać będzie, oprócz środków napadu powietrznego, także wpływ kosmosu. Ludzie mają świadomość, że w razie wojny broń może być stosunkowo szybko umieszczona w kosmosie, albo stamtąd kierowana. Wiedzą także, iż rozpoznanie z kosmosu i naprowadzanie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

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

Autor prowadził wywiady w Komendzie WSOSP, Oddziale Kształcenia tej Uczelni i jednostkach lotniczych, których celem było poznanie opinii ekspertów na temat szkolenia tych instytucji i niższych struktur w dziedzinie wykorzystywania systemów satelitarnych. Zdecydowana większość respondentów jest przekonana




Rys. 4.6. Formy ćwiczeń dowództw i sztabów jednostek podległych WSOSP z wykorzystaniem systemów satelitarnych




Rys. 4.7. Algorytm szkolenia dowództw i sztabów jednostek podległych WSOSP z wykorzystaniem systemów satelitarnych

Tabela 4.3.

**Program nauczania wykorzystywania systemów satelitarnych przez dowództwa i sztaby jednostek WSOSP (Projekt)**

| Dział teorii | Numer tematu | Temat zajęć | Forma zajęć | Czas (h) | Uwagi |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Uwarunkowania wykorzystania przestrzeni kosmicznej przez siły powietrzne | 1 | Uwarunkowania fizyczne i prawne wykorzystywania przestrzeni kosmicznej | Wykład | 2 | Wskazać literaturę do samodzielnego studiowania |
| | 2 | Możliwości wykorzystywania przestrzeni kosmicznej do celów militarnych | Konwersatorium | 4 | Konwersatorium poprzedzić wręczeniem tez (około 14 dni wcześniej) |
| Rozpoznawcze systemy satelitarne | 3 | Rys historyczny rozwoju systemów kosmicznych, ze szczególnym uwzględnieniem systemów satelitarnych | Wykład | 2 | |
| | 4 | Satelity rozpoznania ogólnego, szczegółowego i ostrzegawcze | Wykład | 2 | |
| | 5 | Możliwości wykorzystywania rozpoznania satelitarnego przez siły powietrzne | Konwersatorium | 4 | Konwersatorium poprzedzić wręczeniem tez (około 14 dni wcześniej) |
| | 6 | Programowanie działań bojowych sił powietrznych (związku taktycznego, oddziału) z wykorzystaniem informacji satelitarnych | Zajęcia praktyczne | 6 | Jak wyżej. Po udostępnieniu sieci rozpoznania satelitarnego. |
| Nawigacyjne systemy satelitarne | 7 | Nawigacyjne systemy satelitarne | Wykład | 2 | |
| | 8 | Możliwości wykorzystywania nawigacyjnych systemów satelitarnych przez siły powietrzne | Konwersatorium | 4 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 9 | Programowanie działań bojowych sił powietrznych (związku taktycznego, oddziału) z wykorzystaniem satelitów nawigacyjnych | Zajęcia praktyczne | 6 | |
| Satelitarne systemy łączności | 10 | Satelitarne systemy łączności | Wykład | 2 | |
| | 11 | Możliwości wykorzystania satelitarnych systemów łączności w dowodzeniu siłami powietrznymi (związkiem taktycznym, oddziałem) | Konwersatorium | 4 | Zajęcia przeprowadzić po uzyskaniu dostępu do satelitarnych systemów łączności NATO |
| Satelitarne systemy meteorologiczne | 12 | Budowa i funkcjonowanie satelitarnych systemów meteorologicznych | Wykład | 2 | |
| | 13 | Możliwości wykorzystywania satelitarnych systemów meteorologicznych przez siły powietrzne (związki taktyczne, oddziały) | Konwersatorium | 4 | |
| Metodyka wypracowania decyzji i stawiania zadań | 14 | Ocena sytuacji po otrzymaniu zadania bojowego z uwzględnieniem systemów satelitarnych nieprzyjaciela i własnych | Wykład | 2 | |
| | 15 | Ocena sytuacji po otrzymaniu zadania od przełożonego | Zajęcia praktyczne | 6 | Na szczeblu, którego dowództwo i sztab są szkoleni |
| | 16 | Formułowanie decyzji do działań bojowych podległych sił z wykorzystaniem systemów satelitarnych | Zajęcia praktyczne | 6 | Na szczeblu, którego dowództwo i sztab są szkoleni |
| | 17 | Formułowanie i stawianie zadań podwładnym z zabezpieczeniem ich działań za pomocą systemów satelitarnych | Zajęcia praktyczne | 6 | -"- |

o konieczności prowadzenia takiego szkolenia. Sceptycy, czy pojedynczy przeciwnicy, argumentują sprzeciw naszymi ograniczonymi możliwościami. Istnieje zgodność poglądów co do konieczności szkolenia teoretycznego dowództw i sztabów pułków lotniczych, oraz Komendy WSOSP. Trzeba zaczynać od szkolenia teoretycznego, ale ze względu na komunikatywność w pierwszej kolejności autor postanowił zaproponować opis problematyki satelitarnej w ćwiczeniach, które przedstawiono na rys. 4.6.

Ćwiczenia mogą być prowadzone po przeszkoleniu teoretycznym dowództw i sztabów - tabela 4.3. Teoria jest czynnością pierwotną, ćwiczenia formami służącymi przygotowywaniu praktycznemu dowództw i sztabów sił powietrznych do spełniania swych funkcji w ewentualnej wojnie.

W procesie szkolenia dowództw i sztabów sił powietrznych rekomendowany jest powyższy algorytm działania przedstawiony na rysunku 4.7.

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

Ćwiczenia taktyczno-specjalne, loty taktyczne, a zwłaszcza zintegrowane ćwiczenia taktyczno-bojowe, nie dają się ująć w zdeterminowane wcześniej reguły, bowiem ich istotą jest niepowtarzalność, niekonwencjonalny charakter. Obie formy ćwiczeń specjalnych (rys. 4.6.) mogą prowadzić dowództwa i sztaby wysoko wyszkolone i doświadczone. Nie mogą one stanowić przedsięwzięć systematycznych,

ilościowo określonych w czasie w roku szkoleniowego. Potrzebę ich prowadzenia powinny determinować doraźne okoliczności, na przykład poszukiwanie (eksperymentowanie) nowych rozwiązań z wykorzystaniem starego sprzętu. Może być też cel przeciwny - eksperymentowanie w związku z wprowadzeniem do użytku nowego sprzętu.

## ZAKOŃCZENIE

Koncepcja docelowego wykorzystania systemów satelitarnych do szkolenia pilotażowego i taktycznego przewidziana jest dla jednostek Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych. Może być jednak ona, zdaniem autora, wykorzystana we wszystkich jednostkach podległych WLOP.

Szczególnie ważne jest, aby właśnie w WSOSP w procesie kształcenia młodych kadr lotniczych wykorzystywać wszystkie nowości techniczne. Praktyczne wykorzystywanie systemów satelitarnych w szkoleniu pilotażowym i taktyczno-bojowym stanowi bowiem istotę przygotowania dowództw, sztabów i poszczególnych pilotów do wykonywania zadań bojowych i specjalistycznych.

Przeprowadzone badania potwierdziły sformułowane w rozdziale pierwszym hipotezy. Konfrontacja szkolenia lotniczego realizowanego w WSOSP ze szkoleniem w innych armiach potwierdza, że obecny program szkolenia w Uczelni nie odpowiada przyjętym standardom w państwach członkowskich NATO. Brak elementarnej wiedzy na temat systemów satelitarnych i praktycznego szkolenia w zakresie ich wykorzystywania powoduje „ułomność" nowo szkolonych pilotów, w stosunku do ich odpowiedników w państwach NATO.

Spodziewana integracja z NATO wymusi potrzebę wykorzystania systemów satelitarnych przez polskie siły powietrzne. Wobec tego, także WSOSP powinna zmienić programy szkolenia, aby sprostać temu wymaganiu.

Już na obecnym etapie można w stosunkowo prosty sposób wykorzystać informacje z satelitarnych systemów meteorologicznych i nawigacyjnych. Podstawowym ograniczeniem jest brak wystarczających środków na zakup odpowiednich

odbiorników naziemnych i montowanych na pokładach statków powietrznych. Integracja z NATO spowoduje konieczność zastosowania tego typu odbiorników w całych siłach powietrznych (nie tylko w WSOSP). Być może przed Uczelnią zostanie postawione zadanie przeszkolenia całego stanu osobowego jednostek lotniczych w wykorzystaniu systemów satelitarnych. Będzie to tym bardziej realne, im szybciej wdroży się do szkolenia lotniczego w WSOSP problematykę wykorzystania systemów satelitarnych.

W dalszej perspektywie można spodziewać się udostępnienia systemów rozpoznania satelitarnego i łączności satelitarnej. Szkolenie w tym zakresie należy rozpatrywać w dalszej perspektywie czasowej.

Załogi statków powietrznych oraz dowództwa i sztaby jednostek podległych WSOSP mają różne potrzeby w zakresie wykorzystania systemów satelitarnych. Podobna sytuacja występuje w całych polskich siłach powietrznych. Stąd koncepcja zaprezentowana w pracy rozdzielenia szkolenia załóg statków powietrznych oraz dowództw i sztabów, może być ekstrapolowana na całe Wojska Lotnicze i Obrony Powietrznej, a także jednostki lotnicze w całych Siłach Zbrojnych RP.

Przynajmniej większość Polaków chce tego i wierzy w rychłe przyjęcie naszego kraju do NATO. Armia nasza, w tym siły powietrzne, muszą być kompatybilne ze standardami osiągniętymi przez armie krajów należących do NATO. Nie możemy dalej ignorować wiedzy o systemach satelitarnych 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.

## BIBLIOGRAFIA


1. Barański L., Dane teledetekcyjne z satelitów meteorologicznych dla potrzeb mezometeorologii i ochrony środowiska, Przegląd Geofizyczny, rocznik XXX, 1985
2. Bauman W., Tyrała P., Szkolenie lotnicze w Niemczech - wnioski do przekształceń systemu kształcenia w WOSL, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, nr 4/1994
3. Beutler G., Meuller I. I., Neilan R., The International GPS Service for Geodynamics (IGS), Bulletin Geodesique, Development and Start of Official Service, styczeń 1994
4. Bizerski J., Pustynna burza, Warszawa 1994
5. Bogusz J., Dydaktyka wojskowa, Warszawa 1983
6. Cannon M. E.: Airborne GPS/INS with an Application to Aerotriangulation, wydanie uniwersytetu w Calgary, 1991
7. Denek K., Efektywność realizacji procesu nauczania i uczenia się, Toruńskie Studia Dydaktyczne, nr 6/1994
8. Dębski W., Sprawozdanie z badań funkcjonalnych w locie układu rejestracji współrzędnych na obrazach fotograficznych z wykorzystaniem odbiornika GPS, praca naukowo-badawcza (DRW nr 13781), Warszawa 1995
9. Duda D., Dziewicki M., Ledóchowski M., Możliwości wykorzystania systemu różnicowego nawigacji globalnej DGPS w systemie osłony radionawigacyjnej na wodach Zatoki Gdańskiej, I Sympozjum Nawigacyjne WSM, Gdynia 1995
10. Dworecki S., Prognozowany charakter konfliktów zbrojnych a nowoczesne środki walki, Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, nr 51/1994

11.Dziedzic J., Zastosowanie satelitów nadzorujących w wojnie o Kuwejt, Myśl Wojskowa, nr 6/1991

12.Ekspertyza dotycząca celowości i zasad tworzenia w Polsce sieci permanentnych stacji GPS, Warszawa 1995

13.Falkowski J., Technika komputerowa w dydaktyce - za i przeciw, Zeszyty Naukowe AON, nr 1/1992

14.Farrell J. J., Integrated Aircraft Navigation, informacja prasowa, Londyn 1976

15.Fellner A., Jafernik H., Ziarko J., Znaczenie systemu DGPS dla Sił Powietrznych RP, Dęblin 1996

16.Fellner A., Łata I., System DGPS w nawigacji lotniczej, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, nr 11/1994

17.Fellner A., Grzelka J., Pawęska J., Obronny satelitarny system nawigacyjny DNSS. Informacje i poglądy, Zeszyty Naukowe AON, nr 4-5/1991

18.Flight Iternational, Military simulation: the proves, luty 1985

19.Gatland K., Kosmiczeskaja tiechnika (tłumaczenie z angielskiego), Moskwa 1986

20.Gomółka J., Reorganizacja w Siłach Powietrznych w Wielkiej Brytanii, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, nr 5/1993

21.Gotowała J., Splątane wiraże, Warszawa 1992

22.Górbiel A., Czy można zawłaszczyć orbitę ?, Problemy, nr 11/1978

23.Gu X.: High Precision Navigation with Wide Area DGPS, komunikat sympozjum, Amsterdam 1993

24.Herwish H., Turbe G., Mission Planing and Rehearsal, International Defense Review, No. 7/1991

25.Hyra E., Akademia Sił Powietrznych Stanów Zjednoczonych. System szkolenia, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, nr 1/1993

26.Januszkiewicz J., Technologia kształcenia, Warszawa 1985

27.Jarosławski M. Podgotovka Letcikov VVS Szvecji, Zarubieżnoje Voennoe Obozrenie, nr 3/1996

28.Jasani B., Outer Space - Battlefield of the Future?, Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Londyn 1978

29.Jura J., Przygotowanie rozprawy doktorskiej, Warszawa 1994

30.Kaczmarek W., Ściborek W., Przyszła wojna, jaka?, Warszawa 1995

31.Kee C., Parkinson B., Algorithms and Implementation of Wide Area GPS, komunikat konferencji, Albuquerre (USA), 1992

32.Klaje P., Dokształcanie oficerów w jednostkach Sił Zbrojnych Niemiec, Wojskowy Przegląd Zagraniczny, nr 3/1986

33.Knippind F., Wojny gwiezdne, Warszawa 1986

34.Kolman R., Poradnik dla doktorantów i habilitantów, Bydgoszcz 1994

35.Kotarbiński T., Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk, Wrocław 1961

36.Kruszewski K., Kształcenie w szkole wyższej, Warszawa 1988

37.Kupisiewicz Cz., Podstawy dydaktyki ogólnej, Warszawa 1994

38.Kuriata J., Zarys koncepcji niezbędnej modernizacji techniki SZ RP w świetle konieczności utrzymania wymaganej zdolności obronnej państwa, Myśl Wojskowa, nr 2/1994

39.Lechner W., NAVSTAR GPS and GLONASS - Competitors or Initial Elements of a Future Global Satellite Navigation System, SPN, No.1/1992

40.Łobocki M., Metody badań pedagogicznych, Warszawa 1978

41.Łukawska A., Palka S., Wybrane zagadnienia dydaktyki ogólnej, Kraków 1983

42.Machura J., Działania bojowe Wojsk Lotniczych w operacjach frontu, Warszawa 1990

43.Mc Neff J. G., Global Positioning System (GPS), komunikat sympozjum, Columbus (USA), 1992

44.Mohlenkamp K., Schramm U., High Precision Taxiguidance Based on a Satellite Navigation System, komunikat sympozjum, Amsterdam 1993

45.Okoń W., Zarys dydaktyki ogólnej, Warszawa 1970

46.Orkisz M., Rypulak A., Integracja wyposażenia samolotów a kształcenie pilotów, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, nr 4/1994

47.Osowski K., Wójcik W., System GPS w Lotnictwie Marynarki Wojennej, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, nr 12/1992

48.Parkinson B. W., Spilker J. J., Global Positioning System, Theory and Applications, American Institute of Aeronautics Inc., Waszyngton 1996

49.Pieter J., Praca naukowa, Katowice 1960

50.Pieter J., Ogólna metodologia pracy naukowej, Wrocław 1967

51.Pike J., Lang S.: Military Use of Outer Space II, The Use of US Military Space System in the Persian Gulf War, SIPRI Yearbook, Waszyngton 1992

52.Podręcznik dla pilota, System nawigacji satelitarnej Bendix/King KLN 90, Warszawa 1994

53.Podręcznik dla pilota, Odbiornik GPS Garmin 150, Świdnik 1993

54.Podręcznik użytkowania, Trimble Flightmate GPS (Pilot Operating Manual), Trimble Navigation, Monachium 1993

55.Polowczyk J., Kształcenie taktyczne pilota śmigłowca (wątpliwości i sugestie), Przegląd Wojsk Lądowych, nr 8/1996

56.Praca zbiorowa, Zastosowanie GPS do celów obronnych w Polsce, Warszawa 1995

57.Praca zbiorowa, Słownik podstawowych terminów wojskowych, Warszawa 1977

58.Praca zbiorowa, Procedings of DNSS 96, St. Peterburg, 20-24 maja 1996

59.Praca zbiorowa, Systemy satelitarne i symulacyjne w lotnictwie, materiały z III ogólnopolskiej konferencji naukowej, WOSL 1994

60.Praca zbiorowa, Systemy satelitarne i symulacyjne w lotnictwie, materiały z IV międzynarodowej konferencji naukowej, WSOSP 1996

61.Praca zbiorowa, Navigation, Journal of the Institute of Navigation, Waszyngton, No. 4/1994 - 1995

62.Praca zbiorowa, Navigation, Journal of the Institute of Navigation, Waszyngton, No.3/1995

63.Praca zbiorowa, International Military and Defense, Waszyngton 1993

64.Praca zbiorowa, Metodyka szkolenia taktycznego w wojskach lotniczych, Poznań 1982

65.Praca zbiorowa, Instrukcja o przygotowaniu i prowadzeniu ćwiczeń taktycznych z wojskami w SZ RP, SGWP, Warszawa 1989

66.Praca zbiorowa, Industry Waits for Gulf foll-out, Jane's Defense Weekly, Waszyngton, No. 1/1991

67.Praca zbiorowa, A Technical Raport to the Secretary of Transportation on National Approach to Augmented GPS Servises US Department of Commerce, NTIA Special Publication, grudzień 1994

68.Praca zbiorowa, GLONASS INFO, biuletyn KHUU BKC, nr 1/1996

69.Pytkowski W., Organizacja badań i ocena prac naukowych, Warszawa 1985

70.Samsonov V., Podgotovka letnogo sostava VVS Japonii, Zarubieżnoje Voennoe Obozrenie, nr 5/1990

71.Schneigert Z., Zagrożenie z kosmosu, Warszawa 1987

72.Siemieniecki B.: Sienkiewicz P., Dylematy informatycznego kształcenia, Informatyka, nr 7/1994

73.Szczygieł J., GPS - system nadziei dla lotnictwa, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, nr 7-8/1996

74.Szymański J.: Sukces rynkowy systemu nawigacyjnego GPS, Elektronika Przemysł i Rynek, nr 9/1995

75.Świątnicki W., Świątnicki Z., Wojna w kosmosie, Warszawa 1990

76.Tyrała P., Kształcenie lotnicze, Dęblin 1995

77.Tyrała P., Lotnictwo przyszłości wymaga efektywnych metod kształcenia, materiały z konferencji naukowej, Koszyce 1996

78.Vorbich K. K., The Real-time Positioning with DGPS/IMU for Navigation Applications in Poland, komunikat sympozjum, Stuttgart (Niemcy), 1995

79.Vorbich K. K., Haverland H., Schaenzer G., High Precision Navigation for Flight Testing (AeroNav), AGARD, komunikat sympozjum, Kreta (Grecja), 1992

80.Waliszkiewicz J., Zintegrowane szkolenie taktyczno - bojowe, Przegląd Wojsk Lotniczych i WOPK, nr 7-8/1994

81.Wiśniewski E., Jagiełło K., Nowakowski J., Metodyka wojskowych badań naukowych, Warszawa 1983

82. Witczak A., Droga do DGPS w Polsce, Wyd. ITWL, Warszawa 1995

83. Zimniewicz J., Szkolenie pilotów w Siłach Powietrznych państw NATO, Przegląd Wojsk Lotniczych i WOPK, nr 7-8/1989

84. Zimniewicz J., Szkolenie pilotów w państwach NATO, Przegląd Wojsk Lotniczych i WOPK, nr 3/1988

85. Yuan J., Gu X., Eror Correction for Differential GPS with Long Separated Ground Station and User for Aircraft Landing, komunikat sympozjum GPS'90, Ottawa (Kanada), 1990