AKADEMIA
OBRONY NARODOWEJ

AON 5370/2001

RADIOLOKACJA W WOJSKACH LĄDOWYCH WSCHODNICH SĄSIADÓW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Studium teoretyczne

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid.
Akademii Obrony Narodowej
54285

Biblioteka Główna
Akademii Sztuki Wojennej
54285
09-054285-000-0

WARSZAWA 2002

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

INSTYTUT DOWODZENIA

AON 5370/2001

RADIOLOKACJA W WOJSKACH LĄDOWYCH WSCHODNICH SĄSIADÓW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Studium teoretyczne



WARSZAWA 2002

Praca opracowana pod kierunkiem i redakcją
naukową
mjr. dr. inż. Waldemara SCHEFFSA

Zespół autorski:

mjr dr inż. Waldemar SCHEFFS (wprowadzenie; rozdział 3; 5).
ppłk dr inż. Gabriel NOWACKI (rozdział 1; 2).
mjr mgr inż. Wiesław BŁAŻEJCZYK (rozdział 4; zakończenie)

38Sła

Druk i oprawa: Akademia Obrony Narodowej – Wydział Wydawniczy, zam. nr 1493/2001

Spis treści

Wprowadzenie 5

I. Pojęcie informacji w radiolokacji 10

II. Miejsce rozpoznania radiolokacyjnego w rozpoznaniu technicznym 24

III. Cechy wyróżnialności stacji radiolokacyjnych 45

IV. Rozpoznanie radiolokacyjne pola walki 76
4.1. Identyfikacja sytuacji radiolokacyjnej w ugrupowaniu ZT państw wschodnich 79
4.2. Stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki 86
4.3. Stacje radiolokacyjne obrony indywidualnej 92
4.4. Artyleryjskie stacje radiolokacyjne 100

V. Rozpoznanie radiolokacyjne w jednostkach przeciwlotniczych wojskach lądowych 107
5.1. Sytuacja radiolokacyjna w ugrupowaniu wojsk lądowych 113
5.2. Charakterystyka radiolokatorów przeciwlotniczych 123
5.2.1. Stacja radiolokacyjna zestawu przeciwlotniczego ZSU-23-4 Szilka 123
5.2.2. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego 2S6 Tunguska 126
5.2.3. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego Pancyr 130
5.2.4. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego SA-8 OSA ... 133
5.2.5. Stacja radiolokacyjna zestawu przeciwlotniczego SA-6 KUB ... 136
5.2.6. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego S.A.-15 TOR 140
5.2.7. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego SA-11 BUK... 147
5.2.8. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego SA-4 KRUG.... 156
5.2.9. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego S.A.-12 S-300W . 159

Zakończenie 170
Literatura 174
Załączniki 177

WPROWADZENIE

Odkrycia naukowe z pierwszej połowy XIX wieku spowodowały, że w walce zbrojnej na szerszą skalę zaczęto wykorzystywać urządzenia elektroniczne. Za jej początki można przyjąć opublikowanie prac teoretycznych J. C. Maxwella (1831 — 1879), dotyczących ogólnych praw rozchodzenia się fale magnetycznych i elektrycznych. Spowodowało to m.in. uznanie światła widzialnego za falę elektromagnetyczną. Doświadczenia H. R. Hertz w latach 1887 — 1888 przyczyniły się ostatecznie do opracowania podstaw radioelektroniki. Potwierdził on przewidywania teoretyczne Maxwella, wytwarzając fale elektromagnetyczne o długości 1 metra. Od roku 1896 możemy mówić o łączności bezprzewodowej z sprawą doświadczeń G. Marconiego, który zbudował pierwszą radiostację, uzyskując bezprzewodowe połączenie radiowe poprzez Zatokę Biskajską. Podobne prace w tym zakresie (nadajnik i odbiornik radiowy) prowadził Rosjanin A. S. Popow. Na początku XX wieku po raz pierwszy zastosował on odbiornik radiowy do prowadzenia rozpoznania w celu poszukiwania okrętów na pełnym morzu. 8 marca 1904 r. admirał Makarow sprecyzował pierwsze zadania dla rozpoznania radiowego w czasie wojny rosyjsko — japońskiej[1].

Początek XX wieku to także początek radiolokacji. Pierwsze radiolokatory powstają prawie równocześnie w Rosji, Anglii,

[1]H. Piekarski: *„Walka radioelektroniczna"*. Wydawnictwo MON, Warszawa 1980, s.19.

Niemczech i Stanach Zjednoczonych. Ich gwałtowny rozwój przepada na lata II wojny światowej.

Zjawisko odbijania fal radiowych zaobserwował po raz pierwszy rosyjski naukowiec A. S. POPOW. Eksperyment, polegający na wykryciu samolotu za pomocą fal radiowych, przeprowadził w 1934r. w Leningradzie inż. J. KOROWIN. Testował on prototyp stacji radiolokacyjnej „RAPID". Wykorzystując konstrukcję radaru „RAPID" i „BURIA" opracowano w 1936 roku radiolokator do kierowania obroną przeciwlotniczą.

Pierwsze konstrukcje SRL w Zachodniej Europie powstają w Anglii. Stacje wykrywania „RDF" (Radio Direction Finding) przeznaczone do obserwacji powietrznej wokół wyspy były rozmieszczone wzdłuż południowo-wschodniego wybrzeża Anglii. Miały zasięg około 70 km na wysokości 3000 m

Badania naukowe i konstrukcyjne w zakresie wykorzystania zjawiska odbijania fal radiowych prowadzone były również w Niemczech. Od roku 1935 trwały prace nad skonstruowaniem stacji radiolokacyjnej pracującej w zakresie fal decymetrowych. W 1938r. zbudowano radar do wykrywania samolotów z odległości 100-120 km typu „Freya".

Postęp techniczny w dziedzinie radiolokacji umożliwił powstawanie coraz to nowszych stacji radiolokacyjnych realizujących coraz więcej funkcji i wykorzystujących wyższe zakresy częstotliwości. Pierwsze radary pracowały na fali o długości 10 m, a wraz z rozwojem techniki mikrofalowej od 1944r. emitowały fale centymetrowe. Rozwój techniki tranzystorowej, a następnie układów scalonych, w drugiej połowie dwudziestego wieku spowodował ogromny postęp w konstrukcjach SRL.

W latach 80 tych rozpoczęto konstruowanie radarów pracujących na coraz krótszych falach, mieszczących się już w

pasmach L (7,5-5 mm) i M (5-3 mm). Wraz z konstrukcjami samolotów wojskowych w programie „Stealth" następuje powrót do fal metrowych (długość fal z zakresu rezonansu płatowca), ponieważ przy tych długościach możliwe jest wykrywanie tych samolotów.

Wraz z rozwojem elektroniki rozwija się mikroelektronika, która także szeroko wkracza do arsenałów współczesnych środków technicznych (nie tylko środków walki). To właśnie mikroelektronika znajduje dziś największe zastosowania w doskonaleniu techniki wojskowej w tym radiolokacyjnej.

Rozwój techniki pociąga m.in. za sobą rozwój nauk wojskowych. Powstają nowe koncepcje taktyczne działań wojsk, rozwija się sztuka operacyjna i strategiczna, rozwijają się także metody i sposoby rozpoznawania i zakłócania elektronicznego. Walka elektroniczna staje się częścią walki informacyjnej.

Potencjalny przeciwnik może teraz oddziaływać na systemy i środki walki nie będąc widzialnym. Ponadto atakujący może ukryć swoją tożsamość, a zaatakowane państwo nie będzie w stanie jednoznacznie wskazać agresora. Działa więc z zaskoczenia, obezwładnia lub wręcz zniszczy istotne elementy infrastruktury cywilnej i wojskowej. Taka sytuacja powoduje, że wiele państw na świecie doskonali swoje narzędzia walki informacyjnej, które mogą się przyczynić do osiągnięcia celów politycznych oraz zaniechania prowadzenia działań bojowych przez przeciwnika. Jednym z tych narzędzi są stacje radiolokacyjne. Udoskonalane, modernizowane stają się coraz doskonalszymi „oczami" obserwującymi wszystko, co dzieje się wokół ochranianych granic.

Wiele państw na świecie redukuje swoje siły zbrojne, dążąc jednak do utrzymania ich mocy bojowej na tym samym poziomie. Jest to możliwe poprzez wdrażanie do wojsk postępu naukowo-technicznego, tzn. opracowywanie i produkowanie coraz lepszego i tańszego sprzętu. Duża

rola w tym zakresie przypada stacjom radiolokacyjnym, które na współczesnym polu walki powinny funkcjonować w każdych warunkach atmosferycznych i cechować się dużą dokładnością, mobilnością i odpornością na zakłócenia. Stacje te zapewniając wiarygodną i szybką transmisję danych z i do systemów broni oraz na potrzeby wypracowania decyzji przyczyniają się do wzrostu mocy bojowej.

Tak określona sytuacja problemowa wymusiła konieczność opracowania zwartego materiału teoretycznego umożliwiającego czytelnikowi zapoznanie się z elementami składowymi systemów radiolokacyjnych będących na wyposażeniu niektórych państw wschodnich sąsiadów Rzeczypospolitej Polskiej.

Treść poznawcza pracy została podporządkowana osiągnięciu *głównego celu:*

Scharakteryzować stacje i systemy radiolokacyjne państw wschodnich sąsiadów RP jako źródła walki informacyjnej oraz określić ich znaczenie na współczesnym polu walki.

Osiągnięcie głównego celu badań nastąpiło na drodze rozwiązania *głównego problemu badawczego*:

Czym się charakteryzuje rozpoznanie radiolokacyjne i jakie jest jego znaczenie na tle innych rodzajów rozpoznania w wojskach lądowych wschodnich sąsiadów RP?

Z głównego problemu badawczego wyniknęły następujące *problemy szczegółowe*:

1. *Jak należy interpretować pojęcie informacji w radiolokacji?*
2. *Jakie jest znaczenie rozpoznanie radiolokacyjnego w rozpoznaniu technicznym?*
3. *Jakie cechy wyróżnialności posiadają SRL i systemy radiolokacyjne państw wschodnich jako źródła walki informacyjnej?*

4. *Jakie rodzaje i typy SRL pola walki wykorzystywane są przez w siły lądowe państw wschodnich?*
5. *Czym się charakteryzują SRL występujące w przeciwlotniczych systemach radiolokacyjnych wojsk lądowych państw wschodnich?*

Opracowanie składa się z pięciu rozdziałów i zawiera wyniki badań, ujęte w formie teorii, oraz szacunkowe dane dotyczące ilościowe SRL w ugrupowaniu ZT państw wschodnich.

Zasadniczą treścią rozdziału pierwszego jest próba wyjaśnienie znaczenia pojęcia informacji, w tym jego specyfiki w zakresie radiolokacji.

W rozdziale drugim dokonano analizy znaczenia, miejsca rozpoznania radiolokacyjnego w rozpoznaniu technicznym.

Zasadniczą treścią rozdziału trzeciego jest charakterystyka cech wyróżnialności SRL.

W rozdziale czwartym przedstawiono typy i rodzaje SRL wykorzystywanych w systemie rozpoznania radiolokacyjnego pola walki w wojskach lądowych państw wschodnich.

Zasadniczą treścią rozdziału piątego jest charakterystyka SRL pracujących w przeciwlotniczych systemach radiolokacyjnych wojsk lądowych państw wschodnich.

Szeroki obszar problemowy pracy wymagał przyjęcia określonej procedury badawczej, w której budowie kierowano się głównie podejściem systemowym.

Problemy badawcze pracy dotyczyły różnych kwestii merytorycznych oraz metodologicznych. Stąd wynikała potrzeba zastosowania różnych metod badawczych odpowiadających charakterowi rozwiązywanych problemów, do których można zaliczyć: definiowanie, indukcję, dedukcję, analogię, analizę (historyczną, przyczynową, strukturalną i systemową), porównanie i uogólnienie.

I. POJĘCIE INFORMACJI W RADIOLOKACJI

Zgodnie z *communis opinio* pojęcie „informacja" oznacza wiadomość, wieść, nowinę, rzecz zakomunikowaną; miarę wiedzy o jakimś zdarzeniu[1].

W cybernetyce „informacja" stanowi jedno z podstawowych pojęć, którego desygnat jest nie w pełni definiowalny z uwagi na jego pierwotny i elementarny charakter[2]. W opisie procesów łączności i sterowania pojęcie „informacja" zajmuje podobną pozycję jak pojęcia masy i energii w fizyce. Dlatego też ścisłe zdefiniowanie go za pomocą pojęć prostych jest po prostu niemożliwe. W teorii informacji i cybernetyce pojęcie informacji jest definiowane w sposób ukazujący tylko niektóre jej aspekty — *ad exemplum*:

- ✓ N. Wiener określa „informację" jako „nazwę treści zaczerpniętej ze świata zewnętrznego, w miarę jak się do niego dostosowujemy i jak przystosowujemy doń swoje zmysły.
- ✓ N. Couffignal pisze, że w cybernetyce nazywa się „informacją" wszelkie działanie fizyczne, któremu towarzyszy działanie psychiczne.
- ✓ Według W. Głuszkowa, „informacja" to wszelkie wiadomości o procesach i stanach dowolnej natury, które mogą być odbierane przez organy zmysłowe człowieka.

---

[1]Kopaliński: *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1980, s.429.
[2]*Mały słownik cybernetyczny*, op. cit., s.155.

- ✓ Według H. Greniewskiego, informacja" to stany wyróżnione wejść i wyjść układu.
- ✓ Według C. L. Shannona, „informacją" jest to wszystko, co nie jest ani energią, ani masą, czyli zasilaniem — jest to każde rozpoznanie stanu układu, odróżnialnego od innego stanu tego układu.

Źródłem nieporozumień i rozbieżności dotyczących interpretacji pojęcia „informacja" bywa najczęściej fakt, iż jest ono używane w cybernetyce w dwóch, nieco odmiennych znaczeniach — jako odbicie przez odbiorcę[3] stanów wyróżnionych układu będącego nadawcą[4] oraz jako miara zorganizowania układu.

Twórca teorii informacji, C. E. Shannon, zdawał sobie sprawę, że jego aksjomatyka obejmuje tylko jeden, mianowicie ilościowy aspekt „informacji" i dlatego też zupełnie świadomie nazwał swoją teorię „matematyczną". Statystyczną interpretację swojej teorii przeniósł Shannon na inne dziedziny rzeczywistości, w których mogą zachodzić procesy losowe, przede wszystkim na teorię łączności. Wkrótce okazało się, że koncepcja informacji może znaleźć zastosowanie nie tylko w teorii łączności, ale również w biologii,
psychologii, lingwistyce i wielu innych naukach, w których istnieją obiektywne prawidłowości statystyczne.

Należy podkreślić zasługi Shannona w zapoczątkowaniu technik ilościowego pomiaru informacji, lecz trzeba pamiętać o ich ograniczeniach. Procedura pomiaru ilości informacji nie ujmuje ani sensu, ani wartości wiadomości, ani wariancji zdarzeń. „Informację" rozpatruje

---

[3]Odbiorca informacji to każdy obiekt rozważany wyłącznie jako układ informacyjny (człowiek, inna istota żywa jak i określone urządzenie techniczne. *Mały słownik cybernetyczny*, op. cit., s. 285.

[4]Nadawca informacji to każdy obiekt rozważany wyłącznie jako układ informujący, gdy mówi się o emitowanych informacjach, ich przesyłaniu i zamierzonym odbiorze. *Mały słownik cybernetyczny*, op. cit., s. 270.

się tylko w aspekcie syntaktycznym[5]. Dlatego też należałoby łączyć aspekt syntaktyczny z aspektem semantycznym[6] i pragmatycznym[7].

Próbę rozwinięcia aspektu semantycznego „informacji" podjął M. Mazur[8], w tzw. jakościowej teorii informacji. Przeprowadził on typologię procesów informowania, w której uwzględnił kryteria semantyczne („informowanie" oraz „dezinformowanie"). Stwierdza on, że „[...] chociaż istnieje już teoria informacji nie można się z niej dowiedzieć co to jest „informacja". Wprawdzie rozpatruje się ilościową stronę „informacji", jednakże niedostatecznie wyjaśniona pozostaje jej strona treściowa.

Wychodząc z analizy systemów łączności, próbowano wyjaśnić pojęcie „informacji", wyróżniając „sygnał" oraz „wiadomość". W tym kontekście sygnał określano jako przejaw zmiany stanów materii, przy czym sygnał może, ale nie musi zawierać wiadomości. Wiadomość przekazywana jest przez sygnały. W zależności od wiedzy lub niewiedzy odbiorcy wiadomości stają się mniej lub bardziej zrozumiałe i okazują się „informacją".

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w semantycznym ujęciu zakłada się celowy charakter „informacji" do wykorzystania w określonym układzie nadawcy (nadajnika) i odbiorcy (odbiornika). Aby treść „informacji była zrozumiała odbiorca musi dysponować nagromadzonym zasobem — zapisem wiedzy w danej dziedzinie w postaci np. słownika, encyklopedii, zbioru modeli i symboli. Zasób taki

---

[5]Przez aspekt syntaktyczny informacji należy rozumieć relacje pomiędzy sygnałami niosącymi wiadomość, w której zawarta jest informacja, oraz pomiędzy sygnałami a kanałem komunikacyjnym.

[6]Aspekt semantyczny obejmuje relacje pomiędzy sygnałem a niesioną przez niego wiadomością.

[7]Aspekt pragmatyczny informacji dotyczy z kolei relacji pomiędzy niesioną przez sygnał wiadomością a jej nadawcą lub odbiorca.

[8]M. Mazur M: *„Jakościowa teoria informacji"*, Warszawa 1970, s. 47.

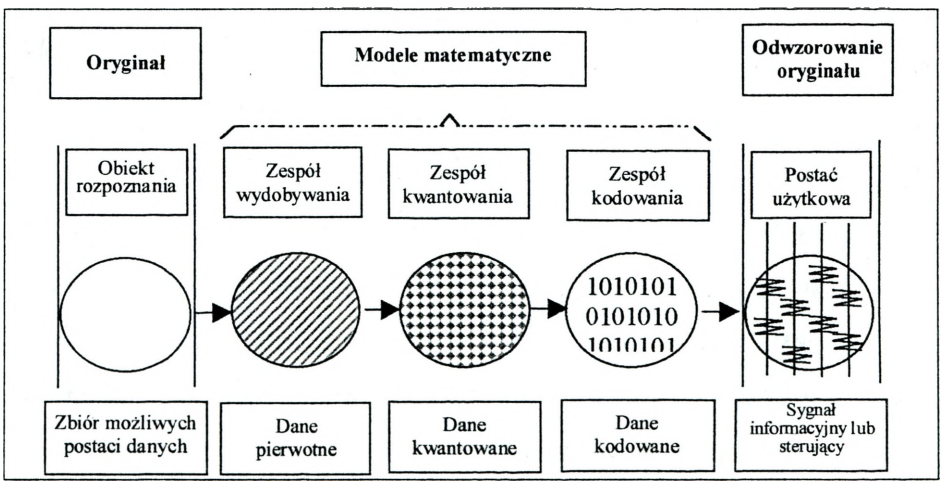
często nazywany jest umownie tezaurusem[9]. Treść — sens „informacji" ma więc charakter względny, odnieść ją można tylko do określonego nadawcy i odbiorcy dysponujących odpowiednim tezaurusem. Nowa, istotna treść informacyjna, przyjęta przez odbiorcę, uzupełnia dysponowany przez niego tezaurus i odpowiednio zmienia jego skład i strukturę.

Jakościowa teoria informacji, tak samo jak i ilościowa teoria informacji pomija aspekt pragmatyczny.

Z założenia, że „informacja" jest czymś, co służy do bardziej sprawnego wyboru działań ukierunkowanych na osiągnięcie określonych celów, wynika jej charakter względny. Oznacza to, że dana „informacja" może być dla jednego celowego działania użyteczna, dla innego bezużyteczna, a jeszcze dla innego wręcz utrudniająca realizację działania celowego. Ten związek „informacji" z celowością działania powoduje względność wskazującą na potencjalny i rzeczywisty charakter „informacji" — nie wszystkie docierające dane nadają się do wspomagania celowego działania w takiej postaci w jakiej zostały odebrane. Użytecznymi mogą się stać dopiero po odpowiednim przetworzeniu. Na przykład w telekomunikacji zarejestrowanie parametrów modulacji sygnału nośnego nie spowoduje, że jego odbiorca będzie wiedział, jakie treści logiczne niesie ta „informacja". Dowie się o tym dopiero wówczas kiedy zarejestrowane parametry modulacji zostaną skonfrontowane z regułą modulacji w układzie przetwarzającym, to znaczy z uzależnieniem stanów sygnału nośnego od sygnału modulującego, który niesie w sobie informację logiczną dla odbiorcy. Takie sygnały są „informacjami' potencjalnymi dla odbiorcy i często

[9]Tezaurus – słownik stosowany w systemach automatycznego porządkowania, magazynowania i wyszukiwania informacji, zawierający listę słów kluczowych, charakteryzujących treść dokumentów. *Leksykon techniczny*, op. cit., s. 559.

w literaturze przedmiotu określane są mianem „danych", które można dwojako rozumieć (rys. 1.1). Z jednej strony można je traktować jako odpowiednią postać sygnałów przeznaczonych do przetworzenia w urządzeniach; z drugiej — jako namiastkę „informacji" przekształconą w zmaterializowaną postać nadającą się do przetwarzania w urządzeniach. Jeżeli natomiast człowiek stara się dostarczyć, w sposób świadomy lub zaprogramowany „informację" zrozumiałą dla innego człowieka, bez konieczności jej przekształcania, to w tym wypadku można ją nazwać „wiadomością". Z powyższych rozważań wynika, że bardzo trudno jest jednoznacznie określić czym jest „informacja". Wieloznaczność tego terminu prowadzi do powstania dodatkowych, nieścisłych pojęć oraz powoduje niejednoznaczność w komunikowaniu się. Dlatego też w celu określenia jednoznaczności i ścisłości języka problemu zdefiniowano pojęcie „informacji" oraz terminy pochodne.



Rys. 1.1. Model formowania sygnału

„Dane" to „informacje" potencjalne, które dopiero po odpowiednim opracowaniu (przy wykorzystaniu odpowiedniego klucza) mogą stać się „informacjami" przydatnymi w działaniu celowym. Dlatego konieczne jest ich przekształcanie w odpowiednie sygnały informacyjne

bądź sterujące. Oryginał odwzorowywany na ich podstawie jest zawsze odzwierciedleniem wartości entropii informacyjnej, która zwykle jest większa od wartości entropii fizycznej[10].

„Komunikat" to zbiór zestawiony ze znaków określonego języka, który jest pewną, zrozumiałą dla człowieka porcją „informacji". Jest przekazywany adresatowi (do układu odbierającego) w „czystej" formie, czyli w postaci komunikatywnej dla zmysłów człowieka.

Na tym etapie analizy można stwierdzić, że „informacja" to tylko takie doznanie, które inspiruje umysł ludzki do pewnej wyobraźni. Wyobrażenie o stanie otoczenia, kształtowane na podstawie odebranego recepcyjnie bodźca, wiąże się z posiadaniem wcześniejszej wiedzy o możliwych stanach otoczenia i ujawniających je efektach. Umysł ludzki musi być wcześniej jakby zaprogramowany na kojarzenie określonych bodźców z daną sytuacją.

Potwierdzeniem powyższych wniosków mogą być wyniki badań profesora Filipa Baumarda, dziekana Wydziału Planowania Strategicznego na Uniwersytecie w Paryżu. Twierdzi on, że tylko ok. 20% udziału w budowaniu wyobrażeń („informacji") mają receptory (neurony)

---

[10] *Entropia fizyczna* jest funkcją aktualnego stanu fizycznego określonego obiektu materialnego przy założeniu, że stan ten jest traktowany jako zmienna losowa. *Entropia informacyjna* stanowi natomiast miarę nieokreśloności zdarzeń stanowiących źródła informacji, przy określonym stanie wiedzy o tych zjawiskach. Jest ściśle związana z ilością informacji zawartej w odebranym komunikacie, gdyż za miarę uzyskanej tą drogą przez odbiorcę informacji przyjmuje się stopień zmniejszenia nieokreśloności. W odróżnieniu od entropii fizycznej, która jest całkowicie określana przez istniejący obiektywnie rozkład prawdopodobieństwa danego stanu, entropia informacyjna uwzględnia jeszcze i nieokreśloność spowodowaną niepełną wiedzą odbiorcy o statystyce zjawisk zachodzących w źródle informacji. Tylko w wypadku, gdy odbiorca jest całkowicie poinformowany o statystycznej naturze zjawiska, wartość entropii fizycznej i informacyjnej pokrywają się. Entropia informacyjna wyrażona jest równaniem

$$H(X_d) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_a p_i$$

X_d - dyskretna zmienna losowa; p_i - prawdopodobieństwo i-tej realizacji dyskretnej zmiennej losowej X_d; a - jednostkowa miara ilości informacji.

pobudzane zmysłami. Pozostałe 80% pochodzi z innych części mózgu. Innymi słowy 80% wyobrażeń jest konstruowanych wewnętrznie. Wyobrażenie jest więc bardziej zależne od wiedzy niż odebranych bodźców. Dlatego też planowanie czegokolwiek bez wiedzy na ten temat nie ma sensu.

Planowanie jest aktem wyobrażenia, jest zależne nie tylko od naszych receptorów (otrzymujących bodźce ze środowiska zewnętrznego), ale w znakomitej większości od neuronów w naszym mózgu, które uczestniczą w konstruowaniu wyobrażeń i pomagają nam w transformacji zauważonego (odebranego) bodźca w sensowny obraz.

Jakość projekcji, planów czy decyzji w niewielkim więc tylko stopniu uzależniona jest od znanej nam wrażliwości sensorycznej człowieka (decydenta) a znacznie bardziej zależy od efektywności funkcjonowania jego struktur wewnątrz mózgowych.

Konieczność orientacji we współczesnym świecie stwarza potrzeby poznawcze (intelektualne), a ich zaspokojenie warunkuje posiadanie odpowiedniej wiedzy. Człowiek odbiera za pośrednictwem układu nerwowego sygnały wysyłane przez środowisko i na ich podstawie reaguje na różne czynniki i zjawiska. Bodźce fizyczne (np. światło, dźwięk) po skomplikowanych procesach w narządach odbiorczych (np. w oku, uchu) i w układzie nerwowym (obwodowym i ośrodkowym) stają się sygnałami niosącymi określone informacje. Mózg dokonuje syntezy danych dostarczanych mu z różnych narządów odbiorczych. Człowiek poznaje zatem świat zewnętrzny już jako przekształcony przez system organów zmysłowych. A poznanie polega w istocie na grupowaniu przeżywanych elementów swojego życia duchowego, przekształcaniu ich w różnorodne symbole, znaczenia, pojęcia; polega na tworzeniu cech i przypisywaniu tych cech obiektom zewnętrznego świata. Wprawdzie

istnieje powszechne mniemanie, że za pomocą rozumu i wyobraźni, a szczególnie za pomocą nowoczesnych przyrządów obserwacyjnych i pomiarowych, poznawane są obiektywne właściwości świata, ale są to tylko mrzonki. Człowiek nie odbiera „informacji", może tylko odbierać bodźce ze środowiska zewnętrznego, które zawsze docierają do świadomości człowieka już przetworzone przez zmysły, świadomość z kolei tworzy pojęcia, które są tylko kwestią umowy. Rozum i wyobraźnia powstają i rozwijają się wyłącznie za pośrednictwem organów zmysłowych, więc pośrednio za ich przyczyną powstają nawet najwymyślniejsze teorie naukowe. I także w tym przypadku, wszystko to nie wykracza poza sferę duchowego życia człowieka.

Podsumowując dotychczasowe rozważania należy stwierdzić, że poprzez zwiększenie rodzaju i zakresu uzyskiwanych danych człowiek wychodzi poza ograniczenia, jakie narzucają mu możliwości percepcyjne narządów zmysłowych, pokonuje barierę czasu i przestrzeni, uzyskuje możliwość wyboru optymalnych rozwiązań w różnych sytuacjach, uniezależnia się od zmian w środowisku. Liczne fakty z codziennego życia wskazują, że człowiek coraz bardziej wychodzi poza granice możliwości receptorów — oka, ucha itp. Pozytywna rola informacyjna polega na tym, że umożliwia mu przystosowanie się do otoczenia, jego przekształcenie, przewidywanie zdarzeń i zmniejszenie ryzyka podejmowania decyzji. Badania w zakresie psychologii i cybernetyki pozwoliły na ścisłą analizę procesów – składowych aktywności człowieka, do których można zaliczyć:

— odbiór danych (przyjęcie i odczytanie bodźców i sygnałów, spostrzeganie, zapamiętywanie);
— przetwarzanie danych (analiza, wnioskowanie);
— wykorzystanie danych (podejmowanie decyzji).

Psychologia stosuje tradycyjnie podział funkcji poznawczych na wrażenia, spostrzeżenia, wyobrażenia, pamięć i myślenie — które w ujęciu cybernetycznym zostały sprowadzone do trzech podstawowych procesów (odbiór, przetwarzanie i wykorzystanie danych). Orientacja dowódcy, co do sytuacji na polu walki, wymaga zdobywania, przetwarzania i gromadzenia dużych ilości danych, gdyż trudno przewidzieć, jakiego rodzaju ich postacie będą potrzebne w konkretnej sytuacji, wykonywanym zadaniu bojowym lub przewidywaniu zdarzeń.

Z powyższych rozważań wynika, że *„informacja" to takie komunikaty lub dane, które zmniejszają stopień niewiedzy (entropię informacyjną) o badanym zjawisku, a tym samym umożliwiają jej rzeczywistym lub potencjalnym użytkownikom polepszenie znajomości otoczenia i sprawniejsze przeprowadzenie celowego działania.*

Przyjęcie tego podejścia oznacza, że:

— po pierwsze, współczesny człowiek ma do czynienia nie z zalewem informacji, a z zalewem komunikatów, z których dopiero stawiając określone pytania może wyłowić informacje (a wiec te komunikaty lub kombinacje komunikatów, które zawierają odpowiedź na postawione pytania);

— po drugie, zdolność do pozyskiwania informacji jest równoznaczna z dysponowaniem wiedzą umożliwiającą stawianie właściwych pytań i umiejętnością ich stawiania, co akcentuje aktywna role jednostki lub organizacji nie tylko na etapie budowy systemów informacyjnych, lecz również przy ich wykorzystywaniu;

— po trzecie, informacja stanowi wartość subiektywną, której każdy człowiek lub każda organizacja nadaje swoją indywidualną wagę i indywidualną interpretację.

W procesie pozyskiwania informacji przez jednostkę lub organizacje istotna role odgrywa podział na źródła pochodzenia komunikatów, a więc czy pochodzą one ze źródeł bezpośrednich, czy pośrednich. Z punktu widzenia procesów informacyjnych podział ten wprowadza istotne zróżnicowanie, o ile bowiem komunikaty pochodzące ze źródeł bezpośrednich służą *ex definitione* generowaniu informacji (w znaczeniu nadanym jej powyżej), to dane pochodzące ze źródeł pośrednich cechuje duże zróżnicowanie, w związku z czym można wśród nich wydzielić:

— interpretacje, a więc komunikaty, w których zawarta jest ocena informatora odnośnie danego fragmentu rzeczywistości, przekazywana w procesie wyrażania. Komunikaty te, obok informacji, którą w sobie niosą, ukierunkowują jednocześnie jej odbiór, a tym samym, ze względu na subiektywny charakter zawartej w nich oceny, mogą prowadzić u odbiorcy do zniekształcenia obrazu tego fragmentu rzeczywistości, którego dotyczą;

— parainformacje, a więc komunikaty, które wyzwalają w świadomości ich odbiorcy informacje, które kiedyś, wcześniej do niego dotarły, zostały przez niego zapamiętane i obecnie, poprzez skojarzenie z tymi komunikatami, zostały wywołane z pamięci odbiorcy, chociaż same te komunikaty nie zawierały treści bezpośrednio związanych z tymi informacjami. Syndrom parainformowania ma przy tym istotne znaczenie, gdyż może on odpowiadać określonemu nastawieniu psychicznemu, przy którym odbiorca (jednostka lub organizacja) pozyskując informacje jest zainteresowany nie tyle w zmniejszeniu swej niewiedzy (nieokreśloności), ile w potwierdzeniu swego dotychczasowego subiektywnego rozpoznania rzeczywistości.

— dane, stanowiące "każde dowolne przedstawienie faktów, liczb lub pojęć w sformalizowanej postaci, umożliwiającej ich przekazywanie i dokonywanie na nich różnych czynności przetwarzania zarówno w sposób ręczny, jak i zautomatyzowany". Co istotne, wyrwane z kontekstu dane nie niosą ze sobą żadnych informacji odnośnie celu, dla którego zostały użyte (mówiąc prościej - dane stają się informacją, kiedy przy ich pomocy można odpowiedzieć na postawione pytanie, przy czym uzyskana na ich podstawie informacja może odzwierciedlać sytuacje realne lub nierealne).

Przedstawione powyżej zróżnicowanie pozwala na wstępne, ale wystarczające, określenie przyjętej interpretacji pojęcia informacja. Generalnie biorąc, można stwierdzić, że na termin ten obejmuje komunikaty lub dane, które umożliwiają generowanie na ich podstawie informacji, pozwalających jednostce lub organizacji usprawniać swoje zachowania decyzyjne.

Z prowadzonej analizy wynika, że na informację nie można bezpośrednio oddziaływać. Można to czynić tylko poprzez system informacyjny lub zbiory możliwych postaci danych, które w swej masie stanowią obiekty rozpoznania. W związku z powyższym należy uwzględniać, iż:

— użytkowymi postaciami "informacji" są różnego rodzaju sygnały (informacyjne i sygnały sterujące), które są produktem procesu opracowywania i przetwarzania danych na odcinku: źródło informacji — układ odbierający;

— użytkową postać informacji stanowią komunikaty przekazywane na różnych nośnikach — w postaci sygnałów informacyjnych lub sterujących — które pod względem parametrycznym muszą być

kompatybilne z fizycznymi możliwościami rejestracyjnymi występującymi na wejściu układów odbierających;

— oryginał odwzorowywany na podstawie sygnałów informacyjnych i sterujących jest zawsze odzwierciedleniem wartości entropii informacyjnej, która zwykle jest większa od wartości entropii fizycznej.

— wartość entropii informacyjnej determinowana jest: zakresem dostępności źródeł informacji do możliwych postaci danych odzwierciedlających rzeczywisty obiekt rozpoznania, doskonałością procesu przetwarzania i opracowywania danych;

— zdobywanie, przetwarzanie, opracowywanie, przekazywanie i wykorzystywanie informacji odbywa się w systemie informacyjno-sterującym, którego strukturę tworzą: źródła informacji, przetworniki informacji, układy odbierające, nośniki informacji, relacje systemowe.

Dlatego też w radiolokacji nie występuje „informacja w czystej formie", tylko w postaci sygnałów. Stacja radiolokacyjna rozpatrywana jako element systemu informacyjno – sterującego w większości przypadków jednocześnie spełnia funkcję źródła informacji i przetwornika, stanowiąc ogniwo pośrednie pomiędzy otaczającą przestrzenią i operatorem, będącym pierwotnym elementem odbierającym. Umożliwia ona uzyskanie danych, które w wyniku obiektywnych, naturalnych ograniczeń nie są dla tego operatora dostępne. Z kolei dla samej stacji radiolokacyjnej kryterium dostępności postaci danych w otaczającej przestrzeni, stanowi możliwość odebrania przez jej odbiornik „echa" własnego (wysyłanego) sygnału sondującego, odbitego od obiektów w tej przestrzeni. Owa dostępność warunkowana jest ograniczeniami: geometrycznymi (zasięg, horyzont radiowy, miejsce zamontowania, ukształtowanie terenu itp.), technologicznymi (zakres

częstotliwości, rodzaj i struktura sygnału, wydajność energetyczna, kształt charakterystyki antenowej, rozróżnialność), przeznaczeniem (wykrywanie tylko celów ruchomych, śledzenie wybranego celu, tworzenie mapy terenu, itp.). Należy zauważyć, że zbioru możliwych danych, w przypadku radiolokacji, nie tworzą rzeczywiste (istniejące) obiekty, tworzą go natomiast fale elektromagnetyczne, z których część stanowią echa odbitych sygnałów sondujących. Mamy więc do czynienia z przypadkiem kiedy pierwszy element systemu informacyjnego, w tym przypadku stacja radiolokacyjna, bierze aktywny udział w tworzeniu zbioru dostępnych dla niego postaci danych poprzez determinowanie otaczającej przestrzeni do tworzenia własnego „obrazu" w dostępnej dla niego formie. Zasadnym wydaje się zatem pytanie, czy sygnał radiolokacyjny (pierwotny i odbity) jest nośnikiem informacji? Otóż, wydaje się, że mamy tutaj do czynienia z opisanym wcześniej zjawiskiem względności w odniesieniu do informacji. Nie ulega wątpliwości, ze sygnał pierwotny (sondujący) wysyłany przez stacje radiolokacyjną jest z jej punktu widzenia (jako źródła informacji) pozbawiony wartości informacyjnych ze względu na swój w pełni zdeterminowany charakter, czyli posiadaną przez system pełnię znajomości parametrów. Nośnikiem informacji jest oczywiści sygnał odbity od obiektu, stanowiący jak wspomniano wcześniej poszukiwany element zbioru dostępnych postaci danych dla tejże stacji radiolokacyjnej. Dokładnie odwrotnie przedstawia się sytuacja z punktu widzenia stacji rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych, dla której sygnał sondujący stanowi poszukiwany element zbioru jej dostępnych postaci danych, natomiast sygnał odbity stanowić może jedynie szkodliwy sygnał zakłócający jej pracę[11].

[11] Dla uściślenia sprecyzować należy, że pod pojęciem sygnału odbitego rozumiemy tu tylko tę część sygnału który obijany jest w kierunku odbiornika (odbiorników) stacji radiolokacyjnej wysyłającej sygnał.

Stacja radiolokacyjna traktowana jako element systemu informacyjnego stanowi również swoisty przetwornik zamieniając wybrane sygnały elektromagnetyczne na postać dostępną dla kolejnych członów systemu. W zależności od rodzaju układu odbierającego różna jest ilość koniecznych przekształceń sygnału ze źródła danych oraz jego dostępna postać końcowa, jak również sygnały te w końcowym efekcie mogą mieć postać sygnałów informacyjnych lub sterujących.

II. MIEJSCE ROZPOZNANIA RADIOLOKACYJNEGO W ROZPOZNANIU TECHNICZNYM

Przedmiotem rozpoznania wojskowego jest zbiór możliwych postaci danych o przeciwniku, jego otoczeniu oraz zamiarach i planach działania. Do podmiotów rozpoznania można zaliczyć wszystkich uczestników tego procesu, w tym całe zespoły ludzi, sztaby, organy rozpoznawcze występujące na poszczególnych szczeblach struktury organizacyjnej wojsk, które, zajmując się rozpoznaniem, prowadzą walkę informacyjną.

Już od najdawniejszych czasów odpowiednio wczesne uzyskiwanie danych o miejscu pobytu przeciwnika, jego ugrupowaniu i zamiarach było bardzo ważnym elementem, niezbędnym do podejmowania decyzji, zwłaszcza dla tych dowódców, którzy wiedzieli jak je wykorzystać. W każdej sytuacji dane są niezbędne do pokonania przeciwnika i osiągnięcia zwycięstwa. Dlatego też każdy dowódca musi zachowywać gotowość do prowadzenia rozpoznania i gromadzenia informacji o przeciwniku.

Wśród specjalistów wojskowych państw NATO dominuje pogląd, że walka zbrojna zawsze wymuszała, a w przyszłości będzie także narzucać, konieczność uzyskiwania precyzyjnych, wiarygodnych i aktualnych informacji o przeciwniku (o jego możliwościach, zamiarach i działaniach), terenie itd., bez których posiadania niemożliwe byłoby skuteczne wykorzystanie sił zbrojnych. Potrzeba zdobywania tych danych

stała się głównym stymulatorem wyróżnienia odrębnej specjalności w działalności wojsk, jaką jest rozpoznanie.

Znaczenie rozpoznania stale wzrasta, zwłaszcza w warunkach postępującego zwiększania siły uderzeniowej i ruchliwości wojsk oraz zwiększania ich możliwości działania na dużych przestrzeniach. Efektywne wykorzystanie systemów konwencjonalnych o dużej precyzji rażenia, a także innych współczesnych środków walki, w pełni uzależnione jest od posiadania dokładnych danych o siłach przeciwnika.

Wzrastające znaczenie rozpoznania wymusza z kolei rozwój środków i konieczność doskonalenia sposobów jego prowadzenia. Dowodem na to może być fakt, że obecnie — dzięki osiągnięciom w dziedzinie radioelektroniki i informatyki — istnieją już realne możliwości rozpoznania dowolnego rejonu na kuli ziemskiej.

Dotychczas osiągnięcia technologiczne wykorzystywane były przede wszystkim w celu zwiększenia siły uderzeniowej wojsk i środków rażenia. Obecnie dzięki zautomatyzowanym systemom dowodzenia i sterowania środkami walki (bazującymi na ciągłym i szybkim dostępie dowództw i sztabów do aktualnych danych), osiągnięcia technologiczne wykorzystuje się w celu skoordynowania i uelastycznienia działań zbrojnych.

Jednak nawet kluczowe dane o przeciwniku stają się bezwartościowe, jeśli dotrą zbyt późno do adresata. Również ich treść i wiarygodność jest znacznie ważniejsza od ilości.

Współczesna walka zbrojna dostarcza ogromnych ilości informacji o przeciwniku, których zdobywaniem, opracowywaniem oraz szeroko pojętą dystrybucją zajmują się wyspecjalizowane komórki sztabowe wraz z podległymi im organami rozpoznawczymi. Tworzą one część systemu informacyjno-sterującego wojsk, w którym zarówno źródła informacji, jak

i układy odbierające dostosowane są nie tylko do spełniania swej roli w widmie elektromagnetycznym. Dostosowywane są również do funkcjonowania w przestrzeni fal sprężystych, efektów magnetycznych i efektów chemicznych, przez pryzmat czego również możliwe jest identyfikowanie stanu aktualnego pola walki. W takim ujęciu „informacjami" o przeciwniku są wszystkie te dane , które dotyczą m.in.:

— sytuacji politycznej, gospodarczej i geostrategicznej, a także ich wzajemnych związków i zależności;
— możliwości operacyjno-technicznych sił i środków własnych i przeciwnika;
— cech charakterystycznych oraz sytuacji geograficznej, meteorologicznej, geologicznej, biologicznej, ekologicznej, chemicznej, medycznej oraz sposobów wykorzystania spektrum elektromagnetycznego;
— treści przekazów mówionych, obrazowych lub pisanych, tj. rozkazów, meldunków, wiadomości, wiadomości rozpowszechnianych przez środki masowego przekazu oraz sieci informatyczne o zasięgu globalnym (np. Internet), krajowym, lokalnym lub resortowym;
— sposobów postępowania, z uwzględnieniem m.in. zasad dowodzenia i działania, regulaminów a także innych przepisów;
— stanu i rozwoju cech intelektualnych, psychicznych i moralnych sił przeciwnika oraz ludności cywilnej;
— cybernetycznych współzależności pomiędzy danymi pojedynczymi a dużą ilością danych.

Elementami decydującymi o wartości danych (o przeciwniku) w kontekście treści w nich zawartych są:

— wiarygodność,
— i aktualność.

Obok danych wiarygodnych o przeciwniku występuje także duża ilość danych dezinformujących, które mogą oddziaływać na procesy decyzyjne w postaci czynników zakłócających. Można, zatem wnioskować, że:

Problem nie tkwi w braku czy niedostatku danych, lecz w tym, że:

— nie zawsze istnieje możliwość dysponowania danymi we właściwym czasie;

— brak jest danych na pewnych szczeblach dowodzenia, tam gdzie są najbardziej potrzebne w danym momencie;

— dane nie zawsze są pełne i często sprzeczne;

— występuje nadmiar danych utrudniający wyselekcjonowanie we właściwym czasie tych naprawdę ważnych.

Celem pozyskiwania danych nie jest to, aby wszystko było wiadome, lecz to, aby wiedzieć wystarczająco dużo, a przede wszystkim więcej niż przeciwnik. Przy czym często wystarczy, aby kluczowe dane uzyskiwać wcześniej od innych. Niekiedy mówi się o tzw. „wyprzedzeniu informacyjnym", które jest najczęściej równoznaczne z *posiadaniem przewagi czasowej,* rzadko jednak oznacza nadwyżkę danych.

Z tych też względów proces zdobywania danych powinien być wyjątkowo starannie organizowany. W procesie tym należy uwzględniać następujące zasady:

— dane powinny być zdobywane przez źródła charakteryzujące się wysokim stopniem wiarygodności (w odniesieniu do SRL układami przeciwzakłóceniowymi i dobrze wyszkolonym personelem);

— powinny być przekazane w ciągu określonego granicznego czasu, a docelowo — w czasie rzeczywistym (zautomatyzowany system łączności);

— zdobywanie danych powinno być starannie zaplanowane i organizowane z możliwie dużym wyprzedzeniem czasowym (natychmiastowe łącza organizacyjne w pionie i poziomie);

— dystrybucja danych i komunikatów musi być tak zorganizowana, aby do użytkowników dotarły ich wiarygodne postacie, we właściwym czasie i miejscu (niezawodny system dystrybucji danych);

— powinno się prowadzić redukcję i kompresję danych w celu dopasowania ich ilości do potrzeb odpowiednich szczebli dowodzenia i sprawności ich systemów przetwarzania, a także zapobieganie tworzeniu się tzw. „wąskich gardeł" przy przekazywaniu. Należy jednak mieć na uwadze, by ilość danych nie była w żadnym wypadku „obcinana" automatycznie oraz dostosowywana do możliwości (pojemności) środków ich przekazywania i przetwarzania.

Proces zdobywania, gromadzenia, przetwarzania i dystrybucji danych i komunikatów powinien być realizowany i doskonalony już w czasie pokoju. W procesie zdobywania danych o siłach i środkach przeciwnika powinny być wykorzystane na szeroką skalę środki informatyczne, które — jak powszechnie wiadomo — umożliwiają tworzenie komputerowych baz danych. W bazach tych powinny być zawarte zbiory umożliwiające: tworzenie dowolnych kompilacji danych (także w wypadku sytuacji krytycznych), tworzenie prostego „dialogu" z bazą danych w systemie konwersacyjnym (tzn. pytanie — odpowiedź), graficzne zobrazowanie sytuacyjne przeciwnika oraz komputerowe przetwarzanie i dystrybucję w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

Rozpoznanie na przyszłym polu walki będzie odgrywać ważną rolę, miedzy innymi dlatego, że jest zawsze procesem pierwotnym w stosunku do zakłócania i obrony informacyjnej.

Zdobywanie danych o przeciwniku determinowane jest potrzebami odtwarzania obrazu jego aktualnego stanu i przyszłych zachowań w czasie rzeczywistym lub maksymalnie zbliżonym do rzeczywistego. Dlatego też prowadzenie rozpoznania widziane jest przez pryzmat konstrukcji urządzeń dostosowanych technologicznie do automatycznego, ciągłego, wielofunkcyjnego[1] i wielospektralnego[2] postrzegania zjawisk w materialnej przestrzeni przeciwnika, co umożliwiają urządzenia elektroniczne.

Biorąc pod uwagę pierwszą cechę wyróżnialności, czyli formę, rozpoznanie będzie odzwierciedlać zespół skoordynowanych elementów, który dostosowany jest do zdobywania danych o przeciwniku. Elementami tymi są:

— źródła informacji;

— nośniki informacji;

— układy odbierające.

Podstawowymi elementami w strukturze przestrzeni zdobywania informacji są źródła informacji, które są wybierane ze zbioru możliwych postaci danych o przeciwniku poprzez narzędzia. Pozwalają, więc realizować proces identyfikowania źródeł ich powstania i traktować jako rozpoznawanie. Dlatego przestrzeń zdobywania informacji ogólnie można podzielić, ze względu na formę dostępu informacyjnego na rozpoznanie osobowe[3], (wg. terminologii NATO HUMINT – Human Intelligese) i techniczne.

---

[1]Przyjęto, że postrzeganie wielofunkcyjne to dostosowanie do zbierania informacji w różnych technikach – w różnych przestrzeniach informacyjnych.

[2]Postrzeganie wielospektralne to dostosowanie do jednoczesnego zbierania informacji w kilku różnych zakresach widma elektromagnetycznego.

[3] Przestrzeń rozpoznania osobowego tworzy człowiek i wszystkie narzędzia, których użycie zespolone zostało z przedmiotem walki, warunkiem działania postrzeganego bezpośrednio zmysłami tego przedmiotu. Ciborowski L., Walka informacyjna, wyd. ECE Toruń 1999 r., s. 107.

Rozpoznanie techniczne[4] tworzy zespół skoordynowanych źródeł rozpoznania, dostosowany do zdobywania danych w postaciach bezpośrednio nieodbieranych przez układ recepcyjny określonych efektów, charakterystycznych dla danego środowiska (np. elektromagnetycznego, sprężystego). Przez pryzmat rejestrowanych stanów jest identyfikowana sytuacja panująca w ich otoczeniu. Identyfikacji tej dokonuje ostatecznie człowiek, jako najważniejszy element układu decyzyjnego. Zarejestrowane przez przetworniki wartości pomiarowe nie stanowią dla człowieka form bezpośrednio komunikatywnych. Znajdują się poza jego możliwościami postrzegania zmysłowego. Dlatego też muszą być przetwarzane, według odpowiednich algorytmów, do postaci zrozumiałych dla człowieka. Przykładami mogą być urządzenia radiowe lub telewizyjne, gdzie odbierany na wejściu sygnał elektromagnetyczny – nieodbierany bezpośrednio przez człowieka – przetwarzany jest w torze wizyjnym na konkretny obraz, a w torze fonicznym– na konkretny głos, które człowiek jest już w stanie odbierać. Innymi słowy, rozpoznanie techniczne ma na celu zdobywanie i przetwarzanie tych postaci danych o przeciwniku, których nośnikami są fale elektromagnetyczne, sprężyste oraz inne zjawiska i efekty magnetyczne, chemiczne towarzyszące działaniom bojowym. Postęp naukowo-techniczny pozwolił już na konstruowanie wielu takich urządzeń. Między innymi opracowano całą rodzinę urządzeń dostosowanych do rejestrowania określonych efektów, charakterystycznych dla danego środowiska – elektromagnetycznego, akustycznego, magnetycznego, elektrycznego, chemicznego (tab. 2.1).

[4] Zob. Nowacki G., Walka informacyjna-próba kategoryzacji, AON, Warszawa 1999 r, s. 71.

Tabela 2.1.

Zakresy promieniowania i urządzenia dostosowane do rejestrowania określonych efektów w rozpoznaniu technicznym [5]

Parametry Środowisko	Częstotliwość (Hz)	Długość fali	Otrzymane dane	Urządzenie rozpoznawcze
γ	$10^{21} \div 10^{19}$	0,5÷10 pm	Ilość impulsów w postaci numerycznej lub graficznej	Scyntylator
X	$3x10^{19} \div 3x10^{16}$	10 pm ÷ 10 nm	Ilość impulsów w postaci numerycznej lub graficznej	Scyntylator, materiały światłoczułe
UV	$3x10^{16} \div 8x10^{14}$	10nm ÷ 380 nm	Wykres, zdjęcia lub zobrazowanie	Fotopowielacze, materiały światłoczułe
W	$8x10^{14} \div 4x10^{14}$	380 nm ÷ 760 nm	Zdjęcia, obraz TV, krzywe spektralne	Fotopowielacze, materiały światłoczułe
IR	$4x10^{14} \div 5x10^{11}$	760 nm ÷ 600 μm.	Zdjęcia do 1,2 μm. obraz TV, sygnał elektryczny	Do 1,2 μm. – materiały fotograficzne z liniowym wybieraniem
Mikrofale	$5x10^{11} \div 6x10^{8}$	600 μm. ÷ 50 cm	Sygnał, wykres, zobrazowanie	Stacje radiolokacyjne
Fale radiowe	$6x10^{8} \div 3x10^{5}$	50 cm ÷ 1 km	Sygnał radiowy, zobrazowanie	Odbiorniki, namierniki radiowe
Fale akustyczne	$10x10^{8}$	33 m. ÷ 3,3m.	Wykresy, sygnały elektryczne	Rejestratory drgań mechanicznych
Fale elektryczne	----	----	Wykresy, sygnały elektryczne	Wskaźniki prądowe – rejestratory
Fale magnetyczne	----	----	Wykresy, sygnały	Rejestratory natężenia pola magnetycznego
Chemiczne	----	----	Wykresy, zdjęcia, zobrazowania	Analizator, fotoelementy, spektrofotometry

Rozpoznanie techniczne, wykorzystując odpowiednie urządzenia, może rejestrować określone efekty i zjawiska w środowiskach: elektromagnetycznym, sprężystym, elektrycznym, magnetycznym i chemicznym w sposób czynny lub bierny. Oznacza to, że ich budowa została przystosowana do prowadzenia rozpoznania aktywnego[6] i pasywnego[7]. W związku z tym, w przestrzeni rozpoznania technicznego

[5] Opracowano na podstawie: Ciborowski L, Walka informacyjna, ECE, Toruń 1999 r, Nowacki G, Walka informacyjna – próba kategoryzacji, AON, 1999 r.

[6] Aktywny – znajdujący się w stanie pobudzenia, działający, zdolny do działania, zaangażowany, pełen inicjatywy, energiczny, ruchliwy; czynny. Słownik współczesnego języka polskiego, Wilga 1996 r, s. 7.

[7] Pasywny – charakteryzujący się brakiem aktywności, inicjatywy; bierny, obojętny. Słownik współczesnego języka polskiego, Wilga 1996 r, s. 726.

rejestracja określonych efektów może odbywać się drogą wymuszonej emisji (działania aktywne) w przestrzeniach poszczególnych środowisk i odbioru echa tejże emisji, na podstawie której układy środków rozpoznania technicznego mogą identyfikować zmiany zachodzące w wyróżnionych środowiskach. Natomiast w pasywnym rozpoznaniu technicznym energia emitowana przez źródła promieniowania obcych systemów elektronicznych odbierana jest przez urządzenia techniczne w sposób ciągły i skryty bez ingerencji czynników zewnętrznych w ten proces.

Ze względu na sposób prowadzenia rozpoznania i zakres promieniowanie elektromagnetycznego rozpoznanie technicznego można podzielić na:

- pasywne rozpoznania techniczne,
- aktywne rozpoznania techniczne.

Natomiast biorąc za kryterium wyróżnialności środowisko nośników danych rozpoznanie techniczne można podzielić na:

- rozpoznania elektromagnetyczne[8];
- rozpoznania czujnikowe (zdobywanie danych na podstawie identyfikowania przeróżnych stanów w środowisku akustycznym, elektrycznym, magnetycznym i chemicznym).
- rozpoznania informatyczne (związana z technika komputerową i jej otoczeniem).

Z punktu widzenia podziałów stosowanych przez NATO uwzględniających formę dostępu informacyjnego, w zdobywaniu informacyjnym można wyróżnić:

---

[8] Podobne pojęcie znaczeniowe występuje w armiach NATO – SIGINT – Signal Intelligence.

- rozpoznanie osobowe, wg terminologii NATO HUMINT — Human Intelligence;
- rozpoznanie sygnałów elektromagnetycznych (SIGINT- Signal Intelligence), które obejmuje:
  - ✓ rozpoznanie łączności radiowej (COMINT - Communication Intelligence);
  - ✓ rozpoznanie elektroniczne (ELINT - Electronic Intelligence), które dzieli się na:
    - — rozpoznanie urządzeń (innych niż łączności radiowej) promieniujących energię elektromagnetyczną (FISINT - Foreign Instrumentation Signals Intelligence);
    - — rozpoznanie telemetryczne (TELINT - Telemetry Intelligence);
    - — rozpoznanie radiolokacyjne (RADINT - Radar Intelligence);
- rozpoznanie obrazowe (IMINT), w skład którego wchodzi rozpoznanie fotograficzne (PHOTINT);
- rozpoznanie pomiarowe i sygnaturowe (MASINT), w skład którego wchodzi:
  - ✓ akustyczne (ACOUSTINT);
  - ✓ radarowe (RADINT);
    - ✓ częstotliwości radiowych/emisji elektromagnetycznych (RF/EMPINT)
    - ✓ optyczne (OPTINT);
    - ✓ optoelektroniczne (ELECTRO - OPTIINT);
  - ✓ podczerwieni (IRINT);
  - ✓ chemiczne i biologiczne (CBINT)
  - ✓ broni wielowiązkowej (DEWINT);

- ✓ materiałowe;
  - ✓ spektrodskopowe
  - ✓ laserowe (LASINT);
  - ✓ nuklearne - (NUCINT);
  - ✓ radiacyjne (RINT);
- ❑ rozpoznanie techniczne (TECHINT);
- ❑ - z różnych źródeł (OSINT Open Source Intelligence);
- ❑ przeciwrozpoznanie (CI - Counter Intelligence);
- ❑ rozpoznanie czujnikowe (zdobywanie danych na podstawie identyfikowania przeróżnych stanów w środowisku akustycznym, elektrycznym, magnetycznym i chemicznym);
- ❑ rozpoznanie informatycznego (dane w systemach komputerowych).

Przestrzeń zdobywania danych w NATO obejmuje swoim zasięgiem znaczenie większy obszar niż jest to postrzeganie w innych armiach. Inny jest też zakres i forma prowadzonego rozpoznania.

Podział rozpoznania technicznego ze względu na środowisko nośników obejmuje całą przestrzeń, w której można zdobywać dane o przeciwniku. I tak:

- Rozpoznanie elektromagnetyczne (aktywne i pasywne) charakteryzuje się długościami fal zawartymi w przedziale od 0,5 pm do 1 km. Przestrzeń elektromagnetyczna jest najbardziej złożoną przestrzenią, a wynika to z jej parametrów pola elektromagnetycznego (opisanego już przez Maxwella) oraz rozległej rozpiętości spektralnej widma promieniowania. Przy takiej kategoryzacji można w nim wyróżniać wszystkie znane dziś techniki zdobywania danych w tej przestrzeni.
- Rozpoznanie czujnikowe (aktywne i pasywne) może zdobywać oraz przetwarzać dane o przeciwniku, których nośnikami są fale sprężyste

(infradźwięki[9], ultradźwięki[10]) oraz wszelkiego rodzaju uboczne efekty towarzyszące działaniom bojowym, np.: akustyczne, sejsmiczne, magnetyczne, chemiczne, zapachowe itp.

Zatem rozpoznanie czujnikowe dostosowane jest do postrzegania materii pola walki przez pryzmat fal sprężystych oraz w zakresie efektów magnetycznych i chemicznych środowiska. Konstruowane urządzenia pracują z szerokim zastosowaniem elektronicznej przemiany rejestrowanych efektów. Dane o siłach i środkach przeciwnika pozyskiwane w wyniku rozpoznania czujnikowego mogą dotyczyć:

- nadzorowania aktywności przeciwnika w wybranych rejonach, w których rozmieszczone zostały odpowiednie czujniki;
- nadzorowania natężenia ruchu i poziomu aktywności przeciwnika wzdłuż wybranych tras;
- nadzorowania aktywności przeciwnika w rejonach rozmieszczenia własnych zapór i pól minowych;
- nadzorowania aktywności przeciwnika w rejonach przepraw rzecznych, mostów i brodów;
- nadzorowania rejonów zaplanowanych jako strefy lądowania lub zrzutu własnych wojsk desantowo – szturmowych;
- rejestracji zmian w funkcjonowaniu wybranych elementów ugrupowania przeciwnika, ich stanowisk dowodzenia, punktów zaopatrywania itp.;
- wskazywania celów.

---

[9]Infradźwięki – fale sprężyste o częstotliwościach mniejszych niż 16 Hz, a więc leżące poniżej zakresu ludzkiej słyszalności. Fale te są słabo tłumione i dlatego rozprzestrzeniają się na duże odległości od źródła. Mogą być wykorzystane do rejestracji efektów sejsmicznych oraz eksplozji na polu walki.

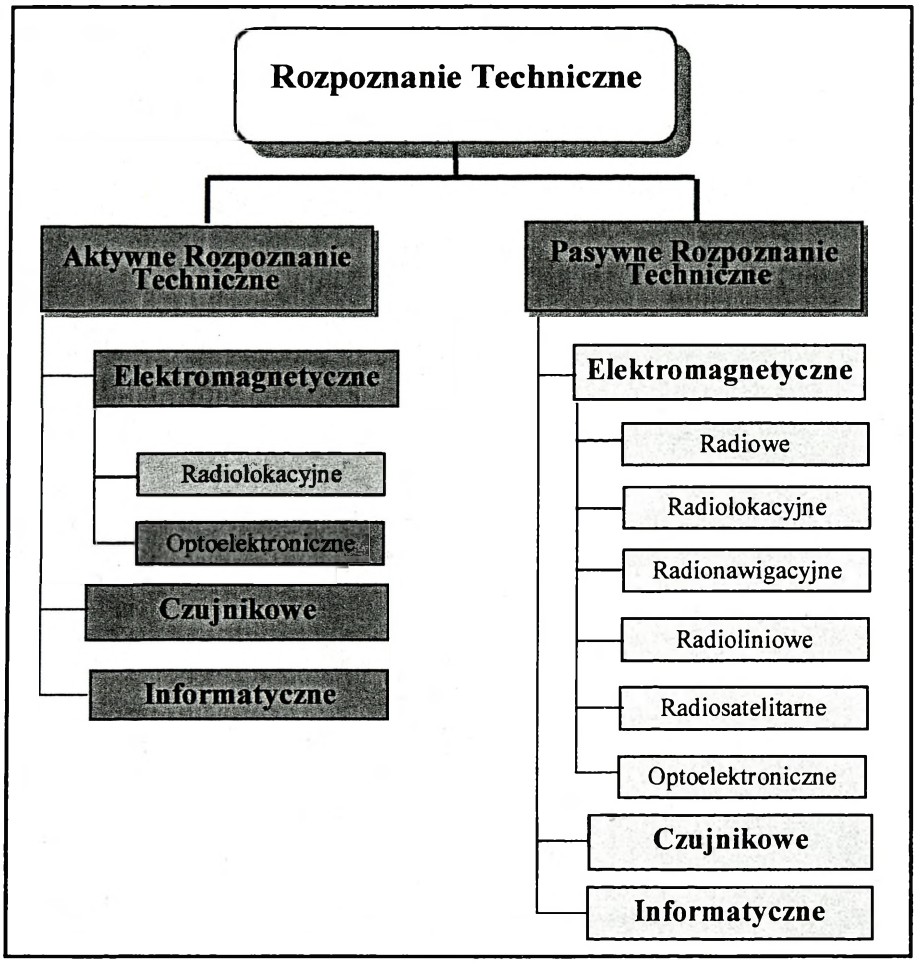
- Rozpoznanie informatyczne (traktowane jako aktywny i pasywny sposób prowadzenia rozpoznania). Sposób jego prowadzenia jest stosunkowo prosty. Polega ma włamaniu się do obcego komputera poprzez sieć informatyczną i kopiowanie zawartych tam danych. Można tego dokonać w sposób aktywny włamując się lub pasywny z pośrednictwem specjalnych programów komputerowych, które bez ingerencji człowieka prowadzą rozpoznania wybranych sieci lub komputerów, przesyłając automatycznie interesujące odbiorcę dane. Ta forma zdobywania danych nie wymaga ani skomplikowanych urządzeń ani też specjalistycznego przygotowania załóg. Przykładem mogą być międzynarodowi piraci komputerowi (ang. *hackers*), którzy bez większych przeszkód włamują się do odpowiednio zabezpieczonych systemów komputerowych, m.in. Pentagonu. Nie trzeba, zatem być wielkim i bogatym, aby skutecznie prowadzić rozpoznanie informatyczne. Jeszcze innym przykładem zdobywania danych informatycznych jest monitorowanie promieniowania z monitora komputerowego lub jego części zewnętrznych (połączeń kablowych)

Rozpoznanie to może być perspektywiczne, szczególnie na szczeblach taktycznych. Umożliwia, bowiem pozyskiwanie danych z najbardziej niedostępnych stref[11] w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

---

[10]Ultradźwięki – drgania i fale sprężyste o częstotliwościach większych iż 20 kHz, a więc leżące powyżej zakresu ludzkiej słyszalności. Mogą być wykorzystane do rejestracji efektów akustycznych (odgłosów) pola walki.

[11]W przyszłości mogą być wysyłane w powietrze lub rozmieszczane na lądzie tysiące maleńkich czujników. Miniaturowe czujniki zapachu mogą nawet wyczuć przeciwnika, bowiem unoszące się w powietrzu biosensory będą mogły śledzić żołnierzy na podstawie ich oddechów lub potu.



Rys.2.1. Miejsce rozpoznania radiolokacyjnego w rozpoznaniu technicznym

W widmie elektromagnetycznym wykorzystywane są głównie fale radiowe HF, VHF, UHF, SHF mikrofale i promieniowanie widzialne z uwagi na możliwość pracy szeregu urządzeń w tych pasmach. Biorąc to pod uwagę, należy w rozpoznaniu elektromagnetycznym wyróżnić poszczególne rodzaje rozpoznania. Będą to zarówno urządzenia wykorzystujące sposoby rozpoznania pasywnego jak i aktywnego. Do sposobów aktywnych możemy zaliczyć:

- rozpoznanie optoelektroniczne;
- rozpoznanie radiolokacyjne;

- rozpoznanie informatyczne.

Natomiast w sposobach pasywnego rozpoznania wyróżniamy:

- rozpoznanie sygnałów radiolokacyjne;
- rozpoznanie radiowe (HF, VHF, UHF);
- rozpoznanie sygnałów radioliniowych;
- rozpoznanie sygnałów radionawigacyjnych;
- rozpoznanie radiosatelitarne;
- rozpoznanie optoelektroniczne;
- rozpoznanie informatyczne.

Rozpoznanie radiolokacyjne[12] jest prowadzone za pomocą stacji radiolokacyjnych, które służą do wykrywania powietrznych, naziemnych i nawodnych celów ruchomych i nieruchomych. Określają ich bieżące współrzędne, kierunek oraz prędkość ruchu na podstawie zdobytych i przetworzonych danych o przeciwniku, których nośnikami są fale elektromagnetyczne. Współczesne rozpoznanie radiolokacyjne obejmuje: stacje radiolokacyjne w systemach rozpoznania obszaru powietrznego, systemach nadzorowania pola walki, systemach kierowania ogniem, systemach obrony przeciwlotniczej, systemach rozpoznania powierzchni ziemi SLAR i in. Prowadzone jest przez urządzenia naziemne, samoloty rozpoznawcze wyposażone w stacje radiolokacyjne oraz okrętowe stacje radiolokacyjne w różnych zakresach częstotliwości.

Rozpoznanie optoelektroniczne[13] ma na celu zdobywanie oraz przetwarzanie tych danych o przeciwniku, których nośnikami są fale

---

[12]Pasywne, jeżeli stacje radiolokacyjne przechwytują fale elektromagnetyczne, same zaś nie promieniują energii. Aktywne, jeżeli są dostosowane do zdobywania i przetwarzania tylko tych informacji, których postacie stanowią skuteczne powierzchnie odbicia własnej energii elektromagnetycznej od różnych obiektów przeciwnika.

[13] Znaczeniowo pojęcia pasywnego i aktywnego rozpoznania optoelektronicznego są podobne do radiolokacyjnego rozpoznania, różnią są przede wszystkim przedziałem częstotliwości, w którym prowadzą rozpoznanie.

elektromagnetyczne pasma optycznego[14]. Do pracy w tym paśmie skonstruowano całą rodzinę urządzeń optoelektronicznych[15], pozwalających na prowadzenie rozpoznania od zakresu ultrafioletu do skrajnej podczerwieni. Wykorzystywane są tutaj wszelkiego rodzaju urządzenia: telewizyjne[16], termowizyjne[17], noktowizyjne[18] oraz laserowe[19]. Informacje pozyskiwane w wyniku rozpoznania optoelektronicznego mają charakter obrazowy. Mogą zatem być szeroko

---

[14]Pasmo optyczne (zakres optyczny) widma elektromagnetycznego stanowią promieniowania: ultrafioletowe (długość fali: 0,01 – 0,38μm), widzialne (długość fali: 0,38 – 0,76μm) i podczerwone (długość fali: 0,76 –1000μm).

[15]Optoelektronika – to dział elektroniki, którego przedmiotem jest łączne wykorzystanie optycznego i elektrycznego sposobu przetwarzania i przekazywania sygnałów. Podstawą optoelektroniki są fizyczne procesy warunkujące przetwarzanie sygnałów elektrycznych na optyczne i sygnałów optycznych na elektryczne oraz procesy wytwarzania, przesyłania, przetwarzania i magazynowania informacji niesionych przez światło.

[16]Telewizja to dział telekomunikacji zajmujący się przekazywaniem na odległość, za pomocą elektrycznego kanału łączności, obrazów ruchomych wraz z towarzyszącym dźwiękiem. W celu przetworzenia obrazu optycznego na sygnał elektryczny wykorzystuje się zjawisko fotoelektryczne, natomiast dla odwrotnego przetworzenia wykorzystuje się zjawisko katodoluminescencji.

[17]Termowizja – to postrzeganie obrazów w widmie promieniowania podczerwonego (aktualnie wykorzystywane są tylko dwa pasma tego widma: 3 – 5μm i 10 – 13μm). Termowizja, w istocie wykorzystywanego zjawiska, podobna jest do noktowizji pasywnej. Różnica polega tylko na tym, że termowizja posiada jeszcze urządzenie skanujące zamieniające obraz widziany w podczerwieni na ciąg impulsów elektrycznych (noktowizor pasywny z urządzeniem skanującym można nazywać termowizorem).

[18]Noktowizja to dziedzina zastosowań techniki optoelektronicznej umożliwiającej widzenie w widmie promieniowania o długości 0,76 – 1000μm. Zakres ten podzielono na podczerwień bliską 0,76 – 1,5μm, średnią 1,5 – 5,6μm i daleką 5,6 – 1000μm w dolnym paśmie podczerwieni dalekiej wyróżniany jest również zakres zwany podczerwienią skrajną). Obserwacja różnych obiektów w podczerwieni może być realizowana przez wykorzystywanie ich promieniowania własnego (wszystkie ciała, których temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego, wysyłają własne niekoherentne promieniowanie podczerwone) lub odbitego. W związku z tym przyrządy noktowizyjne dzieli się na pasywne i aktywne.

[19]Laser – to optyczny generator kwantowy lub generator światła spójnego, czy też źródło monochromatycznych fal elektromagnetycznych w zakresie optycznym (promieniowanie monochromatyczne to promieniowanie elektromagnetyczne o ustalonej długości fali). Nazwa lasera została utworzona z liter początkowych słów: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (wzmacniacz światła z wymuszoną emisją promieniowania).

stosowane do monitorowania pola walki, a w tym funkcjonowania sił i środków przeciwnika.

Rozpoznanie radiowe[20] zawiera zbiór skoordynowanych elementów (technikę i zespoły osobowe), które są dostosowane do zdobywania informacji o przeciwniku drogą poszukiwania, śledzenia, przechwytywania i namierzania sygnałów elektromagnetycznych emitowanych przez nadajniki radiowe, a także drogą analizowania przechwyconych emisji i miejsc rozmieszczenia namierzonych nadajników radiowych.

Rozpoznanie sygnałów radioliniowych[21] (troposferycznych i horyzontowych) zawiera zbiór skoordynowanych elementów (technikę i zespoły osobowe), które są dostosowane do zdobywania danych o przeciwniku w oparciu o analizę pracy jego środków nadawczych promieniujących energię elektromagnetyczną (wraz z informacją w niej zawartą). Realizowane jest drogą poszukiwania, śledzenia i przechwytywania wszelkich emisji rodioliniowych, a także drogą analizowania ustalonych kierunków promieniowania elektromagnetycznego, struktury widmowej przechwyconych emisji i treści logicznej zawartej w tych sygnałach.

Rozpoznanie radiosatelitarne zawiera zbiór skoordynowanych elementów (technikę i zespoły osobowe), które są dostosowane do zdobywania danych o przeciwniku drogą przechwytu i analizy pracy jego

---

[20] Widmo radiowe obejmuje promieniowanie elektromagnetyczne, którego długość fal mieści się w przedziale od 1000m aż do rzędu kilometrowego. Widmo to dzielone jest na 6 następujących podzakresów: 1) fal długich 1-30km; 2) fal średnich 100-1000m; 3) fal krótkich 10-100m; 4) fal ultrakrótkich 1-10m; 5) pasma UHF 0,1-1m; 6) mikrofal 0,0001-0,1m.

[21] Środki radioliniowe to odmiana środków radiowych. Ich wyróżnienie wynika z tego, że emisja sygnałów elektromagnetycznych odbywa się tylko w wąskich wiązkach.

środków radiokomunikacji satelitarnej[22]. Realizowane jest poprzez poszukiwanie, śledzenie, przechwytywanie i analizowanie wszelkich sygnałów radiowych, które retransmitowane zostały przez obiekty radiokomunikacyjne przeciwnika umieszczone w kosmosie.

Rozpoznanie sygnałów radionawigacyjnych zawiera zbiór skoordynowanych elementów (technikę i zespoły osobowe), które są dostosowane do zdobywania danych o przeciwniku na podstawie analizy pracy jego środków radionawigacyjnych[23] (emitowanych sygnałów). Rozpoznanie radionawigacyjne prowadzi się przez poszukiwanie, wykrywanie, śledzenie, namierzanie oraz analizę techniczną odebranych sygnałów.

Podejmowanie trafnych decyzji zawsze wymuszało, a w przyszłości będzie także narzucać, konieczność pozyskiwania precyzyjnych, wiarygodnych oraz aktualnych danych. Potrzeba taka stała się głównym stymulatorem postępu w dziedzinie rozpoznania wojskowego, a zarazem nowoczesnych konstrukcjach urządzeń rozpoznania technicznego.

Współczesny system rozpoznania radiolokacyjnego w wojskach lądowych SZ państw wschodnich nie jest w pełni zintegrowany i zautomatyzowany. Jego strukturą tworzą:

---

[22] Jest stosunkowo nowym rodzajem rozpoznania radioelektronicznego. Prowadzone jest w górnych pasmach widma radiowego.

[23] Środki radionawigacyjne to urządzenia kierowania obiektami, które do tego celu wykorzystują fale radiowe. W metodach określania położenia i parametrów ruchu obiektów wykorzystuje się informacje zawarte w parametrach odbieranych sygnałów radiowych. Parametry odbieranych sygnałów - amplituda, faza, częstotliwość i czas - są związane funkcjonalnie z wielkościami geometrycznymi (kątem, odległością i różnicą odległości), charakteryzującymi położenie obiektu względem punktów dowiązania oraz parametrami ruchu.

[23] J. Matuszewski, Nowoczesne metody przetwarzania, analizy i zobrazowania informacji we współczesnych urządzeniach rozpoznawczych. Materiały VII konferencji naukowej nt. „Sterowanie i regulacja w radiolokacji i obiektach latających", Jelenia Góra 11-13.06.1996r.

— podsystemy stacjonarne[24];

— podsystemy mobilne.

System rozpoznania radiolokacyjnego opiera się głównie o SRL jednostek przeciwlotniczych i SRL wykorzystywane przez pododdziały rozpoznawcze, rzadziej o radiolokatory artyleryjskiego rozpoznani. Brak jest natomiast elementów dopplerowskiego rozpoznania radiolokacyjnego przenoszonych przez środki powietrzne tj. śmigłowce czy BŚR..

Mobilne podsystemy rozpoznawcze związków operacyjnych, taktycznych oraz oddziałów i pododdziałów funkcjonują w okresie zagrożenia i wojny. Dostarczają dowódcom dane o wojskach przeciwnika i o jego zamiarach, m.in. przez wykrywanie, identyfikację i lokalizację elementów ugrupowania. Mobilne podsystemy radiolokacyjne:

— dostarczają dane w odpowiednim czasie i zakresie, zależnie od szczebla, dla którego są przeznaczone;

— czerpać dane z innych systemów rozpoznania;

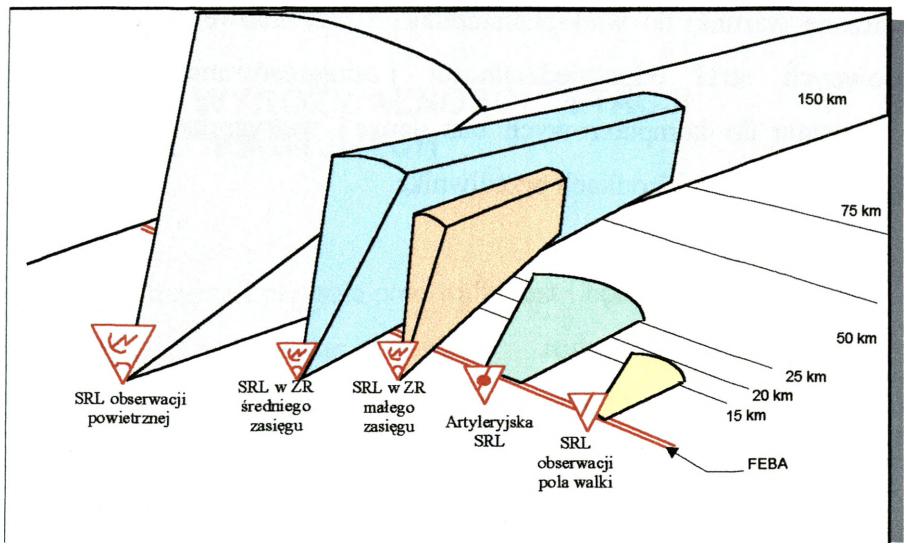
— określają przeznaczenie bojowe różnych obiektów i identyfikować cele;

— stanowią bazę do prowadzenia WRE przez gromadzenie danych niezbędnych do zakłócania i mylenia.

W skład mobilnych podsystemów rozpoznania radiolokacyjnego wchodzą różne stacje radiolokacyjne w zależności od przeznaczenia systemu. Poglądowego przedstawienia wariantu możliwych podsystemów tworzących mobilny system rozpoznania radiolokacyjnego państw wschodnich dokonać można w postaci modelu takiego systemu (rys. 2.2.)

---

[24] Wojska lądowe aktualnie nie mają stacjonarnego systemu rozpoznania radiolokacyjnego realizowanego na bazie operacyjnych batalionów radiotechnicznych. Są one włączone w system rozpoznania OP.



Rys. 2.2. Model mobilnego systemu rozpoznania radiolokacyjnego państw wschodnich

Współczesne pole walki stawia przed rozpoznaniem radiolokacyjnym nowe zadania, do których można zaliczyć:

— zwiększenie pasma częstotliwości oraz zwiększenie dokładności namierzania, co pozwoli na efektywniejsze zwalczanie obiektów przeciwnika;

— stosowanie bardziej złożonych układów „sztucznej inteligencji" w centralnych ogniwach systemu, w celu przyspieszenia konwersji danych do postaci pozwalającej na ocenę sytuacji;

— posiadanie mobilnych, szybko rozwijanych zestawów antenowych;

— integrację urządzeń rozpoznania radiolokacyjnego z rozpoznaniem radioelektronicznym laserowym i z czujnikami różnych typów.

Będzie ono realizowane poprzez wprowadzanie nowych urządzeń rozpoznawczych w których obok tradycyjnie wyglądających SRL mogą pojawić się nowo jakościowe stacje zmieniające całkowici wygląd obecnie nam znany.

Podsystemy mobilne aktualne i przyszłościowe powinny mieć stworzone warunki do wieloprzestrzennego i terminowego penetrowania stosownych stref odpowiedzialności i zainteresowania wojsk oraz dostarczania do komputerowych baz danych wiarygodnej i terminowej informacji o siłach i środkach przeciwnika.

III. CECHY WYRÓŻNIALNOŚCI STACJI RADIOLOKACYJNYCH

Teraźniejsze i przyszłe pole walki jest i będzie charakteryzować się dużym nasyceniem różnego rodzaju źródeł emisji elektromagnetycznych. Postęp techniczny, a w tym dynamiczny rozwój elektroniki, w minionym i obecnym stuleciu, stały się stymulatorem nowych rozwiązań w konstruowanych urządzeniach elektronicznych, radioelektronicznych, radiolokacyjnych czy informatycznych. Postęp ten dopingowany jest wnioskami z prowadzonych konfliktów zbrojnych o różnej skali intensywności, na całym świecie. Szacuje się, że na obecnym obszarze działań bojowych obejmujący 1000 km^2 może znajdować się około 614 aktywnych źródeł emisji elektromagnetycznych, z czego 485 pracuje w paśmie do 500 MHz, 6 w paśmie 0,5÷2 GHz, 14 w paśmie 2÷4 GHz, 15 w paśmie 4÷8 GHz, 40 w paśmie 8÷10 GHz i 54 w paśmie 10÷40 GHz[1]. Urządzenia te to m.in. SRL przeznaczone są do wykrywania obiektów (stałych i ruchomych) na powierzchni ziemi, w powietrzu i na wodzie. Służą do obserwacji pola walki, naprowadzania samolotów i rakiet oraz kierowania środkami rażenia. Pracują wykorzystując następujące zasady:

- kompresja i kodowanie sygnałów;
- praca wieloczęstotliwościowa;
- praca bez częstotliwości nośnej;
- pomiar trzech współrzędnych;

[1] SCHLEHER D. C.: Introduction to Electronic Warfare. Artech House, New York, 1986.

- stosowanie różnych rodzajów modulacji (np. FH, Delta itp.);
- elektroniczne kształtowanie i sterowanie wiązką antenową;
- adaptacyjne rodzaje pracy urządzeń przeciwzakłóceniowych.

Rozwój nowych technologii spowodował nowe rozwiązania konstrukcyjne w urządzenia elektronicznych, radiokomunikacyjnych, rozpoznania radiolokacyjnego i innych. Dokonany został jakościowy skok w budowie nadajników, odbiorników, łączy mikrofalowych, anten m.in. poprzez powszechne stosowanie mikroprocesorów do cyfrowego przetwarzania sygnałów, pomiaru parametrów sygnałów, analizy danych pomiarowych, lokalizacji wykrytych źródeł emisji elektromagnetycznej oraz zobrazowania tych wyników i ich identyfikacji. Nowe technologie szczególnie szybko zaczęły rozwijać się w technice wojskowej.

Tabela 3.1

Rozwój techniki radiolokacyjnej

Czas	1970	1980	1990
Gęstość impulsów odbieranych na wysokości 12 tys. m przy czułości odbiornika – 60dBm	$4x10^4$ imp/s	$1x10^6$ - $2x10^6$ imp/s	$1x10^6$ - $1x10^7$ imp/s
Zakres częstotliwości	2-12 GHz	0,5-40GHz	0,1-40 GHz
Okres powtarzania	Stały, ciągi impulsów	Stały, zmiana okresu naprzemienna	Stały, zmiana okresu naprzemienna, pseudoprzypadkowa
Rodzaj pracy	Pojedyncza częstotliwość	Wieloczęstotliwościowe skokowo przestrajane, widmo rozproszone	Wieloczęstotliwościowe, skokowo przestrajane widmo rozproszone,, wielokrotne ruchome wiązki antenowe
Rodzaje modulacji	Przetwarzanie międzyimpulsowe	Wewnętrzna modulacja fazy, Kodowa modulacja, sterowanie mocy, przetwarzanie cyfrowe	Wewnętrzna modulacja fazy Kodowa modulacja, sterowanie mocy, przetwarzanie cyfrowe
Wykorzystywana moc	Duża, rzędu MW	Zwiększony okres pracy z małą mocą {kW}	Zwiększony okres pracy z małą mocą [W]
Rodzaj pracy – ilość wykorzystywanych wiązek	Jedna	Praca bistatyczna	Praca bistatyczna
Rodzaje naprowadzania pocisków na cel		Wielomodułowe systemy naprowadzania (podczerwień, mikrofale)	Wielomodułowe systemy naprowadzania (podczerwień, laser mikrofale)

Doświadczenia minionych konfliktów zbrojnych wskazują, że powodzenie działań wojennych uzależnione jest w dużym stopniu od takich wymagań jak:

- szybkiego wykrycia, rozpoznania i dokładnego zlokalizowania obiektów;
- rozpoznania i oceny sytuacji w celu dokonania wyboru środków do przeciwdziałania;
- szybkiego dostarczania aktualnych danych o wykrytych obiektach do nadrzędnego stanowiska dowodzenia;
- szybkiego i niezakłóconego systemu łączności.

Jedna z możliwości spełnienia tych warunków jest wykorzystanie możliwości współczesnych urządzeń elektronicznych w tym szczególnie urządzeń rozpoznania i łączności wykorzystujących fale elektromagnetyczne.

Dokonanie analizy wszystkich źródeł promieniujących energię elektromagnetyczną w całym obszarze działań bojowych i spektrum fal elektromagnetycznych wykracza poza ramy niniejszej pracy i nie jest jej celem. Uwaga autorów skupiona została na emisjach elektromagnetycznych w pasmach mikrofalowych właściwych rozpoznaniu radiolokacyjnemu w wojskach lądowych państw wschodnich i pasie ograniczonym rozmiarami – szerokość do 40 km i głębokość do 50 km. Analizie poddane zostaną SRL i ich cech rozpoznawcze, jako najbardziej reprezentatywne w zakresie mikrofal.

Klasyfikację radiolokatorów można dokonać stosując różne kryteria podziału, między innymi na podstawie:

— środowiska : powietrzne, lądowe, morskie, obserwacji pola walki;

— funkcji: wykrywania, obserwacji, śledzenia, nawigacji, koordynowania ogniem, sterowania pociskami;

— rodzaju modulacji : impulsowe, impulsowo – dopplerowskie, z falą ciągłą, z modulacją wewnątrz - impulsową częstotliwości, zmienne częstotliwościowo;

— zastosowań : wojskowe, cywilne, naukowo – badawcze;

— pasma częstotliwości (tabela 3.2.).

Tabela 3.2

Wykorzystywane pasam częstotliwości przez stacje radiolokacyjne

Stare oznaczenie	Częstotliwość [GHz]	Oznacz ameryk	Częst. [GHz]	Aktualne oznaczenie wg NATO	Częstot. [GHz]	Pasmo radarowe wg ITU (dla regionu 2) [GHz]
Pasmo P	0,225 - 0,39			Pasmo A	0,1- 0,25	0,138- 0,144; 0,216- 0,225
Pasmo L	0,390 - 1,55			Pasmo B	0,25 - 0,5	0,420 - 0,450
Pasmo S	1,55 - 3,9	UHF	0,5-1	Pasmo C	0,5 - 1	0,890 - 0,942
Pasmo C	3,9 - 6,2	L	1-2	Pasmo D	1 - 2	1,215 - 1,500
Pasmo X	6,2 - 10,9	S	2-4	Pasmo E	2 - 3	2,30-2,50; 2,70-3,00
Pasmo K	10,9 - 33			Pasmo F	3 - 4	3,00 - 4,70
Pasmo Q	33 - 46	C	4-8	Pasmo G	4 - 6	5,250 - 5,925
Pasmo V	46 - 56			Pasmo H	6 - 8	---
		X	8-12	Pasmo I	8 - 10	8,50 - 10,00
		Ku K	12-18 18-28	Pasmo J	10 - 20	10-10,68; 13,4-14; 15,7-15,9
		Ka	28-40	Pasmo K	20 - 40	24,05-24,25; 33,4-36,0
				Pasmo L	40 - 60	59,0 - 60,0
				Pasmo M	60 - 100	60-64; 76-81; 92-100

Rodzaj modulacji w znacznym stopniu wskazuje na nowoczesność danego urządzenia. Radary z sygnałami prostymi (czyli bez modulacji wewnątrzimpulsowej), to w zasadzie urządzenia starszego typu, natomiast z sygnałami złożonymi to w dużej mierze radary nowoczesne. Wśród nich największe znaczenie odgrywają radary trójwspółrzędne (3D) i radary „ciche" (ang. *LPI - low probability intercept radar*).

Istnieją trzy podstawowe rodzaje radarów 3D:

- wielowiązkowe w elewacji;

- z elektronicznym przeszukiwaniem w elewacji;
- z bezinercyjną anteną (w azymucie i w elewacji).

W radarach z elektronicznym przeszukiwaniem przestrzeni istnieje możliwość praktycznie dowolnego sterowania zarówno położeniem wiązki, jak również strukturami częstotliwościowymi i energetyczno-czasowymi sygnałów sondujących. Radary jednokanałowe (na fali ciągłej) posiadają możliwość „obsługiwania" w pełnym zakresie jednego obiektu występującego w strefie obserwacji. Radary wielokanałowe (impulsowe) posiadają możliwość quasijednoczesnego obsługiwania w pełnym zakresie (tzn. wykrywanie, estymacja, śledzenie) wielu obiektów występujących w strefie obserwacji.

Radary wielokanałowe (impulsowe) dzielą się na:

- radary z czasowym rozdzieleniem kanałów, skanowanie przestrzeni obserwacji jedną wiązką antenową (multipleksowanie);
- radary z przestrzennym rozdzieleniem kanałów, system wielowiązkowy nieruchomy, brak skanowania wiązką antenową;
- radary z przestrzenno - czasowym rozdzieleniem kanałów, system wielo-wiązkowy ze skanowaniem przestrzeni obserwacji.

Radary z czasowym rozdzieleniem kanałów oraz z przestrzenno-czasowym rozdzieleniem kanałów dzielą się na:

- radary ze skanowaniem mechanicznym (śledzenie pasywne);
- radary ze skanowaniem mechaniczno-elektronicznym (śledzenie mieszane);
- radary ze skanowaniem elektronicznym (śledzenie elektroniczne).

Przy śledzeniu pasywnym można spotkać się z następującymi rozwiązaniami:

- ustalony program przeszukiwania przestrzeni obserwacji;
- równomierne opromieniowanie całej strefy obserwacji;
- antena przemieszczana elektronicznie;
- nieruchomy stos wiązek w elewacji.

Przy śledzeniu aktywnym występuje:

- nieruchoma antena ścianowa, wiele wiązek przemieszczanych elektronicznie w przestrzeni obserwacji;
- adaptacyjny program przeszukiwania przestrzeni obserwacji;
- wybiórcze opromieniowanie fragmentów strefy obserwacji;
- przestrzenno-czasowe przetwarzanie sygnałów.

W scenariuszach współczesnej walki radioelektronicznej uwzględnia się jednoczesne występowanie wielu źródeł zagrożeń, co powoduje, że od radaru wymaga się szybkiego „przeplatania" różnych jego funkcji (przeszukiwanie, śledzenie, identyfikacja, prowadzenie walki). Do podstawowych zadań realizowanych w radarach wielofunkcyjnych zaliczamy:

- przeszukiwanie dookólne przestrzeni powietrznej (lub sektorowe czyli przeszukiwanie wybranego kąta);
- wykrywanie obiektów w strefie obserwacji i ich rozpoznawanie (identyfikacja);
  - śledzenie wiązką (lub wiązkami) jednego (lub kilku obiektów);
  - podświetlanie celu;
  - komunikacja z rakietą, śledzenie rakiety i kierowanie jej lotem;
  - komunikacja z satelitą kontrolującym teren operacyjny;
- wyznaczenie parametrów źródeł zakłóceń oraz uwzględnienie ich w sterowaniu pracą radaru;

- wykrywanie i klasyfikacja obiektów meteorologicznych;
- adaptacyjne tłumienie zakłóceń czynnych oraz biernych;
- kształtowanie mapy obiektów terenowych.

Można stwierdzić, że jednym z najważniejszych elementów współczesnego radaru wielofunkcyjnego jest **antena**. Idealna antena takiego radaru powinna charakteryzować się następującymi właściwościami:

- bezinercyjne sterowanie wąską wiązką w dwóch płaszczyznach ortogonalnych (wiązka szpilkowa inaczej nazywana ołówkową);
- sterowanie fazowo-fazowe;
- zmienna liczba wiązek antenowych;
- zmienna szerokość wiązki w zależności od przeznaczenia;
- bardzo niski poziom listków bocznych (niższy od -45 dB);
- szerokopasmowość w częstotliwości;
- stabilność charakterystyk antenowych w paśmie częstotliwości, zakresie temperatur, czasie, polaryzacji itp.

Radar, którego wykrycie przez urządzenie rozpoznania jest utrudnione, nazywa się radarem cichym (trudno wykrywalnym). Jego cechy charakterystyczne to:

- mała moc impulsowa sygnału sondującego;
- kodowany sygnał sondujący;
- zarządzanie mocą tak, aby była ona „dopasowana" do potrzeb wykrycia danego celu;
- bardzo niski poziom listków bocznych charakterystyki antenowej;
- zmienna w czasie częstotliwość nośna i częstotliwość powtarzania impulsów;
- zmienny czas trwania impulsów sondujących;

- pseudolosowy sposób przeszukiwania przestrzeni;
- przestrzenno – częstotliwościowo - czasowe przetwarzanie sygnałów.
- możliwość identyfikacji jednocześnie wielu obiektów występujących w zadanym kącie bryłowym;
- zmienne charakterystyki sygnału zależne od opromieniowanego kąta bryłowego, realizowanej w tym czasie funkcji radaru oraz charakterystyk zakłóceń;
- propagacja sygnału sondującego w możliwie małym kącie bryłowym.

Np. wielokanałowy i wielofunkcyjny radar systemu Zoopark lub 9S19M2 z S-300W posiada antenę ścianową wstępnie ustawioną w kierunku interesującego kierunku azymutu a zmiana sektora obserwacji następuje przez obrót całego kontenera. Radar pracuje w paśmie centymetrowym. Zasięg radaru wynosi ok. 175 km. Zapewnia on :

- przeszukiwanie przestrzeni w wybranym kącie bryłowym;
- jednoczesne śledzenie do ok. 20 celów i ich oświetlanie na użytek radaru pasywnego własnej rakiety;
- przekazywanie danych sterujących rakietą;
- odbiór danych z rakiety;
- identyfikacja obiektów (IFF).
- jednoczesne śledzenie 3 źródeł zakłóceń elektronicznych.

Na obecnym etapie rozwoju techniki wyróżnić można 5 klas radarów wykorzystujących fale elektromagnetyczne.:

1. Radary z krótkimi impulsami zawierającymi pojedyncze impulsy z modulacją amplitudy. Możliwości przetwarzania sygnałów w tego typu radarach są bardzo ograniczone.

2. Radary z długimi impulsami (rzędu milisekund) modulowane w amplitudzie. Pozwala to na określenie częstotliwości dopplerowskiej, a zatem wyróżnienie celu na tle zakłóceń biernych. Jest to klasa radarów często nazywana radarami ciągłymi lub dopplerowskimi
3. Radary z impulsami sondującymi z liniową modulacją częstotliwości, jakie używane są w radarach z kompresją impulsów. W radarach tych funkcja niejednoznaczności posiada listki boczne, co znacznie utrudnia wykrywanie małych obiektów w pobliżu obiektów dużych
4. Radary wykorzystujące koherentny ciąg impulsów. Pozwala to wyeliminować wady klasy trzeciej. Na ogół współpracują one z urządzeniami z liniową modulacją częstotliwości lub radarami z krótkimi impulsami.
5. Radary wytwarzające sygnał sondujący podobny do sygnału szumowego. Sygnały tego typy są używane w radarach „cichych", co odpowiada małemu prawdopodobieństwu wykrycia radaru. Wymaga to zastosowania złożonych sygnałów takich jak nieliniowa modulacja częstotliwości nośnej impulsów, ciągów impulsów z różnymi okresami powtarzania, impulsów z wewnętrzną impulsową modulacją fazy lub częstotliwości. W ogólności można powiedzieć, że radary „ciche" wymagają niestandardowych rodzajów modulacji

Decydujący wpływ na rozwój stacji radiolokacyjnych ma technologia. Nowe możliwości technologiczne pozwalają na realizowanie nowych struktur blokowych urządzeń radiolokacyjnych. Małe wymiary oraz niskie koszty wytwarzania zwiększają obszar

zastosowań urządzeń, przez co rozszerza się obszar walki informacyjnej.

Stacje radiolokacyjne posiadają wiele cech charakterystycznych, które je wyróżniają z grona innych źródeł elektromagnetycznych pracujących na polu walki. Dlatego dokonując ich analizy dokonujemy klasyfikacji poprzez cechy, rozpoznawcze, na bazie których można dokonać identyfikacji poszczególnych typów lub egzemplarzy SRL

Systematyzując parametry radiolokatorów według kryteriów czasowych (wizyjnych) odnoszących się do struktury sygnału, można dokonać podziału na: parametry pojedynczych sygnałów (tzw. impulsowe) oraz parametry obwiedni ciągu sygnałów. Wówczas do parametrów pojedynczych sygnałów (impulsowych) możemy zaliczyć:

- czas trwania impulsu (t_i);
- okres powtarzania impulsów (t_p);
- amplitudę impulsu (A).

Natomiast do parametrów obwiedni ciągu sygnałów (parametry sygnału modulującego) możemy zaliczyć:

- okres powtarzania serii impulsów (T_p);
- czas trwania serii impulsów (T_s).

Kryterium doboru niezbędnej ilości rodzajów parametrów, na podstawie, których możliwe jest określenie źródła promieniującego energię elektromagnetyczną, powinien stanowić stopień złożoności pomiaru sygnału radiolokacyjnego. Najłatwiej mierzyć odstępy czasowe między impulsami oraz między seriami impulsów, a trudniej ich amplitudę wyjściową. Natomiast pomiar czasu trwania impulsu jest procesem złożonym ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej dokładności pomiarowej, mimo że jest to cecha wyróżniająca pojedyncze egzemplarze sprzętu.

W związku z tym, w odniesieniu do stacji radiolokacyjnych, istotnymi technicznymi cechami rozpoznawczymi parametrów sygnałów będą:

- częstotliwość nośna (f_n);
- czas trwania impulsów t_i;
- okres powtarzania impulsów T_p;
- okres powtarzania serii impulsów T_s;
- Kąt przybycia sygnału;
- Moc sygnału;
- Polaryzacja sygnału;
- Szerokość wiązki antenowej;
- Rodzaje skanowania przestrzeni;
- Prędkość obrotową anteny „n";
- Amplitudę sygnału „A".

A) **Częstotliwość nośna (f_n).** Jest jedną z ważniejszych cech rozpoznawczych wszystkich SRL. Jest ona grupową cechą rozpoznawczą, ponieważ większość współczesnych SRL, radionawigacyjnych pracuje w zbliżonych zakresach częstotliwości. Wiele zakresów częstotliwości lub pojedyncze częstotliwości są charakterystyczne dla danego kraju lub stacji określonego przeznaczenia, nawet dla egzemplarza.

Z częstotliwością nośną (f_n) związane są takie cechy rozpoznawcze, jak:

- wymiary anteny,
- szerokość wiązki,
- maksymalny zasięg,
- rodzaj wykrywanego obiektu.

Ze względu na przedstawione parametry grupową cechę f_n można dokonać podziału na dwa podzakresy: do 3 GHz i powyżej 3 GHz. Podział ten odzwierciedla m.in. przeznaczenie radiolokatorów, a w tym przypadku jest to jeden z głównych wskaźników

przyporządkowania SRL do określonego szczebla ich wykorzystania.

Na podstawie powyższego podziału, radiolokatory o niskiej f_n *(<3 GHz)* charakteryzują się:

- dużą (bardzo dużą) mocą,
- sygnałem o niewielkim stopniu tłumionym w atmosferze,
- szerokim impulsem (długim czasem trwania),
- małą częstotliwością powtarzania impulsów,
- szeroką wiązką antenową,
- niewielką rozróżnialnością w kącie i w odległości,
- dużymi wymiarami i ciężarem.

Z analizy wynika, że w tej grupie radiolokatorów można dokonać następującego kolejnego podziału na:

- radiolokatory dalekiego zasięgu do wykrywania celów powietrznych;
- radiolokatory do wykrywania i sterowania międzykontynentalnych pocisków balistycznych;
- radiolokatory przeznaczone do kierowania ruchem lotniczym;
- radiolokatory przeznaczone do kierowania pociskami "ziemia-ziemia";
- radiolokatory do rozpoznania „swój-obcy";
- radiolokatory do wykrywania celów powietrznych i naprowadzania lotnictwa;
- radiolokatory do kierowania lądowaniem samolotów;
- radiolokatory do pomiaru wysokości celów powietrznych;
- radiolokatory do wykrywania celów nawodnych.

Radiolokatory te charakteryzują się takimi zasadami pracy, jak:

- pracą z liniową lampą generacyjną. Wyróżnić w tej grupie można niektóre trójwspółrzędne radary do wykrywania celów powietrznych;
- elektroniczne przeszukiwanie w elewacji. Bardzo rozpowszechniony sposób przeszukiwania przestrzeni w radiolokatorach typu 3D;
- długim czasem trwania impulsu oraz niską częstotliwością powtarzania impulsów. Ta grupa radiolokatorów przeznaczona jest do wykrywania i sterowania pociskami dalekiego zasięgu;
- elektronicznym przeszukiwaniem przestrzeni, sterowanym komputerowo. Układ śledzący radiolokatora przeszukuje pojedynczym impulsem z liniową modulacją częstotliwości przestrzeń i w zależności od odległość do celu czas trwania impulsów się zmienia.
- praca systemu antenowego z kompensacją listków bocznych. Radary tego typu są konstrukcjami starszymi, służą do rozpoznania obiektu na zasadzie "swój-obcy" (radary wtórne), występują razem z radarami wykrywania i naprowadzania dalekiego zasięgu, a także z radarami środków OPL (radary pierwotne). Wytwarzają one wiązkę o szerokości około 3° w azymucie i od 0,5° do 45° w elewacji z polaryzacją pionową.

Natomiast do grupy radiolokatorów o wysokiej częstotliwości nośnej *(f_n>3 GHz)* możemy zaliczyć radiolokatory o następującym przeznaczeniu:

- do kierowania lądowaniem samolotów;
- do pomiaru wysokości celów powietrznych;

- do kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej;
- do kierowania ogniem artylerii polowej;
- do wykrywania celów naziemnych (nadzór pola walki);
- do wykrywania ruchomych celów naziemnych (zwiadu naziemnego);
- do przechwytywania celów i kierowania uzbrojeniem;
- do mierzenia odległości;
- do kierowania uzbrojeniem bombowców;
- do określania rzeczywistej prędkości samolotu;
- do nawigacji i bombardowania;
- wybrane typy stacji zakłóceń radioelektronicznych.

Do cech sygnałów radiolokacyjnych charakteryzujących pracę tej grupy radarów mazna zaliczyć:

- W radiolokatorze służącym do kierowania lądowaniem samolotów do przeszukiwania wykorzystuje się pracę w układzie poczwórnej *diversity* częstotliwości. Realizowane jest to dzięki temu, że każdy impuls o czasie trwania 1 μs, dzielony jest na dwa podimpulsy o czasie trwania 0,5 μs, różniące się między sobą o 37 MHz częstotliwości nośnej, przy czym przy zmianie obszaru przeszukiwania stosowane są różne pary częstotliwości nośnych spośród czterech częstotliwości roboczych. Podczas śledzenia impulsy są modulowane liniowo w zakresie 120 MHz;
- Radary przeznaczone do kontroli ruchu na drogach kołowania samolotów wyróżniają się bardzo dużą częstotliwością nośną i częstotliwością powtarzania impulsów oraz bardzo małym czasem trwania impulsu;

- W zmiana częstotliwości nadajnika może być programowana przy pomocy komputera i odbywać się automatycznie. Nadajnik radaru składa się ze wzmacniacza mocy oraz generatora sterującego jedną z pięciu częstotliwości nośnych zmienianych skokowo w przypadku pojawienia się zakłóceń czynnych, przy czym czas przeskoku z jednej częstotliwości na drugą jest krótszy od 10 ms, gdy radar pracuje metodą impulsowo-koherentną. Jeśli radar pracuje tylko metodą impulsową, to częstotliwość nośna może się zmieniać od impulsu do impulsu w sposób przypadkowy w paśmie 900 MHz;
- Niektóre typy radarów mogą zmieniać swą częstotliwość nośną. Zakres zmian f_n może zawierać się od kilkunastu MHz do 1,5 GHz i więcej, a przy skokowej zmianie częstotliwości liczba dyskretnych wartości częstotliwości wynosi od 2 do 160. Zastosowanie w radarach wewnątrzimpulsowej modulacji częstotliwości umożliwia dokonanie w odbiorniku kompresji impulsu w czasie, co w efekcie daje większą moc sygnału odebranego oraz dużą rozróżnialność w odległości;
- Radary do wykrywania celów naziemnych charakteryzuje zakres częstotliwości nośnej nadajnika od 8900 MHz do 9405 MHz. Czas trwania impulsu nie przekracza 0.5 μs, natomiast częstotliwość powtarzania wynosi od 1600 do 1850 Hz;
- Radary przeznaczone do kierowania uzbrojeniem bombowców charakteryzują się bardzo dużą częstotliwością powtarzania impulsów rzędu paru tysięcy impulsów na

sekundę. Radary przeznaczone do nawigacji i bombardowania pracują na ogół w zakresie pasma I. Są jednak radary, które pracują w wyższych częstotliwościach nośnych. Mają możliwość skokowej zmiany czasu trwania impulsu.

Dokonana analiza parametrów f_n opiera się na ogólnie stosowanym podziale częstotliwości do 3 GHz i powyżej 3 GHz. Podział ten zawiera wyłącznie pomiary mierzalne cech odebranych sygnałów, ich statystyczne przetwarzanie i porównanie wyników według określonych reguł decyzyjnych z bankiem wzorców. Oznacza to, że w przypadku skokowej zmiany wartości parametrów sygnału (miałoby to miejsce w warunkach konfliktu zbrojnego), następuje dezaktualizacja banku wzorców całkowita lub częściowa i wymagany jest pewien czas adaptacji potrzebny na to, aby proces klasyfikacji i identyfikacji mógł osiągnąć założoną wiarygodność. Dlatego został opracowany inny sposób podejścia do problemu pomiaru f_n polegający na doszukiwaniu się zależności międzyimpulsowych, na podstawie, których można określić tzw. parametry wtórne radiolokatora. Daje to szansę uniknięcia opisanych wcześniej trudności.

Odbiór ciągów pomiarowych f_n został sklasyfikowany i zdefiniowany w oparciu o następujące grupy:

- ciągi ze stałą f_n;
- ciągi ze stabilnymi zmianami f_n od impulsu do impulsu według określonej reguły (określonych reguł);
- ciągi ze stabilnymi zmianami f_n od serii do serii impulsów według określonej reguły (określonych reguł);

- ciągi ze stabilnymi zmianami f_n od bardzo długiej serii do bardzo długiej serii impulsów według określonej reguły (określonych reguł);
- ciągi z losowymi (pseudolosowymi) zmianami f_n;
- ciągi z niestabilnymi f_n.

Każdej grupie ciągów pomiarowych zostały przypisane odpowiednie klasy f_n, których na obecnym etapie badań[2] zdefiniowano 15. Poszczególne klasy charakteryzują się takimi parametrami, jak: ciąg podstawowy f_n, różnica między kolejnymi sąsiednimi wartościami w zrangowanym ciągu wartości średnich f_n, długość cyklu zmian f_n, liczba wartości f_n występujących w ciągu zmian, krotność występowania po sobie wartości f_n w cyklu zmian. W celu podniesienia niezawodności procedur klasyfikacji wykorzystujących parametry wtórne powinny zostać zdefiniowane następujące trzy modele: ciąg f_n „czysty" (bez zakłóceń), ciąg f_n z zakłóceniami I rodzaju, ciąg f_n z zakłóceniami II rodzaju.

Przedstawiona klasyfikacja na obecnym etapie wiedzy jeszcze nie powinna być podstawą do prowadzenia analizy odebranych sygnałów częstotliwości nośnej jako jednego z głównych cech rozpoznawczych współczesnych radiolokatorów. Należy dokonać wielu badań empirycznych i matematycznych, przede wszystkim w zakłóceniach, oraz opracować niezawodne algorytmy pomiarów, wraz z odpowiednią aparaturą pomiarową, aby można było wprowadzić tę metodę do wojsk.

B) Czas trwania impulsów t_i. Należy do cech rozpoznawczych środków radiolokacyjnych pracujących impulsowo. Parametr ten

[2] Owczarek R., Struktura ciągów pomiarowych częstotliwości nośnej sygnałów radarowych. Materiały z X Konferencji Naukowej pt. Sterowanie i regulacja w radiolokacji i obiektach latających tom I. Jelenia Góra 9-11.06.1999, ss 402-410.

charakteryzuje SRL pod względem dokładność określania współrzędnych, przeznaczenia, minimalnego zasięgu działania oraz rozróżnialności w odległości. Szerokość impulsu związana jest również z maksymalnym zasięgiem. Maksymalny zasięg radaru zależy od mocy średniej emitowanej przez antenę, która także zależy od szerokości impulsu. Zatem radary o większym zasięgu mają większy czas trwania impulsu. Jednak ze względu na wysoki stopień zniekształceń obwiedni impulsu, wynikający z warunków propagacji fal oraz stosunkowo krótkiego czasu trwania impulsów, pomiar tego parametru może być obarczony dużym błędem. Aby pomiar był parametrem „pewnym" w procesie dalszego wnioskowania operacyjnego musi być rozpatrywana jego dokładność oraz cykliczność.

Czas trwania impulsu t_i, który ma wpływ na rozróżnialność w odległości i minimalny zasięg radiolokatora z krótkim czasem trwania impulsu ($t_i < 1\,\mu s$) ma następujące właściwości:

- mały minimalny zasięg;
- wysoką rozróżnialność w odległości;
- niewielki maksymalny zasięg,
- małą energię impulsu;
- szerokie pasmo odbiornika.

Natomiast radiolokatory z długimi czasami trwania impulsu mają cechy przeciwne. Jednakże szeroki impuls z wewnątrzimpulsową modulacją może być poddany kompresji, żeby mieć zalety zarówno szerokich jak i wąskich impulsów. Taki rodzaj impulsów często wskazuje na pracę trójwspółrzędnych radiolokatorów lub obserwacji bocznej. W obecnie stosowanych radiolokatorach impulsowych szerokość impulsu wynosi 0,1÷2 μs dla radarów

przeznaczonych do kierowania ogniem, 1÷15 μs dla radarów wczesnego ostrzegania i obserwacji obiektów powietrznych. Natomiast dla radarów z kompresją impulsów, szerokość impulsu może wynosić: 20÷30 μs dla radarów taktycznych i 1÷16 ms dla radarów przeznaczonych do wykrywania pocisków balistycznych dalekiego zasięgu. W tabeli 3.3. zestawiono czasy trwania impulsów w postaci prostych i złożonych ciągów wykorzystywanych w różnych typach radiolokatorów.

Tabela 3.3

Czas trwania impulsu t_i dla wybranych typów radarów

TYP	Przeznaczenie radaru	t_i Proste	[μs] Złożone
Lądowe SRL	Wykrywanie obiektów	2,5÷18	Tak
	Dowodzenie lotnictwem taktycznym	1÷3	Tak
	Rozpoznanie pola walki	<1	Tak
	Śledzenie obiektów i kierowanie uzbrojeniem	0,2÷2	Tak
	Kierowanie ogniem	3÷12	Tak

C) **Okres powtarzania impulsów T_p.** Zajmuje szczególne miejsce w rozpoznawaniu radiolokacyjnym. Cecha ta charakteryzują się:

- dużą informatywnością (jej wielkość uwarunkowana jest stabilnością wartości parametru w funkcji czasu, rozdzielnością i zakresem zmian wartości);
- dużą przydatnością do cyfrowych pomiarów dużych jego serii;
- dużą różnorodnością reguł zmian wartości tego parametru, co powoduje konieczność pomiaru i analizy dużych jego serii (ciągów T_p);
- silną korelacją pomiędzy charakterystykami użytkowymi SRL (ich podzespołów), a budową i właściwościami generowanych przez nie ciągów T_p. Od charakteru zmian i wartości tych

parametrów zależą charakterystyki techniczne poszczególnych SRL. Parametry te pozwalają na oszacowanie maksymalnego zasięgu stacji oraz jej przeznaczenia, przynależności i charakteru działania obiektu.

Wartość okresu powtarzania impulsów T_p dla radaru monoimpulsowego jako cechy rozpoznawczej (gdy T_p jest zmienna, to bierzemy pod uwagę jego wartość minimalną), można określić maksymalne wartością jednoznacznego zasięgu radaru i jednoznacznej prędkości obiektu. I tak:

$$R_{\max} = \frac{cT_p}{2} \qquad [3.1]$$

$$V_{\max} = \frac{c}{2T_{p\min} f_n} \qquad [3.2]$$

gdzie: R_{max} – maksymalny jednoznaczny zasięg [km];
c - prędkość rozchodzenia się fal EM [km/s]
T_{pmin} - minimalny okres powtarzania impulsów [s]
V_{max} – maksymalna jednoznaczna prędkość opromieniowania obiektu [km/s];
f_n - częstotliwość nośna radiolokatora [Hz]

Radiolokatory z dużą wartością T_p (> 2 ms) charakteryzują się następującymi własnościami:

- daleki zasięg;
- wysoka energia impulsu;
- mało dokładny pomiar prędkości.

W wielu rodzajach radiolokatorów jako wzorzec czasu stosuje się stabilizowany generator kwarcowy, który zapewnia odpowiednią dokładność znaczników odległości na ekranie wskaźnika oraz synchronizuje pracę generatora sygnałów sondujących. Wartość T_p jest zatem wielokrotnością tego wzorca, którego okres dla radarów morskich odpowiada podstawowym

znacznikom odległości, tj. 0.25 mili morskiej, co jest równoważne 3,08977 μs (częstotliwość kwarcu na poziomie morza – 323649 Hz), a dla radiolokatorów lądowych – znacznikom 500-metrowym (odpowiednio 3,33668 μs i 299699 Hz) lub znacznikom 500-jardowym (3,05109 μs i 327752 Hz). Znajomość wartości T_p oraz wykorzystanie powyższej właściwości pozwala podzielić zbiór radiolokatorów na podzbiór radiolokatorów morskich i podzbiór radiolokatorów lądowych.

W literaturze przedmiotu brak jednoznacznej klasyfikacji ciągów T_p (jest to trudne). Próba klasyfikacji przedstawiona poniżej w swoich założeniach uwzględnia korelację budowy ciągu T_p z właściwościami stacji radiolokacyjnych.

Wyróżnia się następujące rodzaje ciągów T_p:

1) stały – zmiany wartości tego parametru nie przekraczają 1% (rzadko 2% – 3%);
2) zmiany według określonej reguły (określonych reguł):
   - pewna liczba stabilnych wartości, zmiennych cyklicznie od impulsu do impulsu (ciągi przemienne);
   - serie impulsów o kilku stabilnych okresach zmiennych od serii do serii impulsów;
   - długie serie impulsów o kilku stabilnych okresach zmiennych od obrotu do obrotu anteny;
3) okresowo zmienny – zmiany wartości T_p zachodzące według funkcji okresowych, np. sinusoidalnej lub piłowej, i wynoszące do 5% wartości średniej okresu;
4) fluktuujący - duże zmiany wartości parametru dochodzące do 30% wartości średniej, przy czym mogą to być:

- wartości parametru wybierane losowo lub według określonej reguły spośród pewnej liczby dyskretnych wartości;
- dowolne wartości losowe z pewnego przedziału zmian.

Małe zmiany wartości T_p zazwyczaj nie służą żadnemu określonemu celowi i wynikają z niskiej jakości wzorca czasu (są typowe dla radarów najstarszych generacji). Bardzo stabilne, stałe T_p są związane z dopplerowskimi radarami impulsowymi. Najliczniejszą grupę spośród aktualnie eksploatowanych radarów stanowią radary z okresowo zmiennymi T_p. Przemienną T_p stosuje się w celu:

- wyeliminowania niejednoznaczności zasięgu;
- eliminacji niejednoznaczności pomiaru prędkości obiektu;
- eliminacji prędkości ślepych;
- stosowania adaptacyjnych układów tłumienia ech stałych (TES);
- zapewnienia efektywnego wykrywania obiektów na tle zakłóceń pasywnych (efektywnej pracy układów MTD - *Moving Target Detection*);
- minimalizacji czasu jednokrotnego przebiegu wiązki w całym zakresie kąta podniesienia (w warunkach zapewnienia dużego prawdopodobieństwa poprawnego wykrycia i stałego przykrycia w wysokości) w nowych rozwiązaniach radarów 3D.

Losowo zmienne ciągi wartości T_p są stosowne w radiolokatorach przeznaczonych do wykrywania obiektów powietrznych i lądowych oraz naprowadzania aktywnych środków

walki. Jest to obecnie najbardziej rozpowszechniona zasada pracy radiolokatorów impulsowo-dopplerowskich. Jest to również jedna z nielicznych cech rozpoznawczych, które można śledzić stacjami rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych.

D) **Okres powtarzania serii impulsów T_s.** Jest parametrem charakteryzującym SRL, na podstawie którego możliwe jest prowadzenie identyfikacji SRL. Na podstawie powtarzania serii impulsów i czasu jej trwania można określić szerokość charakterystyki promieniowania oraz typ i przeznaczenie SRL (tabela 3.4.).

Tabela 3.4.

Czas trwania serii impulsów T_s dla wybranych typów radarów

TYP	Przeznaczenie radaru o sygnałach prostych	T_s [ms]
Lądowe	Wykrywanie obiektów powietrznych	0,1÷5
	Dowodzenie lotnictwem taktycznym	4÷10
	Rozpoznanie pola walki	<3
	Śledzenie obiektów i kierowanie uzbrojeniem	0,2÷-2
	Śledzenie obiektów i kierowanie uzbrojeniem	0,5÷3

E) **Kąt przybycia sygnału.** Charakteryzuje cechę SRL, na podstawie której możliwe jest prowadzenie identyfikacji SRL pod względem przeznaczenia i kierunku źródła energii. Na podstawie kąta przybycia sygnału można określić najważniejsze cechy rozpoznawcze SRL, które są następujące:

- wskazanie ruchu lub zmiany pozycji SRL;
- wskazanie na lądową, morską lub powietrzną platformę SRL;
- wskazanie kierunku zakłócania SRL;
- używając metody triangulacyjnej i dokonując pomiaru kąta więcej niż z jednego punktu, pozwala obliczyć pozycję SRL.

- może być wykorzystywany do ponownego wykrywania sygnału na tym kierunku.

F) **Moc sygnału.** To cecha, za pomocą, której nie jest możliwy bezpośredni pomiar mocy nadajnika, a jedynie pomiar mocy sygnału. Jednakże, jeśli zasięg radaru i szerokość wiązki są znane, możliwe jest obliczenie impulsowej mocy szczytowej nadajnika. To z kolei pozwala oszacować maksymalny zasięg i potrzebną moc do efektywnego zakłócania. Ponieważ wiele urządzeń pracuje w czasie pokoju na obniżonej mocy, może to prowadzić do złych założeń dotyczących rzeczywistych mocy danego radaru.

G) **Polaryzacja sygnału.** Jako cecha rozpoznawcza może dawać dodatkową informację o funkcji lub udoskonaleniach radiolokatora. Dla przykładu, polaryzacja dookólna jest używana przez radiolokatory obserwacji przestrzeni powietrznej do redukcji zakłóceń atmosferycznych biernych i przez systemy dowodzenia kierowania pociskami, które muszą komunikować się z wirującym pociskiem. Wolno obracająca się płaszczyzna polaryzacji jest charakterystyczna dla przeszukiwania stożkowego przestrzeni do śledzenia obiektów wolno lecących.

H) **Szerokość wiązki antenowej.** Wiązki promieniowania są ściśle związane z typem anteny i sposobem przeszukiwania przestrzeni. Wąskie wiązki jest znacznie łatwiej wytworzyć na wyższych częstotliwościach, podczas gdy niższe częstotliwości wymagają większych reflektorów, aby zapewnić ten sam zysk. Oznacza to, że wymiary anteny (i reflektora) są zależne od częstotliwości nośnej. Szerokość wiązki wpływa na stopień rozróżnialności kątowej radaru, a to jest już istotna cecha rozpoznawcza.

Szerokość odbieranej wiązki antenowej może być w większości przypadków obliczona na podstawie pomiaru przedziałów czasu miedzy kolejnymi seriami impulsów i rzeczywistego czasu odbioru sygnału, kiedy on przechodzi przez antenę.

I) **Podstawowe rodzaje skanowania wiązki.** Analizując cechę rozpoznawczą związaną z rodzajem skanowania przestrzeni przez wiązki antenowe należy stwierdzić, że większość radarów używa mocno kierunkowych anten, co wiąże się ze specyficznym rodzajem skanowania (przeszukiwania) przestrzeni. Wyróżnia się następujące rodzaje skanowania :

- dookólne – używane w radarach obserwacji;
- sektorowe – jedno- i dwukierunkowe, używane do: ograniczonej obserwacji kątowej, ostrzegania obiektu, śledzenia terenu, lokalizacji strzelających moździerzy, sterowania podejściem do lądowania samolotów, określania wysokości;
- stożkowe – używane do: śledzenia obiektów wolno lecących, śledzenia balonów meteorologicznych, kierowania pociskami (zanikające), sterowania ogniem. Mogą być wytwarzane przez obrót jedynie elementu opromieniującego anteny wewnątrz reflektora. W tym drugim przypadku płaszczyzna polaryzacji będzie się zmieniała z poziomej na pionową i odwrotnie;
- sekwencyjne – używane do śledzenia radarów i kierowania pociskami. Jest to najstarszy rodzaj automatycznego śledzenia, obecnie zastępowany przez metodę monoimpulsową, (wykorzystywał dwa ruchome elementy zawarte wewnątrz tego samego reflektora. Wiązka była przełączana z jednego elementu ruchomego do drugiego z duża szybkością, (zwykle 30 razy na sekundę lub więcej);

- monoimpulsowe – używane w radarach śledzących lub kierowania pociskami (aktywnie lub półaktywnie). Jest używane przez większość nowoczesnych systemów śledzenia. Śledzenie jest funkcją odbiornika, które odbywa się za pomocą ciągu impulsów o stałej amplitudzie lub nawet falą ciągłą;
- spiralne – używane dla poszukiwania i śledzenia jako alternatywne dla innych sposobów. Może mieć stałą prędkość kątową lub stałą prędkość liniową. Pierwsze zużywa więcej czasu w pobliżu środka przestrzeni skanowania, gdzie jest bardziej prawdopodobna lokalizacja celu, natomiast drugie ma jednakowy czas przebywania wiązki we wszystkich częściach przeszukiwanego obszaru;
- rastrowe lub rastrowo-spiralne – używane przeważnie na samolotach do przechwytu podczas obserwacji i/lub do śledzenia obiektów oraz w radarze sterującym pociskiem w fazie śledzenia celu. Może być pionowe lub poziome, jednokierunkowe i dwukierunkowe;
- śrubowe – używane do obserwacji krótkiego zasięgu w radarach pokładowych, polegające na szybkiej azymutalnej rotacji z wolniejszym ruchem wiązki w pionie, który może być piłokształtny, trójkątny lub sinusoidalny;
- Palmera – obecnie zanikająca. Obejmuje szybkie przeszukiwanie stożkowe z wolniejszym przeszukiwaniem poziomym dookólnym. Zapewnia 360^0 azymut obserwacji w ograniczonym kącie elewacji;
- elektroniczne – używane do równoczesnego śledzenia kilku obiektów lub śledzenia podczas skanowania. Może spełniać wszystkie funkcje radarów opisanych powyżej oraz być

wykorzystywane do przeciwdziałania. Umożliwia uzyskanie szybkiego i nieregularnego ruchu wiązki.

Tabela 3.5. przedstawia wybrane typy radiolokatorów z różnymi rodzajami skanowania wiązką przestrzeni.

Tabela 3.5.

Wybrane charakterystyki parametrów sygnałów dla kilku typów radarów z uwzględnieniem rodzaju skanowania wiązką antenową

Typ radaru	Częstotliwość nośna	Częstotliwość powtarzania impulsów	Szerokość impulsu	Rodzaj skanowania wiązki antenowej
Wczesnego ostrzegania	Pasmo D Lub niższe	400 Hz lub mniej	≥ 2 μs	Dookólny (powolny)
Wykrywania Średniego zasięgu	Pasma D, E, F	350 ÷ 1000 Hz	0.75÷2.5 μs	Dookólny, sektorowy, spiralny
Wykrywania bliskiego zasięgu	Pasma E, F, I, J, K	800 Hz lub więcej	≤ 1 μs	Elektroniczny śrubowy (szybki)
Kierowania ogniem	Pasma E, F	1000 Hz lub więcej	≤ 1 μs	Elektroniczny , stożkowy
Pokładowe wykrywania	Pasma D, E, F, I, J	800 Hz lub więcej	≤ 1 μs	Dookólny, sektorowy, rastrowo-spiralny
Kierowania ogniem (pokładowe)	Pasma I, J	1000 Hz lub więcej	≤ 1 μs	Stożkowy, monoimpulsowy
Obserwacji pola walki	Pasma I, J	1000 Hz lub więcej	≤ 1 μs	Dookólny, sektorowy

J) Prędkość obrotowa anteny „n". W starych typach SRL jest to parametr związany z rzeczywistym ruchem obrotowym anteny. W nowszych SRL, pracujących sektorowo lub używających anten nieruchomych, cecha ta nie ma zastosowania. Ruch wiązki sterowany jest w sposób elektroniczny. Ustalenie tego parametru pozwala na określenie przeznaczenia SRL. Przykładowo, dla SRL stosowne są następujące prędkości obrotowe anteny:

- wykrywanie celów powietrznych od 6 do 12 obrotów na minutę;
- kontroli ruchu lotniczego 5 i 7,5 obr/min.;

- wysokościomierzy radiolokacyjnych 7,5; 9; 16 oraz 18,5 obr/min.;
- kierowania ogniem 20; 30 i 60 obr/min.;
- obserwacji pola walki z reguły stosowany jest sektor obserwacji, ale można spotkać SRL obracające się z prędkością kilkunastu razy na minutę.

Szczególnie trudne jest ustalenie ruchu wiązki sterowanej elektronicznie sposobem kodowym. W tym przypadku, oprócz odpowiedniej aparatury odbiorczej, należy posiadać także urządzenia dekodujące.

K) **Amplituda „A".** Pomiary amplitud sygnałów radiolokacyjnych dostarczają informacji o właściwościach energetycznych SRL. Są one pomocne jedynie w przypadku nakładania się na siebie sygnałów pochodzących z różnych stacji. Jednak jako parametr charakterystyczny w procesie rozpoznania stacji i systemów radiolokacyjnych nie stanowi on wartościowego wskaźnika, stąd nie powinien być zaliczany do elementów informacji jakie są niezbędne elementom systemu rozpoznania do klasyfikacji SRL.

Rozwój urządzeń wiąże się szczególnie z rozwojem takich technologii jak: lampy z falą bieżącą w postaci pakietów, mikrofalowe układy scalone (MUS), układy sterowania wielkiej skali integracji, półprzewodnikowe wzmacniacze mocy itp. Pozwala to montować małe obiekty oraz obiekty o skutecznej powierzchni odbicia ok. 0,02 m^2. Układy wielkiej skali integracji pozwalają budować modulatory o dużych możliwościach elektronicznych przy małych wymiarach.

Wśród zastosowań wojskowych można wyróżnić następujące klasy radarów:

- wczesnego ostrzegania przed pociskami balistycznymi;

- pokładowe wczesnego ostrzegania;
- pokładowe wykrywania;
- wykrywania i śledzenia w obronie przeciwlotniczej;
- sterowania pociskami rakietowymi i naprowadzania;
- wielofunkcyjne (lądowe i pokładowe);
- kierowania środkami rażenia;
- identyfikacyjne „swój - obcy" (IFF);
- nawigacyjne powietrzne i morskie (radiolatarnie i wysokościomierze);
- dowodzenia lotnictwem taktycznym;
- kierowania podejściem do lądowania samolotów;
- meteorologiczne;
- precyzyjnego bombardowania;
- obserwacji pola walki (lądowe i pokładowe);
- wykrywania stanowisk moździerzy.

Nowa generacja sprzętu radiolokacyjnego (wykorzystywanego m.in. w zrestrukturyzowanych armiach państw wschodnich) charakteryzuje się następującymi trzema grupami cech:

1) Stacje radiolokacyjne małego i średniego zasięgu przeznaczone do wykrywania, śledzenia i osłony indywidualnej środków bojowych przed atakiem środków rakietowych posiadają konstrukcję modułową, umożliwiającą ich stały lub tymczasowy montaż na środkach bojowych lub samodzielnej pracy autonomicznej w pobliżu osłanianych obiektów naziemnych i sprzętu bojowego. Modułowość budowy powinna zapewnić szybką wymianę urządzeń nadawczych pracujących w różnych podzakresach częstotliwości lub pracę równoległą kilku tych urządzeń w jednej konstrukcji modułowej.

2) Poszczególne wersje radarów uwzględniają sposoby ich montowania, zarówno na środkach ruchomych, jak i stacjonarnych. Omawiane urządzenia, w zmodernizowanej postaci, powinny być również wykorzystane do montażu na środkach bezpilotowych.
3) Stacje dalekiego zasięgu, przeznaczone do wykrywania i śledzenia ŚNP przeciwnika, osłony ważnych naziemnych obiektów wojskowych i cywilnych przed atakiem rakietami naprowadzającymi montowane są także na dużych okrętach.

Urządzenia te są przystosowane do różnych warunków pracy i sposobów zainstalowania (okręty, samoloty, wozy bojowe). W ramach tej grupy wyróżnia się:

— modułowe SRL przeznaczone dla jednostek pływających;
— modułowe SRL przeznaczone dla środków powietrznych;
— modułowe SRL dla pododdziałów wojsk lądowych.

Każda z wymienionych podgrup charakteryzuje się własną konstrukcją, zróżnicowanym zakresem częstotliwości pracy oraz wąską wiązką promieniowania. Większość tych urządzeń powinna być przystosowana do kierowania środkami przeciwlotniczymi średniego zasięgu (od 20 do 40 km), ale możliwości wykrywania powinny być, co najmniej dwa razy większe, a nieliczne do kierowania rakietami bliskiego zasięgu (od 10 do 15 km).

Urządzenia wchodzące w skład wymienionych grup znajdują się na wyposażeniu zestawów przeciwlotniczych lub pododdziałów rozpoznawczych wchodzących organicznie w skład jednostek bojowych. Projektowane SRL obserwacji pola walki, samolotowe i rakietowe wykorzystywane do naprowadzania rakiet na cele naziemne pracują w zakresie cm i mm.

W ostatnich latach sporo kontrowersji wśród specjalistów wojskowych budzi potrzeba opracowania nowych SRL. Wynika to z ograniczonego stosowania środków rakietowych naprowadzanych w wiązce radiolokacyjnej szczególnie w stosunku do celów lądowych. Obawy te są podyktowane faktem wprowadzania na uzbrojenie nowoczesnych środków naprowadzania metodami o dużej dokładności trafienia tj. laserowa, telewizyjna, z czujnikami magnetycznymi. Problem ten stanie się aktualny po masowym wprowadzeniu na wyposażenie innych armii rakiet z głowicami pracującymi w paśmie W (90-110GHz).

Wojska lądowe SZ Rosji powoli wychodzą naprzeciw tym wyzwaniom stosując radiolokatory obrony indywidualnej pracujące w zakresie mm. System Arena jest obecnie wykorzystywany do obrony przed pociskami, co nie oznacza, że w przyszłości nie będzie udoskonalany i stworzony zostanie indywidualny system obrony przeciwlotniczej pojazdu bojowego.

IV. ROZPOZNANIE RADIOLOKACYJNE POLA WALKI

Współczesne działania bojowe są i będą się charakteryzować w przyszłości, złożonością prowadzenia walki. Nowa technika rażenia wymusza stosowanie doskonalszych narzędzi i technik prowadzenia rozpoznania. Powodować to będzie konieczność dysponowania taką bazą danych i takimi urządzeniami rozpoznawczymi, które w dowolnym momencie walki, niezależnie od warunków pogodowych i terenowych, umożliwią terminową i odpowiednią reakcję na zachodzące na polu walki zmiany. Pozyskiwane dane rozpoznawcze muszą być dokładne i wiarygodne, a zarazem sprzęt służący do ich pozyskiwania winien charakteryzować się niezawodnością i nowoczesnością. Od klasy tego sprzętu w znacznym stopniu zależeć będzie uzyskanie powodzenia w działaniach na polu walki.

Specyfiką działań taktycznych jest stosunkowo niewielka głębokość ich prowadzenia. Aby skutecznie walczyć należy wyposażyć żołnierzy w narzędzia do rozpoznawania ruchów i kierunków działania wojsk przeciwnika w obszarze o nakazanej głębokości. W działaniach taktycznych rozpoznanie realizowane jest przez różne środki, głównie optyczne i optoelektroniczne, ale także radiowe i radiolokacyjne. Jednym z głównych wymagań, jakie stawia się konstruktorom sprzętu rozpoznawczego, to możliwość ciągłej obserwacji pola walki, zdolność do wykrycia pojazdów i żołnierzy oraz ich ruchu, niezależnie od pory doby i warunków pogodowych na możliwie dużym obszarze. Takie wymagania w najwyższym stopniu mogą spełnić tylko urządzenia

radiolokacyjne.

Od chwili praktycznego zastosowania techniki radiolokacyjnej, we wczesnych latach czterdziestych dwudziestego wieku, podejmowane były próby wykorzystania jej do obserwacji pola walki. Typowe radiolokatory obserwacji pola walki do wojsk wprowadzono jednak dopiero w latach sześćdziesiątych.

Pierwsze radiolokatory tego typu posiadały tylko sygnalizację akustyczną, a do wykonania pomiarów wystarczało operowanie podstawowymi przełącznikami na płycie czołowej urządzenia. Ich możliwości techniczne wystarczały do wykrycia celu i jego ogólnej klasyfikacji, lecz nie umożliwiały dokładnego pomiaru odległości i azymutu. Były to urządzenia sygnalizacyjne, a nie typowo rozpoznawcze.

Zakres możliwych zastosowań radiolokatorów, zwanych ogólnie radiolokatorami pola walki, nie ogranicza się do ich wykorzystania tylko *stricte* do rozpoznania na tym polu. Można je również wykorzystywać do ochrony granicy państwowej, kontroli ruchu statków i śmigłowców, a także jako element systemów obrony indywidualnej pojazdów bojowych przed pociskami. Wzrost znaczenia stacji radiolokacyjnych spowodowany jest dążeniem do zapewnienia jak najmniejszych strat, a z drugiej strony dążeniem do uzyskania powodzenia w prowadzeniu walki. Możliwość wczesnego wykrycia ludzi lub sprzętu potencjalnego przeciwnika daje ogromne korzyści w postaci terminowego podjęcia decyzji o jego zwalczeniu lub rozbiciu. W dobie gwałtownego postępu technicznego środki elektroniczne, jakimi niewątpliwie są stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki, obrony indywidualnej lub rozpoznania artyleryjskiego będą się rozwijały jeszcze szybciej niż dotąd i można się tylko zastanawiać czy

w przyszłości będzie w ogóle możliwe ukrycie wojsk i sprzętu przed środkami radiolokacyjnymi przeciwnika.

Radiolokatory pola walki (wykorzystywane między innymi również w armiach państw wschodnich) można podzielić na trzy grupy:

- stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki;
- radiolokatory obrony indywidualnej;
- artyleryjskie stacje radiolokacyjne.

Stacje radiolokacyjne pola walki wykorzystywane są przez ogólnowojskowe pododdziały rozpoznawcze do wykrywania, śledzenia i określania współrzędnych ruchomych celów naziemnych (czołgów i transporterów opancerzonych, ludzi itp.). Stacje te pracują w odległości od kilku do kilkunastu km od linii styczności, a ich zasięg działania wynosi kilka do kilkudziesięciu kilometrów. Podstawowy zakres częstotliwości pracy – cm (pasma I i J). W większości są to tzw. dopplerowskie radary.

Oprócz SRL obserwacji przestrzeni powietrznej, pola walki, w pasie działań taktycznych występować będą SRL koordynowania ogniem artylerii, które pełnią następujące funkcje:

— wykrywania celów powietrznych;
— radiolokacyjne podświetlanie celów wyznaczonych do zniszczenia;
— śledzenie celów i własnych pocisków w celu korygowania błędów naprowadzania.

Omawiana grupa stacji pracuje głównie w paśmie cm (rzadziej mm). Ponadto mogą występować SRL obserwacji bocznej, które wykorzystywane są przez samoloty i śmigłowce do rozpoznania zmian w ugrupowaniu wojsk lądowych oraz sił morskich przeciwnika.

Ostatnia grupa radiolokatorów to urządzenia obrony indywidualnej ostrzegające ludzi w pojazdach bojowych (tam są przede wszystkim

montowane) przed zbliżającymi się pociskami. Mają one bardzo małe wymiary i pracują w bardzo dużych częstotliwościach - zakres mm. Zaletą tych stacji jest bardzo duża rozróżnialność w elewacji, azymucie odległości rzędu centymetrów. Natomiast wadą ich jest mały zasięg związany z propagacją rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w tym zakresie. Niemniej jednak podstawowym zadaniem tych radiolokatorów jest wczesne i szybkie rozróżnienie zagrożenia i spowodowanie zadziałania środków przeciwdziałania.

Podział częstotliwości wykorzystywanych przez poszczególna stacje radiolokacyjne pola walki na poszczególnych szczeblach organizacyjnych można przedstawić następująco:

- SRL obserwacji pola walki pracują w pasmach I i J (K, M.);
- Artyleryjskie SRL pracują w paśmie E, F, G i H ;
- SRL montowane w śmigłowcach i samolotach wykorzystują pasmo I i J;
- SRL tzw. „obrony indywidualnej”[1] montowane min. na czołgach wykorzystują pasmo L i M.

4.1. Identyfikacja sytuacji radiolokacyjnej w ugrupowaniu związków taktycznych państw wschodnich

Przeznaczeniem SRL obserwacji pola walki wojsk lądowych jest przede wszystkim wykrywanie i śledzenie naziemnych celów ruchomych i nieruchomych, określeniu ich miejsca położenia w terenie, kierunku i prędkości poruszania się oraz identyfikacja wykrytego celu w taktycznym pasie działania. W szczególnych wypadkach stacje te

[1] Stacje radiolokacyjne o małym zasięgu prowadzonego rozpoznania ale o bardzo dużej rozróżnialności. Potrafią wykryć pociski artyleryjskie z odległości 1,5 do 3 km.

mogą wykrywać cele lecące na małych wysokościach np. śmigłowce, bezpilotowe aparaty latające (BAL) lub samoloty.

W siłach zbrojnych państw wschodnich np. Rosji czy Białorusi, podobnie jak w armiach większości państw NATO stacje te wykorzystuje się do rozpoznawania wojsk i obiektów podczas przygotowania i prowadzenia działań bojowych zarówno w dobrych, jak i złych warunkach atmosferycznych, w dzień i nocy. Zwykle nie tworzą one systemów, są wykorzystywane jako pojedyncze urządzenia rozpoznawcze. Ich podstawowe zadania to:

- nadzorowanie obserwowanego obszaru;
- wykrywanie naziemnych (nawodnych) celów ruchomych i nieruchomych oraz celów nisko lecących;
- monitoring wojsk oraz obiektów (szczególnie np.: lotnisk, portów, stacji przeładunkowych);

Stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki można również podzielić w zależności od przestrzennych możliwości wykrywania obiektów na trzy kategorie: radiolokatory bliskiego, średniego i dalekiego zasięgu[2].

Radiolokatory obserwacji pola walki bliskiego zasięgu (do 10 km) są urządzeniami wykorzystywanymi głównie przez patrole rozpoznawcze z jednostek wojsk lądowych. Pododdziałami, które prowadzą rozpoznanie pola walki i obserwację celów ruchomych, w wojskach lądowych państw wschodnich, są przede wszystkim bataliony rozpoznawcze, kompanie rozpoznania z pułków zmechanizowanych i pancernych oraz kompanie rozpoznawcze z brygad zmechanizowanych i w pewnym zakresie również jednostki

[2] Siły Lądowe Rosji aktualnie nie wykorzystują stacji radiolokacyjnych obserwacji pola walki dalekiego zasięgu. Można przypuszczać, że nie posiadają tego typu stacji.

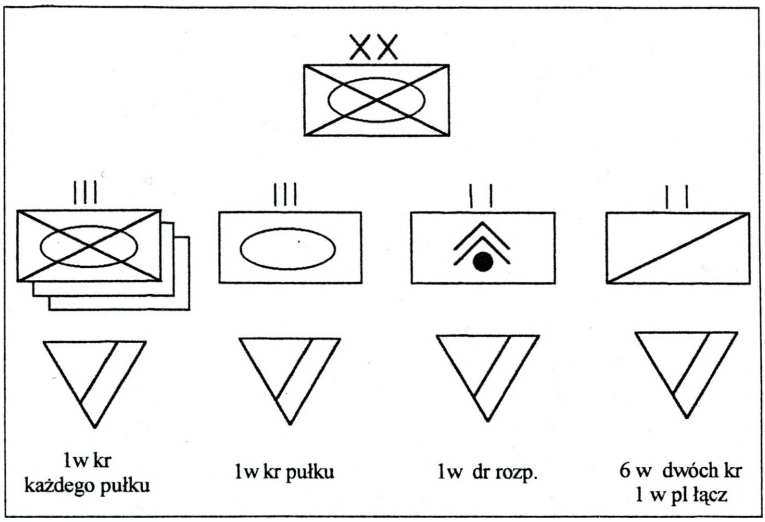
sił specjalnych. Oprócz tych organicznych pododdziałów, rozpoznanie radiolokacyjne prowadzą również inne elementy rozpoznawcze wyposażone w stacje radiolokacyjne (np. drużyna rozpoznania z dywizjonu artylerii przeciwpancernej), wykorzystywane przede wszystkim w pododdziałach działających w styczności bojowej oraz w patrolach rozpoznawczych w głębi ugrupowania przeciwnika.

Stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki powinno rozmieszczać się w miarę możliwości jak najbliżej linii styczności wojsk, na wzniesieniach terenowych, w miejscach zapewniających duże sektory i zasięgi widoczności. Każdej takiej stacji przydziela się określony sektor obserwacji, ustala rodzaje pracy, częstotliwości przeszukiwania określonego rejonu oraz sposób, kolejność i terminy przekazywania danych.

Stacje te pracują na fali ciągłej lub impulsowo z wykorzystaniem zjawiska Dopplera. Zasięg wykrywania przez te radiolokatory, w zależności od przeznaczenia, konstrukcji i mocy nadajnika oraz czułości układu odbiorczego, waha się w granicach od 300 m do 30 km. Mogą one określać współrzędne celów z dokładnością: w odległości od 20 do 40 m, w azymucie od 0,6° do 3°. Zasadniczy zakres częstotliwości pracy nadajników tych stacji wynosi od 8900 do 16500 MHz. Wykrycie celów jest sygnalizowane akustycznie w słuchawkach (głośniku) lub zobrazowane na wskaźniku radiolokacyjnym (ekranie mikrokomputera).

W związkach taktycznych państw wschodnich (np. DZ Rosji) występuje zwykle do 12 stacji radiolokacyjnych obserwacji pola walki: po jednej w każdej kompanii rozpoznania pułków zmechanizowanych i pancernego, 6 w dwóch kompaniach rozpoznawczych batalionu rozpoznawczego, 1 w plutonie łączności batalionu rozpoznawczego i 1

w drużynie rozpoznania dywizjonu artylerii przeciwpancernej (dappanc) (patrz rys 4.1.). Liczba ta nie jest stała i w zależności od miejsca stacjonowania dywizji ulega zmniejszeniu lub zwiększeniu, przede wszystkim w kompaniach rozpoznania pułków.



Rys. 4.1. Występowanie SRL obserwacji pola walki w DZ Rosji.

W rosyjskiej dywizji pancernej w pułkowych kompaniach rozpoznania występują po trzy stacje i siedem w batalionie rozpoznania, łącznie może być ich łącznie 19. Tak duża liczba stacji występuje w dywizjach rozmieszczonych na najważniejszym kierunku operacyjnym. W innym przypadku liczba stacji radiolokacyjnych rozpoznania pola walki jest zbliżona do dywizji zmechanizowanej. W siłach lądowych Ukrainy ilość stacji radiolokacyjnych w dywizji zmechanizowanej i pancernej jest nieco inna. Związki taktyczne występujące w zachodniej części Ukrainy (Przykarpackim Okręgu Wojskowym) mogą posiadać do 5 SRL w pułku zmechanizowanym lub czołgów, co dale łączną liczbę stacji w ZT 20, nie licząc stacji w batalionie rozpoznawczym. Natomiast w ZT w głębi kraju liczba SRL w pułkach może wynosić nawet jedną SRL lub jest ich brak.

Sytuacja ta uwarunkowana jest częściowo możliwościami finansowymi kraju oraz mocami produkcyjnymi zakładów przemysłowych. Przykładowe zestawienie ilościowe stacji radiolokacyjnych obserwacji pola walki w wojskach lądowych Rosji i Ukrainy zawiera tabela 4.1.

Tabela 4.1.

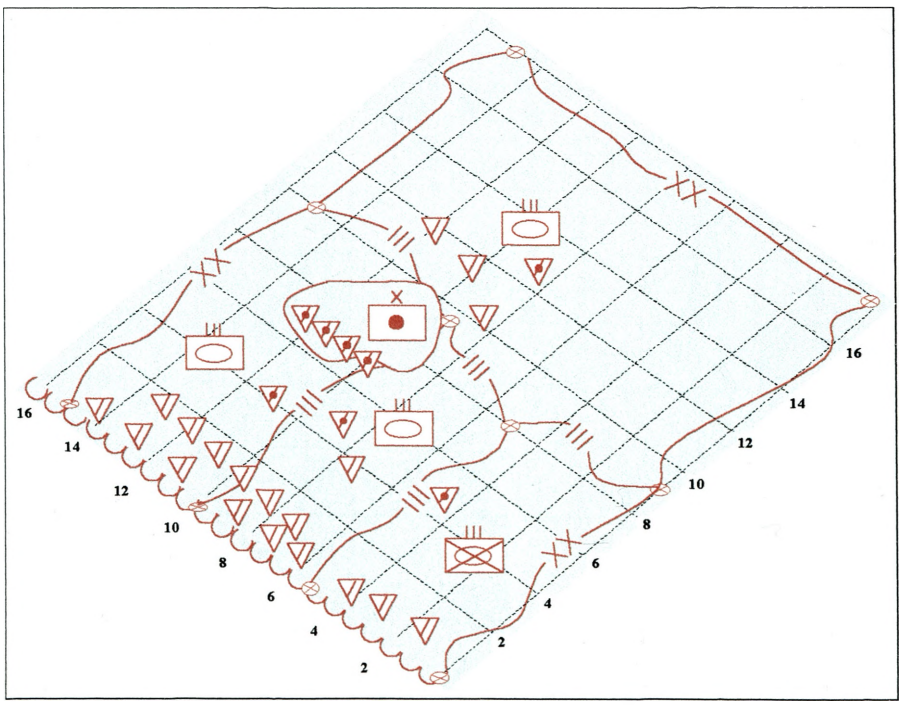
Liczba SRL obserwacji pola walki w ZT Sił Lądowych Rosji i Ukrainy

Związek taktyczny	Dywizja zmechanizowana typ-92 Rosji				
Oddział (pododdział)	3 x pz	1 x pcz	br		dappanc.
Pododdział rozpoznania	kr	kr	kr r/lok	pl łącz.	dr rozp.
Ilość SRL RPW	3	1	6	1	1
Związek taktyczny	Dywizja pancerna typ–92 Rosji				
Oddział (pododdział)	1x pz	3x pcz	br		
Pododdział rozpoznania	Kr	kr	kr r/lok	pl. łącz.	
Ilość SRL RPW	3	9	6	1	
Związek taktyczny	Dywizja zmechanizowana jednolita Rosji				
Oddział (pododdział)	2 x pz	2 x pz	br		dappanc.
Pododdział rozpoznania	kr	kr	kr r/lok	pl łącz.	dr rozp
Ilość SRL RPW	2	2	6	1	1
Związek taktyczny	Dywizja wsparcia ogniowego typ-92 Rosji				
Oddział (pododdział)	2-5 pa zmot	1 x pz 1x pcz	br		dappanc.
Pododdział rozpoznania		kr	kr r/lok	pl łącz.	dr rozp
Ilość SRL RPW	2-5	2	6	1	1
Związek taktyczny	Brygada zmechanizowana typ-92 Rosji				
Oddział (pododdział)			br		dappanc.
Pododdział rozpoznania			kr r/lok	dr rozp	dr rozp
Ilość SRL RPW			6	1	1
Związek taktyczny	Dywizja zmechanizowana/pancerna Ukrainy				
Oddział (pododdział)	3 x pz	1x pcz	br		dappanc
Pododdział rozpoznania	kr	kr	kr		dr rozp.
Ilość SRL RPW	3 - 15	1 - 5	3		1

Stacje obserwacji pola walki przewidywane są do wykorzystania zarówno w działaniach obronnych, jak i zaczepnych. W obronie za pomocą tych stacji prowadzi się przede wszystkim obserwację przedniego skraju, a w następnej kolejności rejonów położonych w głębi. Szczególną uwagę zwraca się na ruchy wojsk w przerwach taktycznych pomiędzy pododdziałami (oddziałami), na

odkrytych skrzydłach i w rejonach obiektów stałych, (co może wskazywać np.: na miejsca występowania odpowiednich stanowisk dowodzenia). W natarciu, podczas przełamywania obrony przeciwnika, stacje radiolokacyjne umożliwiają między innymi wykrywanie punktów oporu i innych ważnych obiektów mających wpływ na powodzenie działań taktycznych.

W pasie działania ZT[3], może się znajdować ok. 30 -SRL pola walki. Oczywiście nie wszystkie będą pracowały w jednym czasie, jednak praca tylko około 30% środków może dać wyobrażenie o nasyceniu źródłami promieniującymi energię EM. Schematyczne ugrupowanie stacjami radiolokacyjnymi pola walki w pasie działań dywizji pancernej typu-92 armii rosyjskiej przedstawia rys. 4.2.



Rys. 4.2. Schematyczne ugrupowanie SRL obserwacji pola walki i artyleryjskich SRL w dywizji pancernej typu 92 Rosji

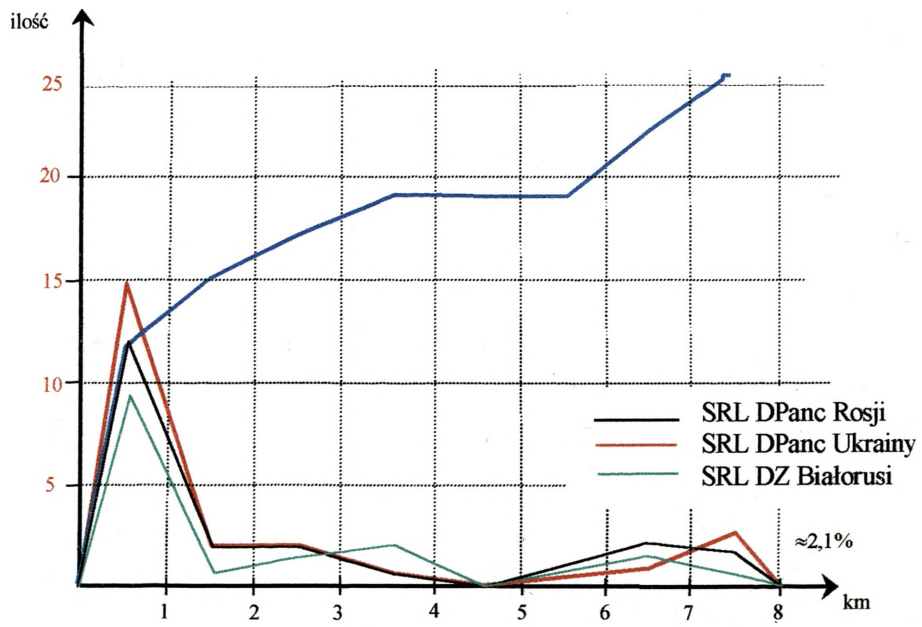
[3] Założono następujące rozmiary pasa rozpoznania ZT: szerokość 15 km; głębokość 25 km. Daje to powierzchnię 375 km^2.

Natomiast porównanie nasyceniem SRL w wybranych trzech armiach państw wschodnich przedstawione są w tabeli 4.2. i na wykresie 4.3.

Tabela 4.2.

Ilość SRL obserwacji pola walki i artyleryjskich SRL występujących w pasie działania dywizji pancernej armii rosyjskiej, ukraińskiej i białoruskiej

	0 –1 km	1 –2 km	2 – 3 km	3 – 4 km	4 – 5 km	5 – 6 km	6 – 7 km	7 – 8 km	Razem
DPanc Rosji	12	3	3	1			4	3	26
%	46,5	11,5	11,5	4			15	11,5	
DPanc Ukrainy	15	3	3	1			2	5	29
%	53	10	10	3			7	17	
DZ Białorusi	9	1	2	1			3	1	17
%	53	6	12	6			17	6	



Rys 4.3. Przyrost ilości SRL obserwacji pola walki występujących w ugrupowaniu przeciwnika w zależności od głębokości i szerokości pasa natarcia ZT. Procentowe nasycenie SRL na każdy 1 km głębokości ugrupowania nacierającego przeciwnika (DPanc).

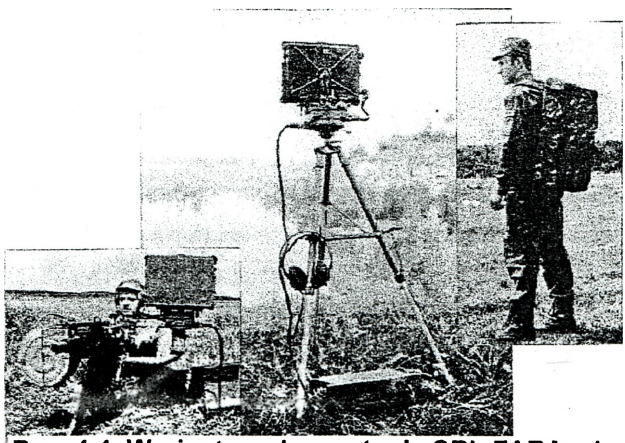
Konstrukcja opisywanych stacji radiolokacyjnych (małe wymiary i ciężar oraz możliwość montowania na pojazdach) pozwala

na częste zmiany pozycji utrudniające wykrycie i zniszczenie przez przeciwnika, a także na szybkie przeniesienie wysiłku rozpoznawczego z jednego kierunku na inny, w zależności od często zmieniającej się sytuacji taktycznej i wynikających z niej potrzeb rozpoznawczych.

Spośród szerokiej gamy, aktualnie wykorzystywanych w wojskach lądowych państw wschodnich, typów stacji radiolokacyjnych rozpoznania pola walki w niniejszym opracowaniu skoncentrowano się na kilku, których parametry techniczne, technologia wykonania oraz zasady wykorzystania na polu walki predestynują je do uznania za współczesne typowe rozwiązania dla poszczególnych grup stacji w tych państwach.

4.2. Stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki

W siłach lądowych Rosji jedną z nowszych stacji radiolokacyjnych obserwacji pola walki jest przenośna stacja FARA-1 (rys. 4.4.). Przeznaczona jest ona głównie do wykrywania naziemnych ruchomych celów, ale również i do naprowadzania broni na cele grupowe. Można ją również wykorzystać do ochrony obiektów lub terenu, pracować wówczas będzie w automatycznym reżimie pracy ze świetlną i dźwiękową sygnalizacją wykrycia obiektu naruszającego strefę ochrony. Wersja przenośna RP-100 może być wykorzystana jako



Rys. 4.4. Warianty wykorzystania SRL FARA - 1

zestaw do korygowania ognia wyrzutni granatów odłamkowych i ciężkich karabinów maszynowych.

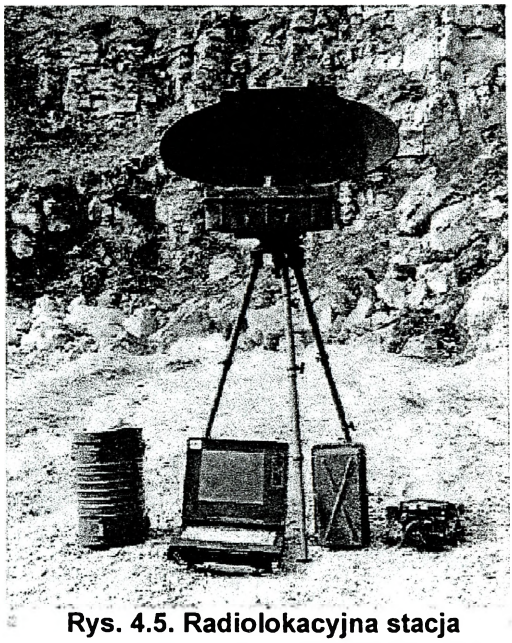
Stacja radiolokacyjna FARA-1 jest dopplerowską stacją pracującą z falą ciągłą w paśmie J. Urządzenia nadawczo odbiorczym (BWCz) tej stacji wykonane są w technologii ciała stałego, antena ma konstrukcję falowodowo - szczelinową, a pulpit operatora jest urządzeniem wynośnym (nie stanowi integralnej całości z urządzeniem antenowo nadawczym). Na czas pracy opisywana stacja (część nadawczo odbiorcza i system antenowy) może być ustawiana na trójnogu, mocowana na pniach drzew, budynkach i budowlach lub też instalowana na pojazdach. Zapewnia automatyczne wykrywanie ruchomych celów w zadanym sektorze obserwacji. Rozpoznanie rodzaju celu może odbywać się według charakterystyki sygnału dźwiękowego. Ewentualnego wyprowadzenia danych do ośrodków dyspozycyjnych dokonuje się w sposób automatyczny przez standardowy interfejs.

W wersji przenośnej RP-100 ma masę 16 kg (w tym waga anteny 1,1kg).

Antena stacji FARA –1 posiada współczynnik wzmocnienia 27dB, a poziom tłumienia listków bocznych w azymucie - 16 dB. Szerokość listka głównego charakterystyki w azymucie 4^0, w elewacji - $10,5^0$.

Do radiolokatorów obserwacji pola walki zalicza się również przenośna stacja KREDO-M1 (rys.4.5.). Przeznaczona jest do rozpoznawania naziemnych i nadwodnych celów ruchomych, ochrony granic, terenu i obiektów. KREDO-M1 jest dopplerowską impulsową stacją radiolokacyjną pracującą w paśmie J. Zapewnia automatyczne wykrywanie i określenie współrzędnych celów ruchomych, kolorowe

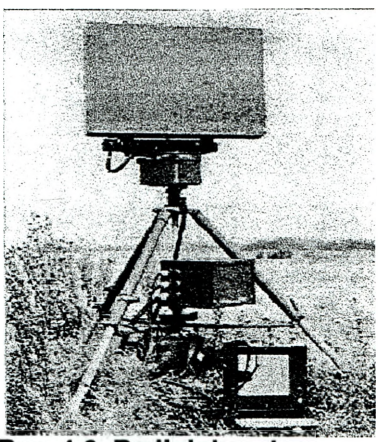
zobrazowanie celów na tle mapy terenu (kolorowy wskaźnik ciekłokrystaliczny), formowanie tras celów ruchomych, automatyczne śledzenie celów z pomiarem współrzędnych celu i wektora prędkości, zapisywanie i dokumentowanie danych radiolokacyjnych oraz współpracę z ośrodkiem kierowania (dyspozycyjnym) za pośrednictwem aparatury transmisji danych.



Rys. 4.5. Radiolokacyjna stacja rozpoznania pola walki KREDO -M1

Stacja ta umożliwia wykrywanie człowieka z odległości 8,5 km, techniki bojowej z odległości do 20 km z dokładnością 25 m w odległości i 0,3 stopnia w azymucie. Łączna waga urządzenia wynosi ok. 50 kg, przy czym znaczna część ciężaru przypada na trójnożną podstawę antenową i antenę wraz z układem napędowym.

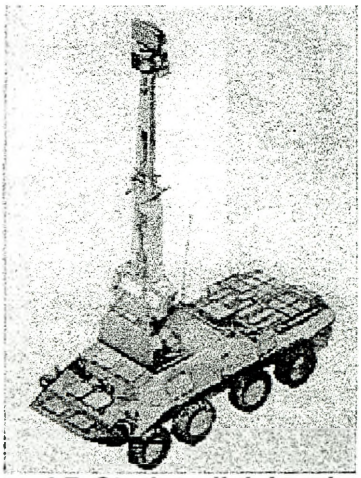
Kolejną stacją radiolokacyjną, przeznaczoną głównie do rozpoznania pola walki, produkowaną przez przemysł rosyjski na potrzeby sił lądowych, jest wielofunkcyjny małogabarytowy radar ostrzegania KREDO - 1E (RP-200) pracujący w paśmie J (niektóre źródła podają pasmo Ku) (rys.4.6).



Rys. 4.6. Radiolokacyjna stacja rozpoznania pola walki KREDO - 1E

Może być on wykorzystywany do ochrony obiektów i terenów zamkniętych, kontroli ruchu drogowego, obserwacji akwenów wodnych i prowadzenia(śledzenia ruchu) statków (okrętów) w strefie przybrzeżnej, korygowania strzelań artylerii oraz kontroli rejonów lotnisk. Zapewnia automatyczne śledzenie obiektów i określanie ich współrzędnych. KREDO –1E jest impulsowo-dopplerowską stacją radiolokacyjną z koherencją impulsów zbudowaną z kwarcowo - klistronowym generatorem sygnałów sondujących oraz falowodowo - szczelinową anteną.

Może być używany jako urządzenie autonomiczne oraz montowany jako zestaw na pojazdach rozpoznawczych lub na innych pojazdach mechanicznych i śmigłowcach (wersja KREDO–S) (rys. 4.7.).



Rys. 4.7. Stacja radiolokacyjna rozpoznania pola walki KREDO-S

Zapewnia automatyczne wykrywanie i śledzenie dookólne lub sektorowe, określanie typu celów, szybkie automatyczne przestrajanie częstotliwości, zobrazowanie celów na tle mapy terenu, określanie tras celów ruchomych, zobrazowanie cyfrowej mapy terenu, zapisywanie i dokumentowanie danych radiolokacyjnych oraz wymianę danych za pośrednictwem standardowego interfejsu. Stacja ta może być także wykorzystywana do kierowania ogniem artylerii lufowej na odległościach 7-20 km. Umożliwia wykrywanie siły żywej z odległości do 15 km, pojazdów do 40 km, śmigłowca do 35 km, pocisków artyleryjskich 155 mm do 15

km, z dokładnością 10 m. w odległości i $0,12^0$ w azymucie. Falowodowo - szczelinowa antena stacji KREDO - 1E posiada współczynnik wzmocnienia od 33,5 dB do36,5 dB w zależności od rodzaju pracy. Szerokość listka głównego charakterystyki w azymucie wynosi od $1,6^0$ do 3^0, w elewacji - $2,5^0$. Poziom listków bocznych w azymucie nie więcej jak - 22 dB. Waga anteny 18kg, przy wadze całego urządzenia około 105 kg..

Zakres zadań możliwych do realizacji za pomocą stacji KREDO-1E (RP-200):

— w przypadku wykorzystania do ochrony obiektów i terenu, stacja radiolokacyjna sygnalizuje pojawienie się na strzeżonym terenie ludzi i urządzeń technicznych. Ma możliwość rejestracji (zapamiętywania) zobrazowania, dzięki czemu nie wymaga ciągłej uwagi i nadzoru operatora. Zapewnia zdalne sterowanie rodzajami pracy, a wbudowany system kontroli funkcjonowania gwarantuje jego duża niezawodność[4];

— w zakresie kontroli ruchu drogowego radar, ustawiony na podwyższeniu lub maszcie, pozwala na obserwację ruchomych środków transportowych w odległości do 25 km. Na wskaźniku radiolokatora zostają zobrazowane zbiorcze dane odnośnie intensywności ruchu drogowego. Istnieje także możliwość śledzenia wybranego urządzenia transportowego (pojazdu) i określenia jego prędkości;

— w zakresie obserwacji akwenów wodnych i prowadzenia (śledzenia) statków w strefie przybrzeżnej, radar ustawiony na brzegu, pozwala obserwować małe statki w 12-milowym obszarze - określa kierunek ruchu i aktualne położenie. Na ekranie stacji

[4] Wojskowy Przegląd Techniczny i Logistyczny, Warszawa 2/1995, s. 18.

radiolokacyjnej może być opcjonalnie zobrazowany zmienny przebieg toru wodnego oraz inne linie kontrolne i punkty orientacyjne;

— w zakresie kontroli rejonu lotniska, praca stacji zbliżona jest do pracy w systemie ochrony terenu, dodatkowo możliwa jest selekcja stałych i wznoszących się obiektów, które można wyróżnić po kolorze znaczników zobrazowania.

Dodatkowe parametry taktyczno - techniczne:

- zakres prędkości poruszania się obiektów – 3 ÷ 72 km,
- sektor obserwacji – 360°;
- maksymalna możliwość wyniesienia pulpitu sterowania: 100 m,
- moc pobierana ze źródła zasilania – 250 W,
- czas ciągłej pracy – 10 h,
- docelowy czas pracy – 5000 h,
- średni czas niezawodnej pracy – 1000 h,
- masa – 97 kg.

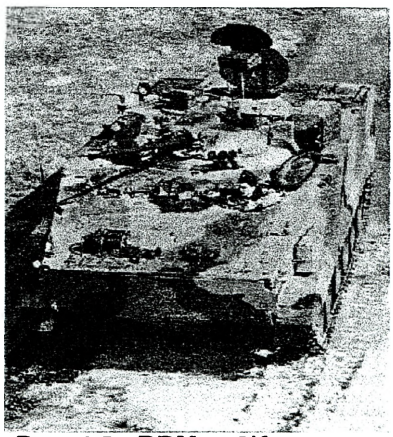
Tabela 4.3

Zestawienie ważniejszych parametrów SRL obserwacji pola walki

Typ SRL	Zakres częst.	Zasięg wyk. człowieka	Zasięg wyk. Pojazdów Mech.	Zasięg wyk pocisku.	Zasięg wyk śmigłowca	Dokładność określania współrzędnych		Waga
		[km]	[km]	[km]	[km]	w odl. [m]	W azym. [^{0}]	[kg]
FARA-1 (RP-100)	J	2,5	5			20	0,9	16
Kredo-M1	Ku	8,5	20			25	0,3	50
KREDO-1E (RP-200)	Ku	15	40	15	35	10	1,6	105

Siły lądowe Rosji dysponują także radiolokatorami systemu Monitor. W skład systemu wchodzi maksymalnie cztery radiolokatory

GS-12 Tall Mike sterowane z jednostki centralnej systemu (mikrokomputer IBM PC), pracujące w paśmie J. Mogą one znajdować się w odległości do 4 km od punktu kierowania. Są montowane na wieży pojazdu rozpoznawczego BRM - 1, z możliwością wykorzystania jako urządzenie wynośne na odległość do 25 m (bułgarska wersja tego zestawu o nazwie Credo jest montowana na stałe na pojeździe opancerzonym). Pojedyncza stacja zapewnia wykrywanie siły żywej z odległości do 3 km, pojazdów - 12 km. Czas przygotowania do pracy ok. 5 min. Antena obrotowa zapewnia rozpoznanie w kącie pełnym w azymucie i sektorze ± 18° w elewacji.



Rys. 4.8. BRM - 3K z radiolokatorem 1RL33.

Inny środek produkowany przez rosyjski przemysł elektroniczny, montowany na pojazdach rozpoznawczych to radiolokator rozpoznania pola walki 1RL133 stanowiący wyposażenie rozpoznawcze BRM - 3K (rys.4.8.).

4.3. Stacje radiolokacyjne obrony indywidualnej

Ochrona własnego życia jest podstawowym prawem istnienia materii ożywionej. Człowiek, który jest częścią świata materialnego chroni swoje życie na wiele różnych sposobów. Podobnym prawom zachowania podlega również żołnierz na polu walki. Konstruktorzy sprzętu bojowego biorąc pod uwagę te naturalne prawa dobierają systemy ochrony tak, aby maksymalnie zminimalizować skutki działania strony przeciwnej, aby zapewnić maksymalne poczucie

bezpieczeństwa bezpośrednim użytkownikom tego sprzętu. Na tej właśnie zasadzie powstawały najpierw koncepcje, a następnie systemy obrony indywidualnej obiektów ruchomych przed zbliżającymi się pociskami. W początkowej fazie koncepcja niszczenia zbliżających się do środków bojowych pocisków dotyczyła obrony jednostek pływających (okrętów), a w miarę rozwoju technologii również czołgów i bojowych wozów piechoty.

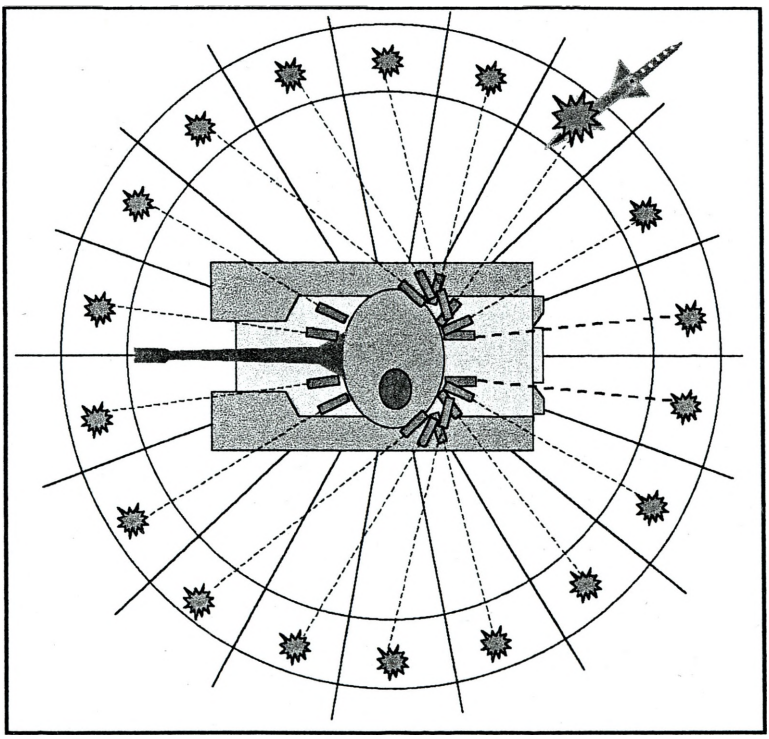
Jednym ze sposobów podwyższania poziomu bezpieczeństwa załogi czołgu (czy również innego pojazdu mechanicznego) jest obecnie wyposażenie go w zestawy aktywnej obrony (ZAO). Zasada aktywnej obrony polega na wykryciu aktywnych środków walki broni przeciwpancernej i niszczeniu ich w bezpiecznej odległości od czołgu.

Jednym z pierwszych tego rodzaju systemów obrony skonstruowanych na potrzeby sił zbrojnych Rosji jest aktywny system obrony czołgu „DROZD" (1030M). Ma on ochraniać załogę czołgu przed współczesnymi kumulacyjnymi środkami rażenia (granaty, przeciwpancerne pociski kierowane) najbardziej rozpowszechnionymi i efektywnymi środkami przeciwpancernymi, ciągle skutecznymi pomimo udoskonalania środków bezpośredniej ochrony czołgów (pancerza).

System ten powstał na początku lat 80-tych i jest sukcesywnie doskonalony. Współczesne sposoby wykrywania środków przeciwpancernych i obróbki sygnałów, oraz nowe technologie bardziej efektywnych materiałów wybuchowych dały możliwość znacznego ulepszenia zasadniczych charakterystyk zestawu Drozd. W konsekwencji powstała kolejna wersja tego systemu - DROZD-2.

System DROZD-2 posiada dookólną strefę obrony w azymucie (w starszej wersji tylko 80 stopni), co jest szczególnie ważne w czasach

zmieniającej się taktyki wykorzystania czołgów, gdy przeciwnik może zaatakować czołg z każdego kierunku. Przykładem może być lokalny konflikt w Czeczenii. Podczas walk w mieście, czołgi rosyjskie były atakowane z każdej strony, wymuszało to niejako konieczność okrężnej obrony indywidualnej czołgów.



Rys. 4.8. Schemat stref rażenia przeciwpocisków systemu DROZD-2

Budowa modułowa systemów DROZD i DROZD-2 pozwala wyposażyć w niego dowolny pojazd mechaniczny. Oferta przemysłu rosyjskiego przewiduje możliwość dostosowania go do każdego typu pojazdu, w tym również zagranicznego. Aktualnie w siłach zbrojnych większości krajów występują w dużych ilościach czołgi produkowane w latach 80, 70, a nawet 60-tych. Wyposażenie tych czołgów w system DROZD-2 lub podobny, pozwala (zdaniem konstruktorów i producentów) osiągnąć poziom bezpieczeństwa załogi porównywalny

z czołgami najnowszych generacji (T80, T90, M1A1, Leclerc) nie wyposażonych w ZAO.

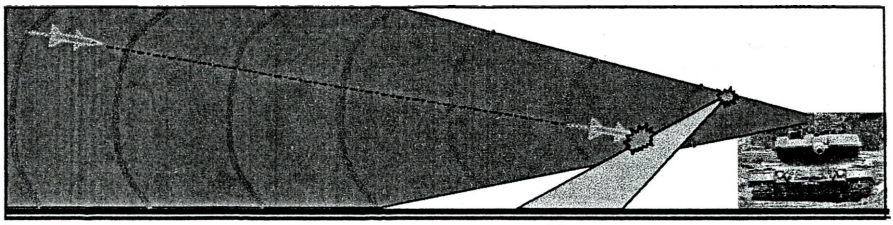
System DROZD składa się z trzech zasadniczych elementów: stacji radiolokacyjnej obserwacji pola walki zakresu milimetrowego, pokładowego komputera przeliczającego parametry lotu celu i określającego moment wystrzelenia wybranego przeciwpocisku w taki sposób aby doszło do spotkania celu z pociskiem w określonej bezpiecznej odległości. Stacja radiolokacyjna obrony indywidualnej ma bardzo małe wymiary, może być montowana na wieżach czołgów i bojowych wozów piechoty, oraz na transporterach lub samochodach. Prowadzi ciągłą obserwację przestrzeni wokół pojazdu i „informuje" komputer systemu o zbliżających się pociskach. Komputer systemu znajduje się w środku czołgu i obsługuje go operator celowniczy. Obsługa sprowadza się w zasadzie do włączenia systemu ponieważ system działa w sposób automatyczny. Istnieje możliwość ręcznego sterowania, ale w praktyce nie jest ono stosowane. System nie wprowadza zakłóceń elektromagnetycznych wzajemnych (naruszeń kompatybilności elektromagnetycznej) nawet przy liczbie 31 czołgów będących blisko siebie. Świadczy to o dużej elastyczności przestrajania zakresów częstotliwości pracy tych stacji radiolokacyjnych.

Tab. 4.5

Podstawowe dane taktyczno techniczne

Nazwa systemu	Drozd	Drozd-2
Strefa obrony		
- w azymucie	$\pm 40^0$	$\pm 180^0$
- w kącie elewacji	-6^0 - $+20^0$	-6^0- $+20^0$
Szybkość niszczonych celów	70 –700 m/s	50 –500 m/s
Liczba czołgów niezakłóconych w jednym pododdziale (kompatybilność)	≥31	≥31
Prawdopodobieństwo obrony	≥0,7	≥0,9
Zapotrzebowanie mocy	700 W	500 W
Waga	1000 kg	800kg

Innym systemem aktywnej obrony jest zestaw ARENA-E (rys. 4.9.). Przeznaczony jest on do obrony czołgów i BWP przed granatami wystrzeliwanymi z dowolnych typów wyrzutni, a także przeciwpancernych pocisków kierowanych wystrzeliwanych z ziemi i powietrza. Niszczy pociski lecące w kierunku czołgu po płaskich i stromych trajektoriach, oraz przelatujące nad nim niezależnie od stosowanych w tych pociskach systemów naprowadzania i typów głowic.



Rys.4.9. Schemat funkcjonowania systemu ARENA-E

Główne właściwości zestawu to:

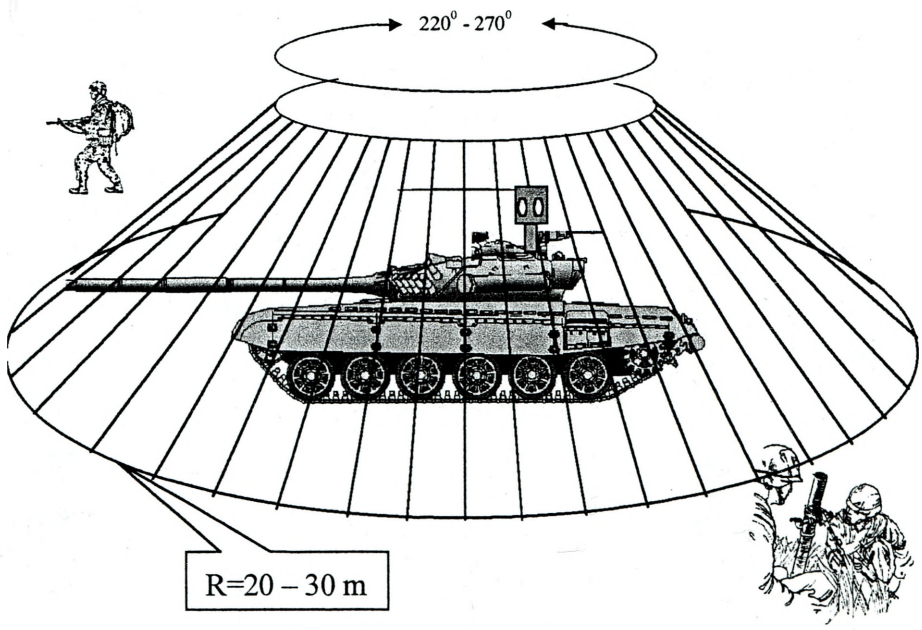
- wykrywanie i śledzenie celów za pomocą wielofunkcyjnej SRL z bardzo szybkim przeszukiwaniem przestrzeni w całym zabezpieczanym sektorze;
- kierunkowe rażenie celów za pomocą działającej kierunkowo amunicji obronnej z bardzo dużą szybkością działania;
- automatyczna praca (po włączeniu urządzenie nie potrzebuje żadnej dodatkowej obsługi co pozwala załodze w pełni skoncentrować się na wykonywaniu innych zadań bojowych);
- system działa w każdych warunkach atmosferycznych, całodobowo, wykrywa i niszczy cele w dowolnych stanach wykorzystania środków pancernych, w tym w ruchu i przy obrotach wieży;
- sektor obrony w azymucie od 220^0 do 270^0 (rys. 4.10.), ruchomy razem z wieżą jest wystarczający do obrony przedniej

i bocznych powierzchni czołgu. Pokrywa możliwy zakres kierunków ostrzału czołgu zarówno przy jego ataku na przeciwnika jak i w obronie manewrowej;

- małe rozmiary strefy niebezpiecznej (promień 20-30 m) dla piechoty towarzyszącej i brak oddziaływania na zewnętrzne oprzyrządowanie (zabudowę) czołgu oraz elementy zestawu przy działaniu amunicji obronnej;
- wysoki poziom odporności na zakłócenia i zabezpieczenie przed przypadkowym (fałszywym) zadziałaniem w trakcie wykorzystania bojowego i eksploatacji;
- możliwość selekcji wolno latających przedmiotów, odłamków i wybuchów pocisków, pocisków małokalibrowych, a także celów oddalających się od obiektu obrony i przelatujących poza zasięgiem rażenia zestawu;
- zewnętrzny (na wieży) sposób rozmieszczenia i budowa modułowa pozwalają na adaptację systemu praktycznie do każdego typu czołgu lub BWP.

Włączenie systemu następuje z pulpitu sterowania dowódcy czołgu. Wszystkie dalsze operacje przebiegają automatycznie. W warunkach bojowego zastosowania, SRL zapewnia poszukiwanie i wykrywanie celów nadlatujących w kierunku czołgu. Po analizie uzyskanych danych SRL przechodzi do rodzaju pracy śledzenie, w trakcie którego następuje nabór danych o parametrach lotu celu i przekazywanie ich do przelicznika (komputera). Według rezultatów obróbki napływających danych określa się numer zestawu amunicji obronnej i czas jego zadziałania. W określonym momencie czasu przelicznik (komputer) wydaje komendę do odpalenia i wybuchu wybranego ładunku. Przy zadziałaniu ładunku obronnego pojawia się

ukierunkowane pole (strumień) niszczących cel odłamków. W systemie przewiduje się również odstrzał i zainicjowanie wybuchu ładunków obronnych na komendy z pulpitu sterowania w systemie ręcznym, który może być wykorzystany w wyjątkowych sytuacjach awaryjnych. Każdy ładunek broni określonego sektora w azymucie, przy czym sektory rażenia sąsiednich ładunków zachodzą na siebie, przez co osiąga się możliwość wielokrotnego przechwycenia celów nadlatujących do bronionego obiektu z jednej strony (kierunku). Całkowita liczba możliwych do odparcia ataków jest określona ilością zamontowanych ładunków (22-28). Uzupełnienia ładunków w koniecznych przypadkach może dokonać siłami własnymi załoga czołgu.



Rys.4.10. Strefa rażenia systemu ARENA-E

Wyposażenie czołgu lub BWP w system ARENA pozwala podnieść jego żywotność na polu walki, według danych rosyjskich, około 2 razy. System Arena-E niszczy środki, które są najbardziej

niebezpieczne dla czołgów i BWP, przeciwko którym możliwość przeciwdziałania praktycznie jest niezależna od stopnia wyszkolenia załogi (PPK atakujące czołgi z dużej odległości i granaty z granatników ręcznych działających zwykle skrycie z dowolnych kierunków i niewielkiej odległości).

Efektywność użycia czołgów i BWP wyposażonych w tego typu systemy znacznie wzrasta w przypadku użycia tego sprzętu w lokalnych konfliktach, lub operacjach przywracania pokoju, kiedy przeciwnik dysponuje zwykle tylko uzbrojeniem lekkim (ręczne środki przeciwpancerne). Dodatkowym atutem jest fakt, że wyposażenie czołgów i BWP w system aktywnej obrony zwiększa psychologiczną wiarygodność środków (poczucie bezpieczeństwa załogi).

Tab. 4.6.

Wybrane dane taktyczno - techniczne systemu ARENA-E

Reżim pracy	Automatyczny, całodobowy
Wykrywanie i śledzenie celów	Radiolokacyjne
Sposób rażenia	Kierunkowy strumień odłamków
Sektor obrony w azymucie	Nie mniej niż $\pm 110^0$
Odległość wykrywania	50 m
Czas gotowości do kolejnego zadziałania	0,2 – 0,4 s
Pobór mocy	1 kW
Waga	1000 – 1100 kg
Objętość aparatury wewnątrz wieży	$< 30\ dm^3$
Liczba ładunków	≥ 22

4.4. Artyleryjskie stacje radiolokacyjne

Zmiany związane z prowadzeniem współczesnej walki wyrażają się głównie w wymiarze powietrzno - lądowym działań, szerokim zastosowaniem środków elektronicznych na polu walki oraz między innymi dynamicznym rozwojem środków wsparcia ogniowego. Siły i środki rozpoznania artyleryjskiego inicjują cykl kierowania ogniem artylerii i stanowią zasadnicze źródło danych o obiektach przeciwnika. Do zadań stawianych przed systemem rozpoznania artyleryjskiego zaliczyć należy:

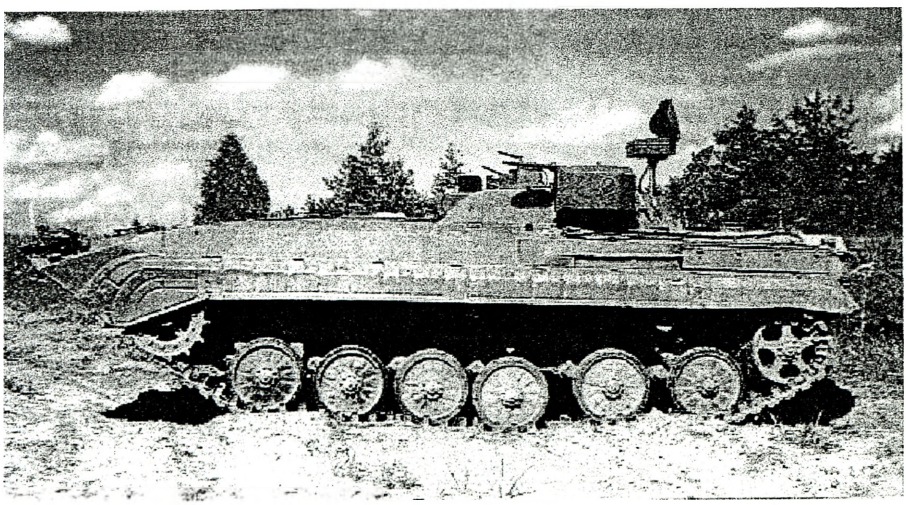
- wykrywanie i określanie współrzędnych obiektów przeciwnika zgodnie z zadaniami taktycznymi i ogniowymi artylerii;
- ustalanie niezbędnych danych o obiektach do wypracowania decyzji ogniowych;
- określanie danych do poprawiania ognia oraz ocena jego skutków (obsługiwanie strzelania artylerii);
- prowadzenie bieżącej oceny terenu;
- obserwowanie działań wojsk.

Rozpoznanie artyleryjskie realizuje więc szerokie spektrum zadań zarówno na potrzeby procesu decyzyjnego jak i wsparcia ogniowego, a od jego możliwości i sprawności działania zależy bezpośrednio efektywność użycia środków wsparcia ogniowego w walce. Wymagania te w powiązaniu z ogólnymi wymaganiami stawianymi rozpoznaniu pozwalają wysnuć wniosek, że przy współczesnych możliwościach manewrowych i zasięgach ognia, jedynie środki rozpoznania technicznego są w stanie sprostać zadaniom stawianym przed rozpoznaniem artyleryjskim. Szczególną rolę w tym zakresie mają do spełnienia stacje radiolokacyjne kierowania ogniem

artylerii jako środek rozpoznania działający skutecznie bez względu na warunki atmosferyczne i porę dnia.

W siłach zbrojnych państw wschodnich podobnie jak i w innych wysoko utechnicznionych armiach szeroko stosowane są stacje radiolokacyjne pola walki, przeznaczone do prowadzenia rozpoznania artyleryjskiego i zabezpieczania strzelania naziemnej artylerii.

Przykładem może być stacja radiolokacyjna wchodząca w skład wyposażenia rozpoznawczego samobieżnego punktu rozpoznawczego PRP-4M „DIEJTERIJ" (rys. 4.11) zbudowanego na bazie BMP chronionego przed pociskami małego kalibru i odłamkami. Zasięg rozpoznania obiektu, wielkości czołgu, za pomocą przyrządów optycznych i optoelektronicznych wynosi w dzień -10 km, w nocy -3 km. Zasięg rozpoznania ruchomego czołgu za pomocą stacji radiolokacyjnej: 8-10 km bez względu na porę dnia. Średni błąd określenia współrzędnych celu: środki optyczne - 25m., SRL -50m.



Rys.4.11. Punkt rozpoznawczy PRP-4M „DIEJTERIJ"

Innym przedstawicielem tej grupy sprzętu są stacje radiolokacyjne typu SNAR służące do wykrywania naziemnych (nawodnych) celów ruchomych oraz strzelających dział i moździerzy.

Stacja radiolokacyjne SNAR-10 (rys. 4.12.) może wyznaczać współrzędne obiektów ruchomych zarówno w dzień jak i w nocy (w warunkach ograniczonej widoczności), a także miejsc wybuchów pocisków własnej artylerii. Mogą być zatem wykorzystywana do określania położenia środków pancernych i zmechanizowanych oraz artylerii przeciwnika, a także korygowania ognia i oceny jego skutków. Mogą one również służyć do dowiązania geodezyjnego elementów ugrupowania bojowego własnej artylerii[5].



Rys. 4.12. Stacja rozpoznania artyleryjskiego SNAR - 10.

Dla stacji SNAR wybiera się główne i zapasowe stanowiska położone w pobliżu przedniego skraju wojsk własnych (zwykle na rubieży rozwinięcia punktów obserwacyjnych rozpoznania wzrokowego), w rejonach zapewniających dogodną (w miarę możliwości boczną w stosunku do rozpoznawanych obiektów) obserwację przewidywanych dróg manewru sił i środków przeciwnika. Stacje SNAR mogą rozpoznawać w ograniczonym zakresie obiekty stałe przeciwnika (pod warunkiem posiadania przez obiekt odpowiednio dużych rozmiarów - uzyskania odpowiednio silnego

[5] Użycie wojsk rakietowych i artylerii w operacji i walce , AON, Warszawa 1995, s.94.

sygnału odbitego wiązki elektromagnetycznej). Jedna stacja SNAR-10 może prowadzić rozpoznanie w sektorze 4-40 dowolnego kierunku (tj.„obserwować" obiekty przeciwnika na jednej lub dwóch drogach manewru) na głębokość:

— obiektu pojedynczego (czołg. BWP, T0, etc.) - 18 km i więcej;

— obiektu nawodnego (trałowiec, etc.) - 25-30 km i więcej

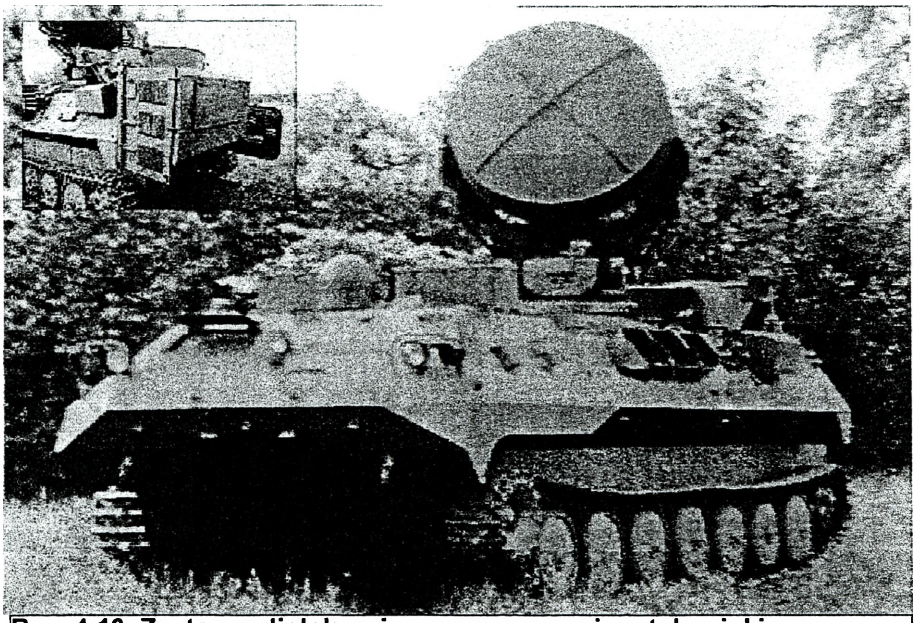
oraz wyznaczyć współrzędne wybuchów pocisków własnej artylerii (o kalibrze 120 mm i większym) na głębokość:

— na lądzie - 4-10 km;

— na wodzie - do 14 km.

Radiolokacyjne zestawy rozpoznania artylerii (RZRA) przeznaczone są do wykrywania i wyznaczania współrzędnych strzelających dział przeciwnika oraz korygowania ognia własnej artylerii. Będzie się je rozmieszczać w odległości około 3-4 km od linii styczności wojsk (tj. w rejonie rozwinięcia artylerii na stanowiskach ogniowych), w rejonie zapewniającym boczny sektor obserwacji torów lotu pocisków artylerii przeciwnika (w części wznoszącej toru lotu) i własnej. Możliwości rozpoznania środków wsparcia ogniowego przeciwnika wzrastają znacznie przy współdziałaniu z sejsmiczno - akustycznym zestawem rozpoznania artylerii (S-AZRA). Do zestawów tego rodzaju wykorzystywanych między innymi w SZ FR należy modernizowany artyleryjski radiolokacyjny zestaw rozpoznania i korygowania ognia artylerii naziemnej ARK – 1M „RYŚ" (rys. 4.13.). Jest on przeznaczony do rozpoznawania po wystrzałach (starcie) stanowisk ogniowych moździerzy, artylerii, wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych, określania stanowisk startowych rakiet taktycznych przeciwnika i zabezpieczania strzelań swoich analogicznych środków. W monoimpulsowej trójwspółrzędnej stacji

radiolokacyjnej tego zestawu zastosowano antenę ze zwierciadłem parabolicznym. Stacja ta pracuje w zakresie 5 cm z automatycznym określaniem współrzędnych. Zestaw zamontowany jest na podwoziu MTLB razem z zespołem prądotwórczym.



Rys. 4.13. Zestaw radiolokacyjnego rozpoznania artyleryjskiego ARK - 1M „RYŚ"

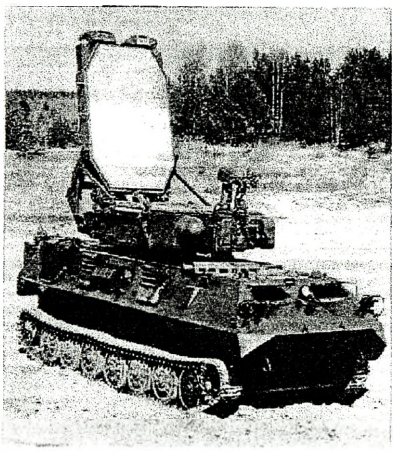
Zasadnicze parametry zestawu:

- maksymalna odległość rozpoznania:
  - moździerzy 16 - 17 km;
  - haubic 13 - 15 km;
  - wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych 20 - 30 km;
  - rakiet taktycznych 40 km.
- zasięg obsługi (kierowania) strzelania własnych środków do:
  - moździerzy 12 - 13 km;
  - haubic 7 - 9 km;
  - wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych 20 - 30 km;

- rakiet taktycznych 30 km.

— średni błąd określenia współrzędnych: 30 - 90 m.;
— ilość obsługiwanych celów: 2 -3/min.;
— czas rozwijania: 5 min.;
— załoga : 4 żołnierzy

Innym przedstawicielem tego rodzaju urządzeń jest zestaw rozpoznania i kontroli strzelań „ZOOPARK - 1" (rys. 4.14.), zapewniający elektroniczne przeszukiwanie przestrzeni w sektorze 60°, w dowolnym kierunku, z możliwością wykrywania do 70 celów na minutę i jednoczesne śledzenie do 12 celów. Umożliwia również określanie współrzędnych pozycji ogniowych do momentu upadku pocisku oraz automatyczną wymianę danych z punktem koordynacji. Zestaw jest odporny na promieniowanie elektromagnetyczne i przeciwdziałanie radioelektroniczne.



Rys. 4.14. Zestaw rozpoznania kontroli strzelań „ZOOPARK - 1"

W skład zestawu wchodzi:

— monoimpulsowa, trójwspółrzędna stacja radiolokacyjna z anteną o fazowanej aperturze na podwoziu gąsienicowym;
— stacja kontrolno pomiarowa MTO z rezerwowym ciągnionym zespołem prądotwórczym ED - 30 - T230;
— autonomiczne środki orientowania i topodowiązania.

Zasadnicze parametry zestawu:

— zakres pracy: pasmo G, H;
— maksymalna odległość rozpoznania z wiarygodnością 0,8 po

pierwszym wystrzale:

- moździerzy: 13 - 17 km;
- artylerii polowej: 10 - 12 km;
- wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych: 15 - 22 km;
- rakiet taktycznych: 40 - 45 km.

— zasięg kontroli strzelania z wiarygodnością 0,8 po pierwszym wystrzale:

- moździerzy 18 - 22 km;
- haubic 15 - 20 km;
- wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych 25 - 35 km;
- rakiet taktycznych 40 - 45 km.

— ilość jednocześnie prowadzonych celów: 12;

— czas rozwijania: 5 min.;

— załoga : 3 żołnierzy

Odrębną grupą wśród radiolokacyjnych stacji artyleryjskich są stacje przeznaczone do określania prędkości wylotowej pocisków dział i moździerzy. Zakres pomiarowy tych urządzeń obejmuje zwykle prędkości w przedziale 80 -2200 m/s dla dział i moździerzy o kalibrze powyżej 100 - 120 i więcej mm. W stacjach tych wykorzystywany jest efekt Dopllera, a dokładność pomiaru wynosi zwykle mniej niż 0,1%. Stosowane współcześnie urządzenia pozwalają na pomiary prędkości wylotowej z częstotliwością 5 - 6 pocisków na minutę.

V. ROZPOZNANIE RADIOLOKACYJNE W JEDNOSTKACH PRZECIWLOTNICZYCH WOJSK LĄDOWYCH

Urządzenia radiolokacyjne w jednostkach przeciwlotniczych wojsk lądowych Rosji pojawiły się po raz pierwszy wiosną 1941 r. Pierwszymi stacjami radiolokacyjnymi były wówczas RUS-1 i RUS-2. Wykrywały one cele powietrzne z 160 km. Pracowały impulsowo na fali o długości 4 m. Po drugiej wojnie światowej nastąpił gwałtowny rozwój środków radiolokacyjnych, artyleryjskich oraz rakiet przeciwlotniczych. Kolejne lata owocują rozwojem stacji i systemów radiolokacyjnych w pododdziałach przeciwlotniczych. Rozwój ten ma dwa źródła. Pierwszy, niejako naturalny, związany jest z postępem naukowym i technologicznym w technice radiolokacyjnej, drugi, bardziej pragmatyczny, związany jest ze zmianą taktyki użycia samolotów. Loty samolotów rozpoznawczych na dużych wysokościach, samolotów mysliwsko - bombowych na średnich i małych wysokościach, zmusiły projektantów środków przeciwlotniczych do konstruowania i wdrażania takich systemów przeciwlotniczych, które będą mogły samodzielnie rozpoznawać cele powietrzne zarówno na dużych, jak i na małych wysokościach oraz skutecznie je niszczyć. Mała skuteczność artyleryjskich środków przeciwlotniczych spowodowała, iż rakiety przejęły rolę wiodącą

w walce z aparatami lotniczymi. Wymusiło to niejako zastosowanie SRL zarówno do wykrywania celów w przestrzeni powietrznej (dookrężny radar obserwacyjny) oraz do naprowadzania rakiet.

Zadania stojące przed obroną przeciwlotniczą wojsk oraz rodzaje zestawów rakietowych spowodowały ogólny podział zestawów przeciwlotniczych na trzy kategorie:

- bliskiego zasięgu do ok. 10 km
- średniego zasięgu 50 km
- dalekiego zasięgu powyżej 50 km.

W każdym z tych zestawów radiolokatory będą wykrywały obiekty powietrzne ze znacznie większych odległości, jednak ich zasięg skutecznego naprowadzania oraz parametry techniczne rakiet warunkują wymieniony podział.

Stacje radiolokacyjne rozpoznają obiekty w przestrzeni powietrznej nie tylko na potrzeby środków przeciwlotniczych (mobilnych i autonomicznych), ale także, jako systemy rozpoznania radiolokacyjnego ZO, tworząc system rozpoznania radiolokacyjnego OPL. Od szczebla armii (korpusu armijnego) wzwyż, oprócz SRL, będących autonomicznym wyposażeniem jednostek przeciwlotniczych, wykorzystywane są SRL obserwacji przestrzeni powietrznej z samodzielnego pododdziału (batalionu) radiotechnicznego. Na niższych szczeblach wyróżnia się systemy radiolokacyjne, które są integralną częścią jednostek przeciwlotniczych, jednostek artyleryjskich lub rozpoznawczych. Nie tworzą one jednak systemu rozpoznania radiolokacyjnego w ZT lub oddziale.

Systemy rozpoznania radiolokacyjnego tworzone od szczebla armii maja jedną zasadniczą wadę: nie są kompatybilne pod względem wymiany danych o sytuacji radiolokacyjnej w powietrzu, na lądzie

i w obszarze morskim z systemami Wojsk Obrony Powietrznej Kraju lub Sił Powietrznych. Nie współpracują ze sobą w ramach rozpoznania wojskowego ZO w płaszczyźnie poziomej. Oznacza to, że wymiana danych odbywa się tylko poprzez poszczególne szczeble dowodzenia, np. SD prplot - SD ZO - SD pa lub SD BPlot- SD ZO - PłSD brt OP. Dane rozpoznawcze muszą być przekazywane przez poszczególne szczeble dowodzenia , co radykalnie wydłuża czas ich obiegu.

Złożoność organizacyjna systemów przeciwlotniczych w wojskach lądowych państw wschodnich, szczególnie wyraźnie uwidacznia się w strukturach organizacyjnych i w wyposażeniu bojowym. Nie ma jednakowej organizacji jednostek OPL w armii lub korpusie armijnym. Począwszy od szczebla armii, a na batalionie kończąc, wykorzystywany sprzęt ma różną klasę i różne możliwości.

Najmniejszą formacją wojskową, w której występują jednostki OPL, jest dywizja. Na tym szczeblu można wyróżnić system rozpoznania radiolokacyjnego działający na korzyść jednostki przeciwlotniczej. Na szczeblu brygady występuje najczęściej pododdział przeciwlotniczy w sile baterii lub dywizjonu, w pułkach zmechanizowanych lub czołgów – w sile baterii, a w batalionach – sekcje przenośnych zestawów rakietowych lub karabinów maszynowych. Na tym szczeblu, jak i w ZT, nie jest tworzony system rozpoznania radiolokacyjnego działający na korzyść całej brygady, a jedynie na korzyść środków ogniowych, które wykorzystują autonomiczne SRL. Poza organicznymi SRL montowanymi w zestawach przeciwlotniczych, występują tu co prawda SRL wstępnego poszukiwania i wykrywania w bateriach dowodzenia, ale prowadzą one rozpoznanie wyłącznie na potrzeby ogniowe pododdziałów przeciwlotniczych.

Struktury organizacyjne jednostek OPL zależą od typów wykorzystywanych zestawów rakietowych. Na szczeblu armii lub korpusu, jednostki te zorganizowane są w brygady lub pułki rakiet przeciwlotniczych, ale o różnych typach zestawów rakietowych. Na przykład w jednej armii brygada może być wyposażona w zestawy SA-4 (KRUG), lub SA-11 (BUK), a w innej już tylko SA-12 (S-300W). Mogą także wystąpić na tym szczeblu zestawy SA-8 (OSA). W tych strukturach organizacyjnych, oprócz SRL wstępnego poszukiwania będących w dywizjonie dowodzenia w brygadzie, dodatkowo występuje od 1 do 2 batalionów radiotechnicznych w składzie czterech kompanii radiotechnicznych. W każdej kompanii występują po dwie stacje określające wysokość (kąt elewacji) i odległość wraz z azymutem. Tworzą one autonomiczny system rozpoznania radiolokacyjnego pracujący na potrzeby armii lub korpusu.

Ilość SRL występujących w poszczególnych typach pułków i brygad rakiet przeciwlotniczych na szczeblu armii, korpusu armijnego i dywizji SZ Rosji zawiera tabela 5.1

Od szczebla dywizji wzwyż, struktura organizacyjna pododdziałów OPL jest jednakowa. Występują tutaj pułki rakiet przeciwlotniczych SA - 8 OSA lub SA - 6 KUB. Obecnie zestawy te zastępowane są przez SA - 15 TOR. O ile w starszych zestawach rakietowych były wykorzystywane dwuwspółrzędne SRL do obserwacji przestrzeni powietrznej o stosunkowo małych możliwościach wykrywania celów, szczególnie na małych wysokościach, gdzie były bardziej narażone na zakłócenia elektroniczne, to już nowoczesne zestawy rakietowe (S - 300W, BUK - M2, TOR) charakteryzują się metodami skanowania przestrzeni powietrznej odpornymi na zakłócenia elektroniczne i znacznie

lepszymi możliwościami rozpoznawczymi. W wielu przypadkach są to już radiolokatory trójwspółrzędne, często posiadające cechy tak zwanych radiolokatorów „cichych". Przykładem takiego zestawu może być zestaw rakietowy TOR, w którym zastosowano trójwspółrzędą wielofunkcyjną SRL z anteną ścianową umożliwiającą śledzenie dwóch celów jednocześnie. Stacja ta skanuje przestrzeń powietrzną bardzo wąską wiązką typu szpilkowego (ołówkowego) przez co jest trudno wykrywalną dla urządzeń rozpoznawczych przeciwnika.

Tabela 5.1

Zestawienie ilościowe SRL w poszczególnych typach pułków i brygad przeciwlotniczych występujących na szczeblu armii, korpusu armijnego i dywizji

Szczebel organizacyjny	Przezn. SRL	brplot SA-19 Tunguska	Prplot SA-15 TOR (5 bat)	Prplot SA-8 OSA (5 bat)	BRPlot SA-6 KUB (5 bat)	Prplot SA-11 BUK-M1 (3-5 bat)	BRPlot SA-11 BUK-M1 (4 dr)	BRPlot SA-11 BUK-M2 (4 dr)	BRPlot SA-4 KRUG (3 dr)	BRPlot SA-12 S-300W (2-4 dr)
Armia	SRL wstęp. wyk.	1				3 (w bdow) 3-5	3 (w bdow) 12	3 (w bdow) 36	18	3 (w bdow) 12-24
	SRL na ZR	12				18-30	72	48		48-96
Korpus armijny	SRL wstęp. wyk.	1	2	3	8					
	SRL na ZR	12	20	20						
Dywizja	SRL wstęp. wyk.	2	2	3	8					
	SRL na ZR	12*	20*	20*						
Razem		26	23	23		26-38	88	87	18	41-79

UWAGA * – W zestawach rakietowych występuje kilka SRL montowanych na jednym pojeździe

- Niektóre ZR występują zamiennie, jeżeli występuje SA- 6 to nie występuje SA- 8 lub SA - 15 i na odwrót.

W brygadach przeciwlotniczych państw wschodnich występują dywizjony lub baterie przeciwlotnicze wyposażone w zestawy SA-9 (Strzała-1), SA-13 (Strzała-10) lub SA-19 (Tunguska). W pułkach

baterie przeciwlotnicze są wyposażone w podobne zestawy rakietowe, jak w brygadzie. Na tym szczeblu SRL w zestawach rakietowych nie występują, wyjątkiem jest zestaw Tunguska oraz najnowsza wersja zestawu S.A.-13 gdzie na szczeblu baterii może być wykorzystywany radiolokator Dog Ear do wstępnego przeszukiwania przestrzeni powietrznej i wskazywania kierunku zagrożenia ŚNP.

Duża ilość SRL występujących w poszczególnych korpusach i armiach SZ Rosji, Białorusi czy Ukrainy, powiększona dodatkowo o posterunki radiolokacyjne na bazie batalionów radiotechnicznych, podyktowana była/jest zapewnieniem ciągłej strefy informacji radiolokacyjnej na małych wysokościach (od 100m), co gwarantuje osłonę ogniową zgrupowania wojsk. Aktualnie w korpusach i armiach utrzymuje się dużą ilość systemów OPL (a tym stacji radiolokacyjnych). Są to systemy naziemne, natomiast odwrotnie jest w przypadku państw zachodnich, które rozbudowały systemy obserwacji radiolokacyjnej z powietrza. Zatem, modernizacja zestawów rakietowych w państwach wschodnich nie pociąga za sobą zmiany charakteru działania, a wręcz odwrotnie – wprowadzenie doskonalszych zestawów z nowocześniejszymi SRL (stacje 3D), zapewniającymi niezakłóconą pracę bojową, zapewnia tylko bardziej wiarygodne dane o przeciwniku powietrznym, (lądowym i morskim) przy jednoczesnym zachowaniu ich ilości.

Organizacja rozpoznania radiolokacyjnego w pododdziałach przeciwlotniczych innych państw wschodnich przedstawiają się następująco:

— w SZ Ukrainy korpus armijny posiada brygadę rakiet przeciwlotniczych o podobnych ZR jak brygada w SZ Rosji. Podobnie, jak w SZ Rosji, na szczeblu korpusu występuje batalion

radiotechniczny; a w dywizji pułk rakiet przeciwlotniczych. Brygada posiada baterię rakiet przeciwlotniczych, batalion zestaw przenośnych rakiet przeciwlotniczych. Typy ZR i SRL są takie same z uwagi iż SZ Ukrainy odziedziczyły spuściznę OPL po byłej armii radzieckiej;

— w SZ Białorusi korpus zmechanizowany posiada brygadę rakiet przeciwlotniczych o różnych ZR. Podobnie, jak w SZ Ukrainy, SZ Białorusi odziedziczyły określone ilości sprzętu i z niego stworzono trzy brygady OPL wojsk lądowych oraz bataliony radiotechniczne. Brygada zmechanizowana posiada grupę przeciwlotniczą składającą się z pięciu baterii przeciwlotniczych SA-8 (OSA), baterii przeciwlotniczej SA-19 (Tunguska) i baterii rakiet przeciwlotniczych SA-16 (Igła). Batalion wyposażony jest w zestaw przenośnych rakiet przeciwlotniczych. Nowsze zestawy rakietowe typu S-300, S.A.-11 włączono w system OP kraju i nie podlegają one wojskom lądowym.

5.1. Sytuacja radiolokacyjna

Stacje radiolokacyjne obserwacji przestrzeni powietrznej oraz kierowania rakietami stanowią integralny element systemów obrony przeciwlotniczej, mający zapewnić bezpieczeństwo własnego lotnictwa, skuteczną osłonę obiektów przed atakami z powietrza oraz pełne wykorzystanie technicznych możliwości środków rakietowych. Ich usytuowanie jest od kilku do kilkunastu kilometrów od linii styczności bojowej wojsk. Ten rodzaj stacji pracuje w wielu podzakresach częstotliwości należących do pasma dcm, cm, mm i w małej części metrowego..

Stacje radiolokacyjne tworzą złożone systemy radiolokacyjne. Dokładne dokonanie analizy strukturalnej i ilościowej SRL

w ugrupowaniu bojowym przeciwnika, ze względu na zakres częstotliwości wykorzystywanych na poszczególnych szczeblach organizacyjnych przez te urządzenia oraz duże zróżnicowanie sprzętowe i organizacyjne jednostek przeciwlotniczych, jest trudne do scharakteryzowania. Niemniej jednak można dokonać dość ogólnego podziału w pierwszej kolejności ze względu na wykorzystywane pasma częstotliwości, który przedstawia się następująco:

- SRL obserwacji pola walki (pracują w pasmach I, J, K i M.);
- SRL OPL kierowania ogniem (pracują w pasmach G, H, J i K);
- SRL OPL obserwacji przestrzeni powietrznej (pracują w pasmach C,D,E, i F);
- SRL OP (wykorzystują pasma B, C, D i E);
- SRL montowane w śmigłowcach i samolotach (wykorzystują pasmo I i J);
- SRL tzw. „obrony indywidualnej"[1] montowane min. na czołgach (wykorzystują pasmo L i M).

Pasma B, C i D wykorzystywane są przede wszystkim przez SRL obrony powietrznej. Wykorzystywanie zakresu fal metrowych (pasmo B) przez SRL OP podyktowane jest możliwościami wykrywania samolotów budowanych w technologii stealth, mimo że rozróżnialność na wskaźnikach radiolokacyjnych jest bardzo mała.

Wyższe pasma D i E to pasma podstawowe dla systemów OP. Stacje radiolokacyjne pracujące w tych zakresach charakteryzują się większą rozróżnialnością obiektów w elewacji i azymucie, większą mocą sygnału w impulsie, różnymi rodzajami pracy, różnymi modulacjami i możliwościami przeszukiwania przestrzeni powietrznej.

[1] Stacje radiolokacyjne o małym zasięgu prowadzonego rozpoznania ale o bardzo dużej rozróżnialności. Potrafią wykryć pociski artyleryjskie z odległości 1,5 do 3 km.

Systemy przeciwlotnicze wojsk pracują w zakresach pasm E, F, G, H, J i ostatnio także K. Pasma E i F wykorzystywane są przede wszystkim do obserwacji przestrzeni powietrznej, natomiast stacje radiolokacyjne przeznaczone do naprowadzania pocisków często wykorzystują pasma G i H lub pasmo K (zestaw rakietowy TOR).

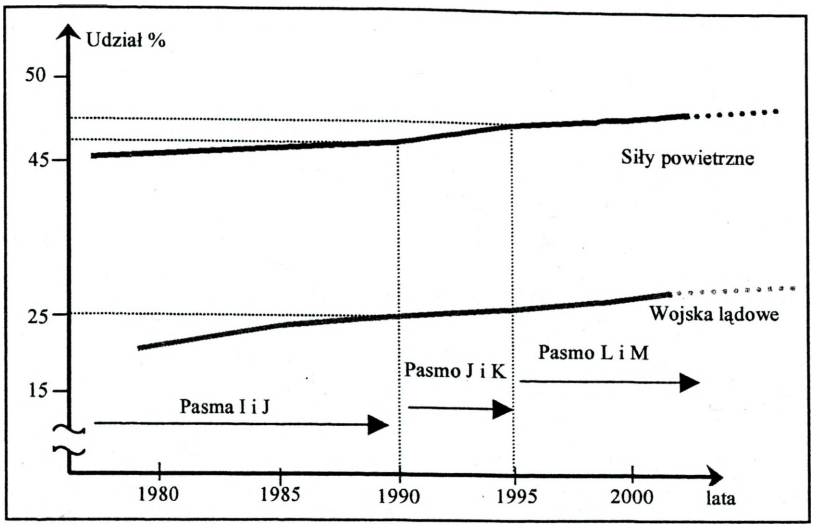
ZSU-23-4	1RL33							cm				
2S6	1RL144										SSC	
Pancyr	1RL144							cm			SSC	
SA-8									RSWW		SSC	
SA-6	1S11M1							SWC				
	1S31M1								SSC			
S.A.-15	1RL144			stary					Nowy			SSC
S.A.-11	9S35							cm				
S.A.-4	1S32								SSC			
SA-12	9S15M1							cm				
	9S19M2							cm				
	9S32							cm				
Pasmo częstotliwości		A 100-250 MHz	B 250-500 MHz	C 0,5-1 GHz	D 1-2 GHz	E 2-3 GHz	F 3-4 GHz	G 4-6 GHz	H 6-8 GHz	I 8-10 GHz	J 10-20 GHz	K 20-40 GHz

Rys. 5.1. Graficzna interpretacja zajętości pasm częstotliwości przez poszczególne rodzaje SRL w zestawach artyleryjskich i rakietowych.

Przedstawiony podział zakresów częstotliwości obdarzony jest pewną umownością bowiem przyporządkowanie dokładne poszczególnym szczeblom organizacyjnym wykorzystującym urządzenia mikrofalowe jest bardzo kłopotliwe z uwagi na skrytość publikowania zakresów pracy poszczególnych SRL, które mogą stać się potencjalnym celem zakłóceń elektronicznych.

Badania wykazały, że nie tylko urządzenia radiolokacyjne, wykorzystują coraz wyższe zakresy częstotliwości radiowych (mikrofalowych). Tendencja ta wiąże się ze wzrostem nasycenia wojsk środkami radiolokacyjnymi, mikrofalowymi łączami radioliniowymi, rozwojem nowoczesnych technologii, oraz z zapotrzebowaniem na nowe, niezakłócone i niezajęte pasma częstotliwości radiowych. Potwierdzeniem owych tendencji może być procentowe wykorzystanie

wyższych zakresów częstotliwości (rys. 5.2.) w siłach powietrznych i wojskach lądowych.



Rys. 5.2. Procentowy udział wykorzystania wyższych pasm częstotliwości przez urządzenia radiolokacyjne i radioliniowe.

Badania prowadzone m.in. przez Wojskową Akademię Techniczną wykazały, że dostęp do wyższych pasm częstotliwości umożliwiają technologie oparte na półprzewodnikach (na bazie arsenku galu), charakteryzujące się bardzo małym współczynnikiem szumów w pasmach milimetrowych.

W nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje pracy: na fali ciągłej lub impulsową. Zastosowana nowoczesna technika ma swoje odzwierciedlenie w stosowanych rodzajach modulacji. W sygnałach radiolokacyjnych, do kształtowania struktury sygnału wykorzystuje się trzy rodzaje modulacji: amplitudową, częstotliwościową i fazową.

Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem modulacji są modulacje częstotliwościowe i fazowe. W nowszych rozwiązaniach modulacje czasu trwania impulsów (układy koherentne, kompresyjne),

natomiast najnowsze osiągnięcia to modulacje cyfrowe (impulsowo kodowe).

W pasie działania ZT[2] prawdopodobna liczba wszystkich urządzeń emitujących fale elektromagnetyczne mieści się w granicach od 1000 do 1300 z czego ok. 940 pracuje w paśmie do 500 MHz, 40 w paśmie 0,5÷2 GHz, 60 w paśmie 2÷4 GHz, 50 w paśmie 4÷8 GHz, 80 w paśmie 8÷10 GHz i 130 w paśmie 10÷40 GHz.[3] Oczywiście nie wszystkie będą pracowały w jednym czasie, jednak wykrycie około 20% środków daje wyobrażenie o ugrupowaniu środków przeciwnika.

Tabela 5.2

Stacje radiolokacyjne OPL na szczeblu ZT

Typ zestawu	Rosja (jednostka typu 92)				Białoruś		
	pz	pcz	prplot	DZ	Bz	Gr plot	BZ
ZSU-23-4	2x4	4	12[5]	12	-	-	-
S.A.-19 2S6 Tunguska	2x6[1]	6[1]	12[1]	30[1]	-	6	6
SRL wstęp. wyk.	2x1[4]	1[4]	1	4	-	1	1
S.A.-6 lub S.A.-8			20	20	-	20	20
SRL wstęp. wyk.			3[3]	3	-	3	3
S.A.-15 TOR			20[2]	20[2]	-	-	-
SRL wstęp. wyk.			2	2	-	-	-

UWAGA * – W niektórych zestawach przeciwlotniczych (OSA, TOR) występuje kilka SRL na jednym pojeździe dlatego ogólna liczba może być większa.

[1)] – Zastępuje ZSU-23-4 i SA-9/13 w prplot Osa lub Kub. Dla osłony pułków wyposażonych w ZR TOR , przewidywana ilość to 6.

[2)] – Zastępuje SA-6 lub SA-8

[3)] – W prplot typu SA-6 jest 5 SRL wykrywania i naprowadzania i 3 w b.dow.

[4)] – SRL autonomiczna lub pracująca na korzyść zestawu z prplot (Dog Ear).

[5)] – Występuje zamienne z SA-9/13.

Przybliżone nasycenie stacjami radiolokacyjnymi pasa rozpoznania ZT z uwzględnieniem różnych struktur organizacyjnych

[2] Założono następujące rozmiary pasa rozpoznania ZT: szerokość 30 km; głębokość 40 km w głąb przeciwnika. Daje to powierzchnię 1200 km^2.

[3] Zob. Schleher D.C.: Introduction to Electronic Warfare. Artech House, New York, 1986 r.

pododdziałów przeciwlotniczych[4] przedstawione są w tabelach 5.2, 5.3, 5.4. natomiast graficznie ilustruje to rys 5.3.

Tabela 5.3.

Stacje radiolokacyjne OPL występujące na szczeblu operacyjnym

Typ zestawu	Rosja							Białoruś		
	BZ	B Panc	Prplot 3-5 bat	KA	DZ	BRPlot 4 dr po 3 bat	A	BZ	BRPlot	KA
ZSU-23-4	2x4	2x4	12	28	36	24	132	-	56-84[4]	56-84
S.A.-19 2S6 Tunguska	2x4[1]	2x4[1]	12[1]	28	30[3]	16[1]	106[1]	3x6	48[5]	66
SRL wstęp. wyk.	2x1[2]	2x1[2]	1	5	12[2]	4	16	3x1[2]	8[2]	11
SA-6, lub SA-8			-		20	24[3]	84[3]	3x20	24[6]	86
SRL wstęp. wyk.			-		3	3	12	3x3	9[7]	18
S.A.-15			20[8]	20	20		20			
SRL wstęp. Wyk.			2	2	2		2			
SA-11 BUK-M1 3-5 bat			18-30	18-30	-			-	-	-
SRL wstęp. wyk.			5-7	5-7	-			-	-	-
S.A.-11 BUK-M1 4dr po 3 bat						76	76			
SRL wstęp. wyk.						15	15			
S.A.-11 BUK-M2 4dr po 3 bat						48	48			
SRL wstęp. wyk.						39	39			
SA-4 KRUG 3 dr										
SRL wstęp wyk.						18	18			
SA-12,S-300W 2-4 dr						48-96	48-96			
SRL wstęp wyk.						15-27	15-27			

[1] – Zastępuje ZSU-23-4 lub SA-9/13 (SA-13 możne wykorzystywać SRL Dog Ear będącą w składzie baterii przeciwlotniczej).
[2] – SRL autonomiczna lub pracująca na korzyść zestawu.
[3] – prplot SA-6/8 oraz pz/pcz mogą być osłaniane przez ZSU-23-4, SA-9/13, SA-19.
[4] - W 302 BRPlot występuje 14 baterii plot w składzie od 4 do 6 zestawów ZSU-23-4.
[5] - W 740 BRPlot występuje 8 baterii plot Tunguska w składzie po 4 zestawy.
[6] - W 62 BRplot występuje 24 baterii plot S.A.-8 w składzie po 4 zestawy.
[7] – Mogą być wykorzystywane SRL autonomiczne brygady lub informacja może pochodzić z batalionu radiotechnicznego.
[8] - Występuje zamiennie z SA-11.

[4] Założono iż .armia składa się z 3 ZT i BRPlot, KA z 4 brygad i prplot; dywizja składa się z 2 pułków zmechanizowanych i jednego czołgów oraz prplot, brygada z 4 batalionów w których są baterie plot. W SZ Rosji struktury organizacyjne są bardzo różne i np. na szczeblu KA może także wystąpić BRPlot.

Ogólną ilość stacji radiolokacyjnych w pasie rozpoznania ZT, przedstawiono w tabeli 5.4. Podział procentowy przypadający na każde 5 km głębokości ugrupowania nacierającego przeciwnika zilustrowano na rys 5.3 i 5.4.

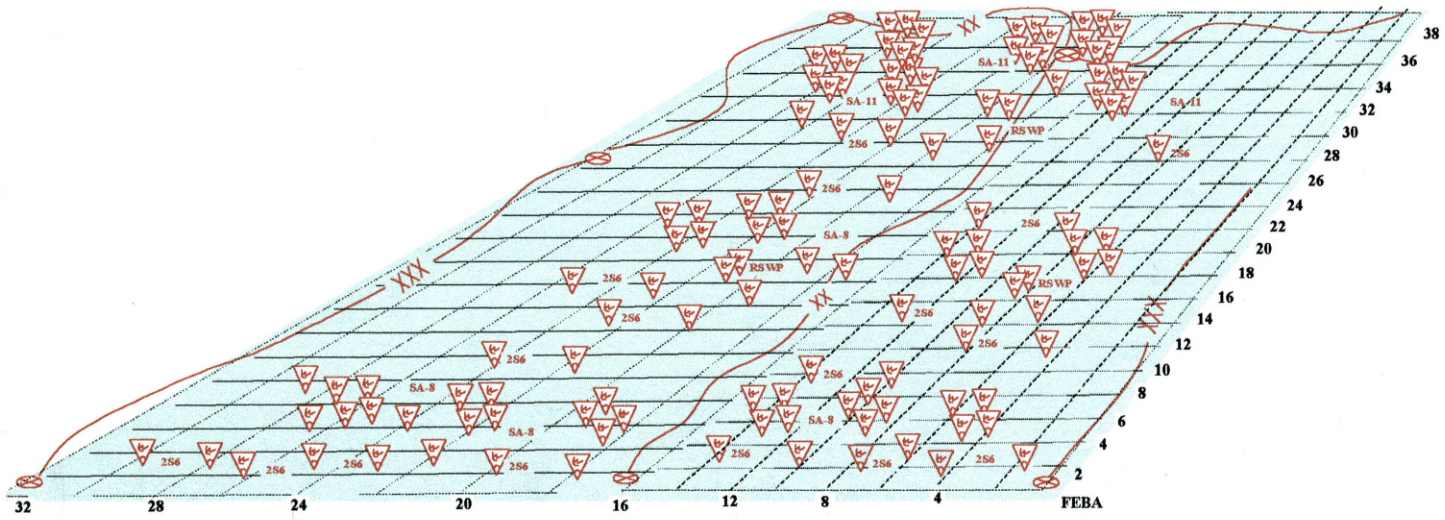
Tabela.5.4.

Ilość SRL OPL występujących w pasie rozpoznania ZT przypadających na 5 km[5] głębokości prowadzonego rozpoznania

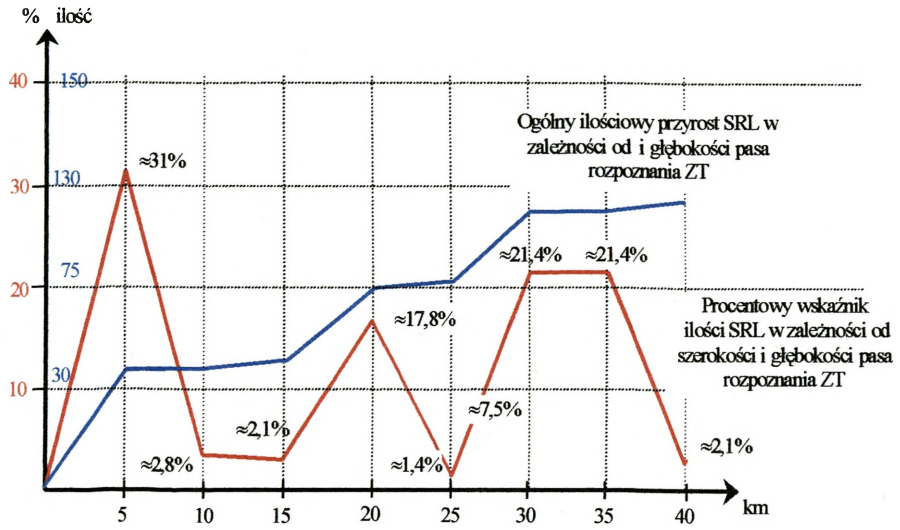
	0 –5 km	5 –10 km	10 – 15 km	15 – 20 km	20 – 25 km	25 – 30 km	30 – 35 km	35 – 40 km	Razem
SRL z ZR 2S6 na szczeblu ZT	16	4		8	2	3	3		36
SRL z ZR S.A.-8 na szczeblu ZT	24			16					40
SRL z ZR SA-11 na szczeblu ZO						18	18		36
SRL wstępnego poszukiwania	3		3	1		9	9	3	28
Razem	43	4	3	25	2	30	30	3	140
%	31	2,8	2,1	17,8	1,4	21,4	21,4	2,1	

Z danych przedstawionych w tabelach i na wykresie jednoznacznie wynika, iż największe nasycenie SRL występuje pomiędzy rubieżą styczności bojowej wojsk a głębokością do 5 km, oraz pomiędzy 15 a 20km. W tych pasach rozmieszczane są przede wszystkim SRL jednostek dywizyjnych. Natomiast od 25 km do 35 km i dalej rozmieszcza się SRL przełożonego (armijnych jednostek OPL).

[5] Założono, że pas rozpoznania ZT wynosi ok. 1200 km^2 i w tym pasie rozmieszczona jest część armii wojsk lądowych SZ Rosji. W tabeli nie uwzględniono SRL jednostek OP występujących w wycinku tego obszaru walki oraz ze względu na zmienność sytuacji powietrznej nie uwzględniono SRL montowanych w samolotach lub śmigłowcach.



Rys. 5.3 Schematyczne ugrupowanie SRL w pasie natarcia I rzutowych ZT armii Rosyjskiej i Ukraińskiej



Rys 5.4. Przyrost ilości SRL OPL występujących w ugrupowaniu przeciwnika w zależności od głębokości i szerokości pasa rozpoznania ZT. Procentowe nasycenie SRL na każde 5 km głębokości ugrupowania nacierającego przeciwnika (armia w I rzucie 2 ZT).

Z początkiem lat 80. większość państw rozpoczęła wymianę SRL budowanych w oparciu o analogowe układy przetwarzania danych na stacje wykorzystujące technikę cyfrowej obróbki i przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych. Rozpoczęto także sukcesywną wymianę anten parabolicznych na tzw. ścianowe, których najnowszym przedstawicielem jest antena ścianowa z przesuwnikami fazowymi.

Aby sprostać wymaganiom współczesnego pola walki, do wojsk wprowadzono SRL oparte na nowych zasadach działania tj.: kompresji impulsów, modulacji wewnątrzimpulsowej, pracy wieloczęstotliwościowej, trójwspółrzędnym pomiarze położenia celów, elektronicznym kształtowaniu i sterowaniu wiązką antenową, adaptacyjnym rodzaju pracy układów przeciwzakłóceniowych. Nowe rozwiązania spowodowały opracowanie jakościowo nowych nadajników, anten, układów obróbki sygnałów, wskaźników

zobrazowania oraz powszechne zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej.

Stacje te ze względu na budowę modułową zapewniają odpowiednie cechy operatywności, wielofunkcyjności, mobilności, żywotności systemów, niewielką podatność na uszkodzenia i kompatybilność elektromagnetyczną.

Zasadniczym wymogiem, jaki powinny spełniać nowe stacje, był duży zasięg wykrywania i naprowadzania, odpowiadający możliwościom współczesnego uzbrojenia, oraz zmniejszenie mocy promieniowania listków bocznych. Wydłużenie zasięgu wykrywania uzyskano poprzez wzrost mocy promieniowania i zwiększenie rozmiarów anteny oraz dzięki wykorzystaniu impulsowo-dopplerowskiego rodzaju pracy z koherentnym opracowaniem sygnałów i wysoką częstotliwością powtarzania impulsów. Tego typu rozwiązania stosowali przede wszystkim specjaliści rosyjscy. Natomiast specjaliści z państw zachodnich jednocześnie zastosowali anteny z syntetyzowaną aperturą, procesory do cyfrowej obróbki sygnału, nowe technologie półprzewodnikowe, co w konsekwencji pozwoliło na uzyskanie rozróżnialności rzędu 10 – 30 cm, małych mocy promieniowania rzędu watów i redukcji listków bocznych prawie do zera. Jednocześnie zachowano pożądaną odległość wykrywania.

Z analizy naziemnych SRL wynika, że urządzenia o mocy promieniowania do 2 MW znajdują się na wyposażeniu jednostek obrony powietrznej w posterunkach radiolokacyjnych. Są to przede wszystkim stacje starszego typu, natomiast w najnowszych SRL moc promieniowania energii EM zmniejszyła się nawet do kilkunastu watów (9S19M2). Prowadzą one rozpoznanie celów powietrznych na

odległościach od ok. 50 km do 300 km przy wysokości lotu celu ok.10 km, a nawet 70 km dla rakiet balistycznych..

Czas rozpoznania przez SRL zależy od charakteru prowadzonych działań bojowych oraz liczby środków radiolokacyjnych w ugrupowaniu przeciwnika. Nie wszystkie SRL pracują jednocześnie, szczególnie w działaniach obronnych. Część z nich może pracować na ekwiwalent[6]. Mogą być także dyżurne SRL do prowadzenia rozpoznania, a pozostałe włączane dopiero w chwilach krytycznych działań bojowych.

W pasie rozpoznania ZT wystąpią więc wszystkie typy SRL, a możliwość ich wykrycia i zidentyfikowania uzależniona będzie od ilości pracujących stacji, czasu, intensywności pracy i charakteru tych urządzeń oraz możliwości bojowo-rozpoznawczych własnych systemów rozpoznania elektronicznego.

5.2. Charakterystyka i przeznaczenie radiolokatorów przeciwlotniczych wykorzystywanych w zestawach rakietowych.

5.2.1. Stacja radiolokacyjna samobieżnego zestawu przeciwlotniczego ZSU-23-4 SZYŁKA

Samobieżny zestaw przeciwlotniczy ZSU-23-4 Szyłka przeznaczony jest do zwalczania celów powietrznych na małych wysokościach od 100 m do 1500 m, poruszających się z prędkościami do 450 m/s i odległościach do 2500m. Może również razić cele naziemne na odległościach do 2000 m. Osłania on obiekty punktowe, kolumny wojsk (w marszu i na postoju) oraz pododdziały poruszające

[6] Jest to praca ze sztucznym obciążeniem, np. w celu maskowania SRL. W każdej jednak chwili można zdjąć sztuczne obciążenie i rozpocząć pracę bojową.

się w szykach bojowych na polu walki, przed atakami z powietrza. Opracowany był na początku lat 60. Po raz pierwszy zaprezentowany publicznie na defiladzie w Moskwie w listopadzie 1965 r.

Zestaw posiada cztery, 23 mm sprzężone armaty automatyczne (samoczynne) AZP-23, system kierowania ogniem składający się ze stacji radiolokacyjnej wykrywania i śledzenia oraz podwozia gąsienicowego transportera opancerzonego GM-575.

System kierowania ogniem oprócz SRL wykrywania i śledzenia składa się z przelicznika służącego do rozwiązywania zadania spotkania pocisku z celem, celownika optycznego do śledzenia celów w warunkach awaryjnych oraz układu stabilizacji anteny i linii strzału armat, umożliwiającego prowadzenie ognia podczas jazdy.

Stacja radiolokacyjna 1RL33 będąca w składzie zestawu radiolokacyjno-przelicznikowego ZRP-2 , przeznaczona jest do:

- automatycznego śledzenia wybranego do zniszczenia celu;
- ręcznego poszukiwanie celu powietrznego;
- automatycznego poszukiwania celów powietrznych w wybranym sektorze przestrzeni powietrznej;

Antena stacji kształtuje wiązkę promieniowania energii elektromagnetycznej w postaci „cygara" o szerokości 1,5° w obu płaszczyznach. Można ją dowolnie kierować w przestrzeni powietrznej. Zobrazowanie sytuacji powietrznej odzwierciedlane jest na wskaźniku typu P i A. Zakres pomiaru odległości na wskaźniku typu P wynosi 0-15 lub 0-20 km. Na wskaźniku typu A na zgrubnej podstawie czasu jest taki sam jak na wskaźniku typu P, a na dokładnej – 1km dla wybranego ze zgrubnej podstawy czasu odcinka.[7]

---

[7] Ppłk dypl. K. Bęben, Zasady prowadzenia walki ze śmigłowcami i mieszanymi taktycznymi grupami lotniczymi nieprzyjaciela przez wojska OPL (Rozprawa doktorska), Warszawa 1984, s.95.

Stacja ta jest stosunkowo odporna na zakłócenia. Jej dane taktyczno - techniczne przedstawione są w tabeli nr 5.5.

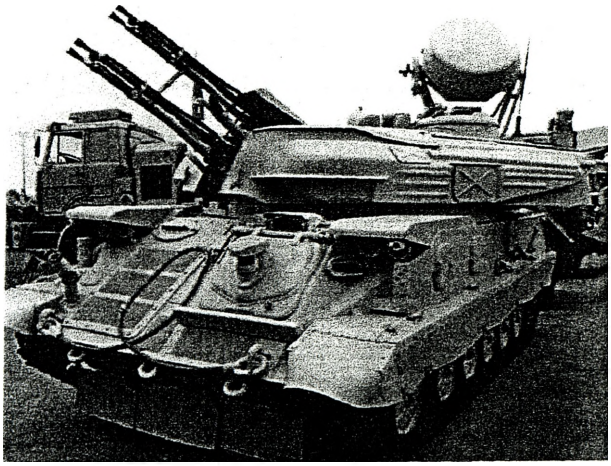
Tabela 5.5.

Dane taktyczo-technicze stacji radiolokacyjnej zestawu ZSU-23-4

Typ SRL	Warunki stanowiska pracy			Współ. wyk. Horyzontu radiowego	Czas ti. [μs]	Dokładność określania		Szerokość charaktery		Długość fali
	Dopuszczalny Kąt zakrycia	Dopuszczalny kąt nachylenia	Min. odl. od przeszkody			Odległości	Azymutu	W pionie	W poziomie	
1RL33	10-15'	0,5°	600-800m	0,58	0,25	10 m	0-02°	1,5°	1,5°	cm

Sterowanie zestawem przeciwlotniczym odbywa się poprzez radiostację R-123M lub telefon.

W toku produkcji broń była wielokrotnie modernizowana; m.in. w 1977 r. do uzbrojenia państw byłego ZSRR wprowadzono wersję ZSU-23-4M, w której zmieniono system kierowania ogniem. Zastosowano cyfrowy układ przeliczający, urządzenia ostrzegania o opromieniowaniu wiązką laserową (Obra), zestaw optoelektroniczny z kamerą termowizyjną do wykrywania i śledzenia celów powietrznych, stację radiolokacyjną, układ wentylacji oraz osłonę armat.



Rys. 5.5. Zmodernizowany zestaw ZSU-23-4M

Aktualnie propozycję modernizacji ZSU-23-4 przedstawiły Zakłady Remontowe w Kijowie (Ukraina), firma Minotor-Service i firma Peleng z Mińska (Białoruś) oraz Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Sprzętu Mechanicznego z Tarnowa (Polska)[8]. O ofertę modernizacji Szyłek ubiegają się także firmy szwajcarskie i chińskie. Prawie wszystkie firmy pragną modernizować układy wykrywania i kierowania ogniem. Modernizacja polegać ma na poprawie parametrów taktyczno - technicznych SRL lub zastąpieniu jej nową. Oprócz STL modernizacji podlegać ma także urządzenie optoelektroniczne wykrywania i kierowania ogniem.

5.2.2. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego 2S6 TUNGUSKA

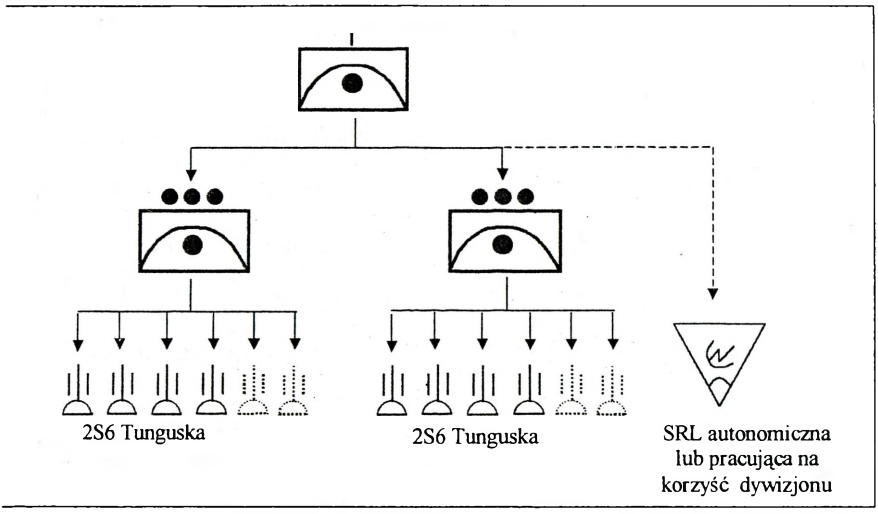
Siła i skuteczność środków przeciwlotniczych rosyjskich jednostek pancernych i zmechanizowanych w latach 70. była duża, mimo to pod koniec lat 70. przystąpiono do opracowana następcy ZSU-23-4. Stwierdzono bowiem, że ŚNP stają się coraz bardzie odporne na trafienia pocisków z armat 23 mm i wyposażane są w pociski rakietowe odpalane spoza strefy rażenia zestawu Szyłka. W wyniku tych prac powstał przeciwlotniczy samobieżny zestaw rakietowo-artyleryjski 2S6 Tunguska. Od 1988 roku rozpoczęto wprowadzanie tej broni do jednostek bojowych, w pierwszej kolejności do ZT w byłej NRD, a następnie do dywizji stacjonujących w Obwodzie Kaliningradzkim, Białorusi i Ukrainie.

Samobieżny przeciwlotniczy zestaw rakietowo-artyleryjski 2S6 Tunguska (SA-19 GRISON) przeznaczony jest do zwalczania ŚNP i celów naziemnych z postoju i w ruchu (przy prędkości do 35 km/h) oraz

[8] Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, WITU, Warszawa 2000, Z-74, s.98-99.

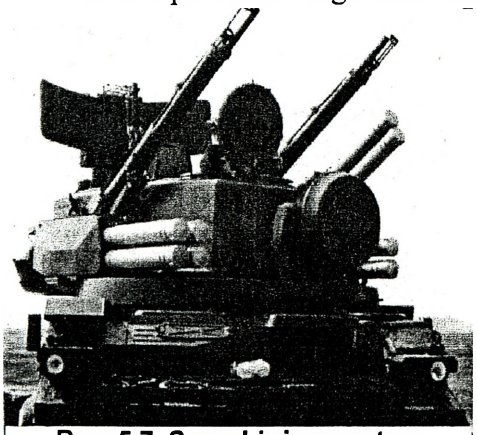
z krótkich przystanków. Głównym zadaniem systemu jest osłona ugrupowania bojowego oddziałów (pz, pcz) przed nisko lecącymi celami powietrznymi (śmigłowcami, BŚR), pociskami manewrującymi, lekko opancerzonymi pojazdami oraz siłą żywą.

Zestaw Tunguska występuje w bateriach przeciwlotniczych pułków (brygad) zmechanizowanych i pancernych. Broń ta zastępuje w bateriach przeciwlotniczych zarówno zestawy przeciwlotnicze ZSU-23-4, jak i rakietowe zestawy przeciwlotnicze Strzała-1, Strzała-10.



Rys. 5.6. Struktura baterii przeciwlotniczej na szczeblu pułku i brygady

Skład podstawowego zestawu Tunguska jest następujący:



Rys. 5.7. Samobieżny zestaw przeciwlotniczy 2S6 Tunguska

- podwozie gąsienicowe GM-352M;
- wieżyczka 2A40M z zespołem aparatury radiolokacyjnej, celownikiem optycznym 1 A29M, dwoma podwójnie sprzężonymi armatami przeciwlotniczymi 2A38M

kalibru 30 mm i dwoma czteroprowadnicowymi wyrzutniami pocisków rakietowych 9M311.

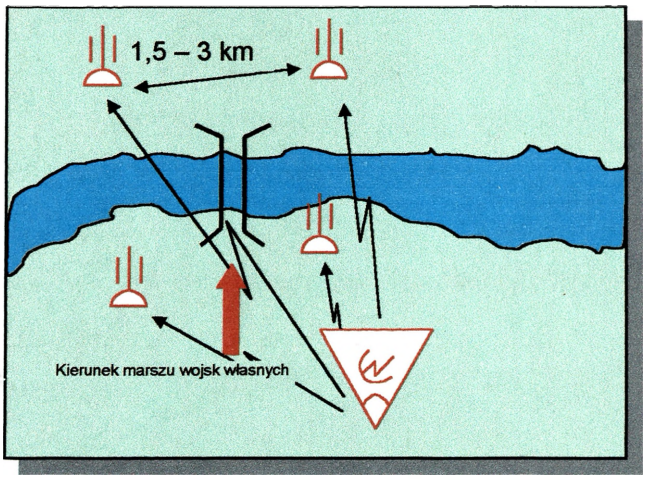
O skuteczności systemu decyduje nie siła ognia, ale jego systemy rozpoznawcze i śledzenia celów. Dlatego w zestawie zastosowano specjalny system radarowy do wykrywania celów nisko lecących (15 m), przeszukujący przestrzeń do minimalnego kąta elewacji +1°, ze względu na tłumiące właściwości gruntu. Jeśli cel zostanie wykryty w odległości mniejszej niż 8 km to może być automatycznie śledzony przez system radarowy w przedniej części wieży.

Naprowadzanie na cel odbywa się przede wszystkim przy wykorzystaniu sygnałów radiowych i komputera pokładowego. Operator radarów obserwuje trzy konsole, służące do kontroli śledzenia celu, określania namiarów kątowych i wyznaczenia stref otwarcia ognia. Może on sam decydować o sposobie śledzenia i wyborze systemu ognia lub zdać się na sugestie systemu komputerowego. Ostateczna decyzja spoczywa jednak w ręku dowódcy systemu, który obserwując cel na wskaźniku, wybiera właściwą broń do zwalczania celu: rakiety lub działka.

System radiolokacyjny typu 1RL-144M składa się z: stacji radiolokacyjnej podświetlającej cele, pracującej w paśmie E (2-3GHZ) o zasięgu 18km oraz stacji automatycznego śledzenia pracującej w paśmie J o zasięgu 13 km. Anteny obu stacji zamontowano na obrotowej wieży pojazdu.

Zestaw wyposażony jest w system zapytująco-odzewowy oznaczony według rosyjskiej nomenklatury jako 1RL-138, zintegrowany ze stacjami radiolokacyjnymi, urządzeniem transmisji komend naprowadzania pracującym w paśmie 10-20 MHz oraz

układem nawigacji i dowiązania terenowego. Dane o celach powietrznych. Do zestawu Tunguska dostarczane są dane także z innych źródeł, m.in. ze SRL obserwacji okrężnej o większym zasięgu (może to być stacja autonomiczna baterii). Dane mogą być wówczas przekazywane automatycznie do każdego wozu bojowego za pośrednictwem łącza cyfrowego. Przykładowe ugrupowanie w osłonie przeprawy na rzece przedstawia rysunek 5.8.



Rys. 5.8. Przykładowe ugrupowanie 2S6 Tunguska w osłonie przeprawy z możliwością automatycznego odbioru danych o celach ze SRL obserwacji okrężnej.

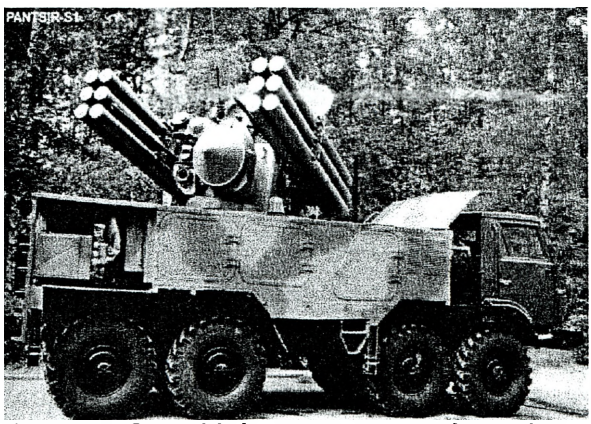
Inną istotną cechą rakiet 9M311, zastosowanych w tym zestawie, przeznaczonych do zwalczania celów powietrznych w odległości 2500-8000 m i wysokości 15-3000 m, jest możliwość zainstalowania aktywnych radiolokatorów (o średnicy 20 cm i masie 14,5 kg), dzięki czemu można zastosować technikę „odpal i zapomnij"[9] co podnosi znacznie skuteczność zestawu.

[9] Nowa Technika Wojskowa nr 5/92, s. 13.

5.2.3. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego 96K6 PANCYR

Kryzys finansowy końca XX wieku w Rosji spowodował ograniczenia w zakupie sprzętu bojowego. Zestawy przeciwlotnicze 2S6M okazały się zbyt kosztowne dla SZ Rosji i dlatego zdecydowano się aby zespół konstrukcyjny z Biura Konstrukcyjnego KBP w Tule opracował zestaw przeciwlotniczy o walorach bojowych przewyższających ZR Tunguzkę, a jednocześnie o niższych kosztach produkcji i eksploatacji.[10]

Konstruktorzy rosyjscy zdecydowali się zrezygnować z podwozia gąsienicowego na rzecz kołowego. Moduł bojowy zaprojektowano w taki sposób, aby mógł być montowany na dowolnym podwoziu kołowym lub na platformie ciągnionej (po drobnych zmianach konstrukcyjnych istnieje możliwość montażu na podwoziu gąsienicowym.



Rys. 5.9. Samobieżny zestaw przeciwlotniczy PANCYR

Zestaw Pancyr ma służyć do ochrony obiektów w głębi ugrupowania bojowego ZT lub ZO, dlatego nie jest opancerzony. Nie przewiduje się jego użycia na pierwszej linii. Na zapleczu ma ochraniać obiekty przed atakami samolotów, śmigłowców i bezpilotowych statków powietrznych.

Uzbrojenie Pancyra przypomina 2S6M. Posiada dwa jednolufowe działka kalibru 30 mm typu 2A72 oraz opracowane - na

[10] Wojskowy Przegląd Zagraniczny, 1994, s. 116-118.

bazie rakiet z Tunguski -rakiety 9M335. Rakiety mają zmienioną głowicę bojową o masie 80% większą od Tunguski i wyposażone są w zapalnik zbliżeniowy. Prawdopodobieństwo trafienia celu pociskiem rakietowym jest nie mniejsze niż 0,8[11].

Do obserwacji okrężnej i wykrywania celów służy radiolokator zakresu centymetrowego z obrotową anteną, znacznie nowocześniejszy w stosunku do Tunguski. Pracuje w zakresie obserwacji 360°x60°, ma większy zasięg, zwiększoną rozdzielczość oraz odporność na zakłócenia.

Obiekt o skutecznej powierzchni odbicia około 1 m^2 może wykrywać z odległości 25 km, a cel sto razy mniejszy (0,01 m^2) z odległości 15 km. Maksymalna ilość śledzonych celów 12. Stacja wstępnego wykrywania określa zgrubnie kąt położenia celu w elewacji z dokładnością pomiaru wystarczającą do uchwycenia celu przez radar naprowadzania. Według konstruktorów zastosowane rozwiązania sprawiają, że radiolokator Pancyra ma właściwości stacji quasi-trójwspółrzędnej, a po planowanym zastąpieniu klasycznej anteny przez ścianową z siecią przesuwników fazowych, parametry stacji będą jeszcze wyższe. Analiza przydatności w działaniu zestawów naprowadzanych radiolokacyjnie (np. Szyłka) wykazała, że współczesne samoloty używały przeciw nim pocisków przeciwradiolokacyjnych, zmuszając załogi do rezygnowania ze śledzenia celów radiolokatorem, przez co znacznie obniżały skuteczność zestawu. Ponadto niezależnie od urządzeń radarowych każdy niemal samolot i śmigłowiec dysponuje różnorodnymi urządzeniami walki radioelektronicznej. W związku z tym zestaw ten

[11] R. Kuriata, Obrona przeciwlotnicza Rosji, Białorusi, Ukrainy i Niemiec, AON, Warszaw 1998, s. 97.

został wyposażony w odporne na zakłócenia radioelektroniczne urządzenia optoelektroniczne. System rozpoznania Pancyra składa się z następujących elementów:

- radaru pracującego w zakresie centymetrowym;
- radiolokatora pracującego w zakresie milimetrowym;
- kamery światła szczątkowego;
- termowizora 1TPP1:
  - kąt pola widzenia wiązki/szeroki – $1,8^{o} \div 2,7^{o}$;
  - odległość wykrycia – 17 km;
  - czas przygotowania – 120 s;
  - czas ciągłej pracy – 12 h;
  - dopuszczalny kąt na słońce – 6^{o}.

Po wykryciu celu przez radiolokator (zestawu) lub przekazaniu danych o jego położeniu przez stanowisko dowodzenia, śledzenie przejmuje radiolokator (pracujący w zakresie milimetrowym) i kompleks optoelektroniczny (kamera światła szczątkowego i termowizor).

W przypadku równoczesnego pojawienia się wielu celów, pokładowy komputer zestawu wybiera do śledzenia pozycje „najgroźniejsze", a proces określenia ich parametrów lotu i samo śledzenie odbywają się automatycznie. W przypadku występowania bardzo silnych zakłóceń radioelektronicznych możliwe jest prowadzenie sektorowej obserwacji przestrzeni powietrznej (maksymalny kąt elewacji 87^{o}) i wstępne wykrywanie celów tylko za pomocą urządzeń optoelektronicznych, przez co zapewniona jest skrytość działania zestawu.

Za pomocą termowizora operator obserwuje przestrzeń w zakresie $1,8^{o}$ x $2,7^{o}$ i określa parametry celu z dokładnością do 0,05 miliradiana (czyli ok. 5cm na 1km odległości).

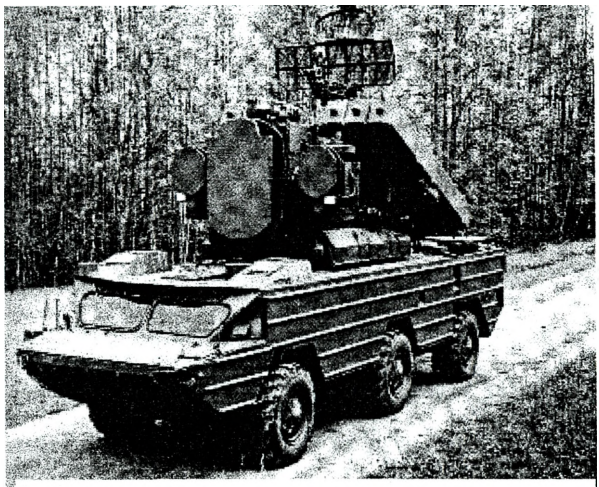
Zestaw Pancyr-S1 ma możliwość rażenia dwóch celów jednocześnie pod warunkiem, że znajdują się one w polu widzenia obu systemów śledzących – blok optoelektroniczny ma ograniczone pole widzenia w zakresie około ±40° względem osi obserwacji systemu radiolokacyjnego. Gdy oba cele mieszczą się w polu widzenia obu bloków, procedura działania zestawu jest następująca. Po wykryciu celów i ustaleniu parametrów lotu, automatycznie jest określany ich priorytet. Decyzje o kolejności rażenia celów może jeszcze korygować operator, ale w zasadzie cały proces wykrywania, śledzenia i rażenia celów może odbywać się bez jego ingerencji. Pierwszy cel śledzony przez układ radarowo-optoelektroniczny w zakresie centymetrowym, może być ostrzelany przez jeden lub dwa pociski rakietowe, których lot jest śledzony (w celu wypracowania niezbędnych poprawek) przez radar zakresu milimetrowego. Drugi cel jest obserwowany w paśmie podczerwieni, podobnie jak odpalony przeciw niemu trzeci pocisk. Rakiety mogą zwalczać nawet bardzo nisko lecące cele, ich zapalnik zbliżeniowy pozostaje odporny na wpływ powierzchni ziemi nawet na wysokości 5 m. Jeśli któryś z celów nie zostanie zniszczony lub gdy zostanie zauważony zbyt późno, do jego zwalczania w bezpośredniej bliskości zestawu mogą służyć działka, które mogą być naprowadzane na cel z zastosowaniem celownika optycznego i dalmierza laserowego, a wiec nie zależnie od rakiet.[12]

5.2.4. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego SA-8 OSA

Zestaw przeciwlotniczy Osa (PZR 9K33 OSA), przeznaczony jest do walki ze środkami napadu powietrznego, lecącymi na

[12] Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, WITU, Warszawa 2000, Z-72, s.97-101.

wysokości do 5 kilometrów, w odległości do 12 kilometrów. Do uzbrojenia wojsk lądowych Rosji został wprowadzony w 1973r. Jego historia powstania wiąże się ściśle z zestawem rakietowym KUB. Konstruktorzy z OKB przeanalizowali wady zestawu KUB, do których należały: mała odporność na zniszczenie lub uszkodzenie, łatwość zakłócenia elektronicznego lub ogniowego (radiolokatora naprowadzania rakiet). Wyłączenie go z walki powoduje, iż cała bateria traci zdolność bojową do działań. Dlatego przyjęto inna zasadę. Konstruując ZR OSA przyjęto rozwiązanie, w którym system naprowadzania wraz z wyrzutnią umieszczono na jednym pojeździe, zwiększyło to znacznie manewrowość na polu walki. Zmniejszono rozmiary SRL i rakiet, umieszczając wszystko na wspólnej obrotowej podstawie.

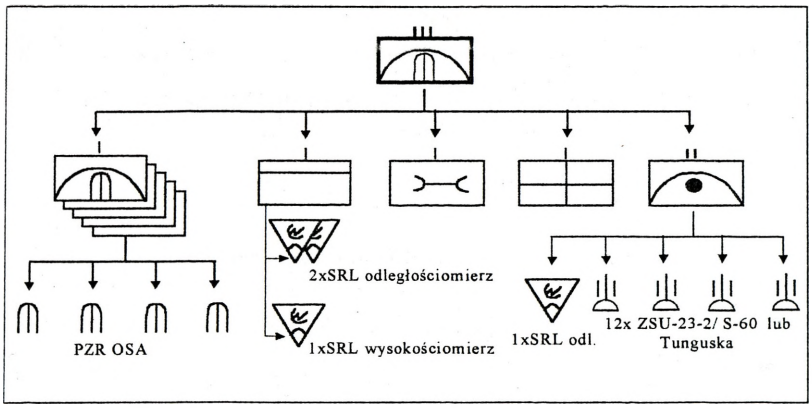


Rys. 5.10. Zestaw przeciwlotniczy SA-8

Zestaw OSA składa się z dwóch wozów: bojowego i transportowo-załadowczego. Na wozie bojowym umieszczono stację radiolokacyjną wstępnego poszukiwania pracującą w paśmie H (zasięg 45 km, antena automatycznie składana pod kątem 90°), stację radiolokacyjną śledzenia celów (SSC) pracującą w paśmie J (zasięg 28km), dwukanałową stację śledzenia rakiet (SSR) pracującą w paśmie 3,5 cm, aparaturę systemu przynależności swój-obcy (NRZ) i radionadajnik komend kierowania oparty na dwukanałowej stacji

przekazywania komend (SPK)[13]. Układ antenowy posiada dwie anteny śledzące rakiety, anteny radionadajnika komend i dwie prostokątne anteny, współpracujące z układami przeciwzakłóceniowymi stacji śledzenia. Posiada on również celownik telewizyjny (w przypadku niezdolności do działania stacji radiolokacyjnej), przez który może śledzić jeden cel i naprowadzać na niego jednocześnie dwie rakiety.

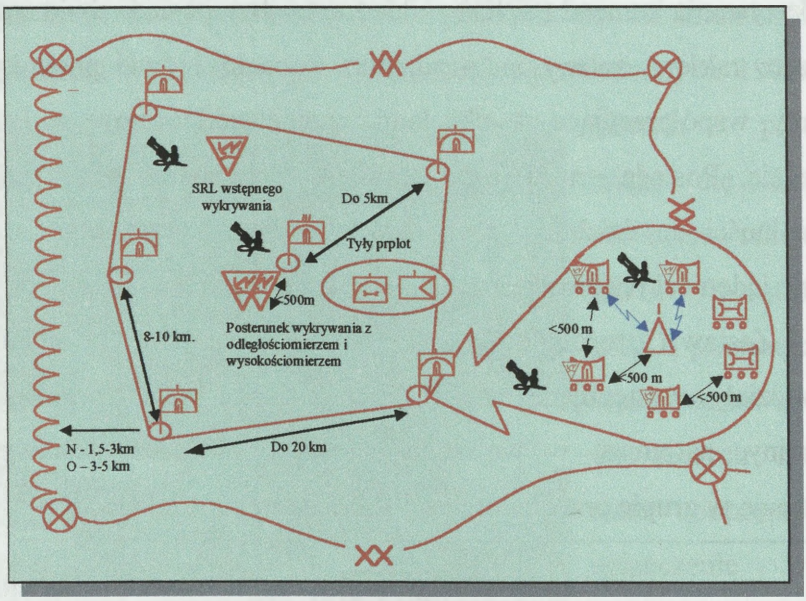
Zestawy przeciwlotnicze OSA zorganizowano w pułkowe pododdziały występujące na szczeblu związku taktycznego Rosji i Ukrainy, natomiast w wojskach lądowych Białorusi zestawy te występują w grupie przeciwlotniczej składającej się z 5 baterii.



Rys. 5.11. Struktura organizacyjna pułku OPL wojsk lądowych Rosji i Ukrainy wyposażonego w zestaw rakietowy OSA.

Pułki przeciwlotnicze OSA przeznaczone są do osłony oddziałów i pododdziałów ZT w rejonach głównego wysiłku obrony oraz oddziałów II rzutu w marszu na rozwiniętych stanowiskach ogniowych przed ŚNP przeciwnika do wysokości 5 km. Ostatnią modernizacją ZR OSA jest zestaw 9K33M2-OSA-AK, która powstała na początku lat 80.

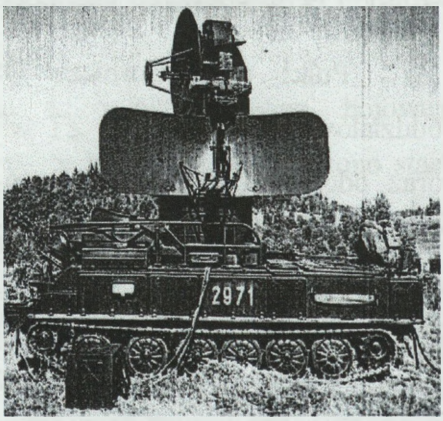
[13] Rozwój systemów rakietowych obrony powietrznej federacji rosyjskiej, wyd. AON 1998. s. 96.



Rys. 5.12. Ugrupowanie pułku OSA wojsk lądowych państw wschodnich (wariant).

5.2.5. Stacja radiolokacyjna zestawu przeciwlotniczego SA-6 KUB

Zestaw Kub (PZR 2K12 KUB) powstawał prawie równolegle z zestawem OSA. W pierwszych założeniach miał on być używany w wojskach OPK, ale później ze względu na duże braki zestawów przeciwlotniczych w jednostkach lądowych powstała jego lądowa wersja. Do wojsk lądowych pierwsze egzemplarze trafiły w 1966 r. W celu próbnej eksploatacji i szkolenia załóg a zarazem opracowania taktyki ich wykorzystania. Oficjalne pierwszy zestaw zaprezentowano w 1967 roku. W trakcie 15 letniej produkcji przechodził wiele modernizacji



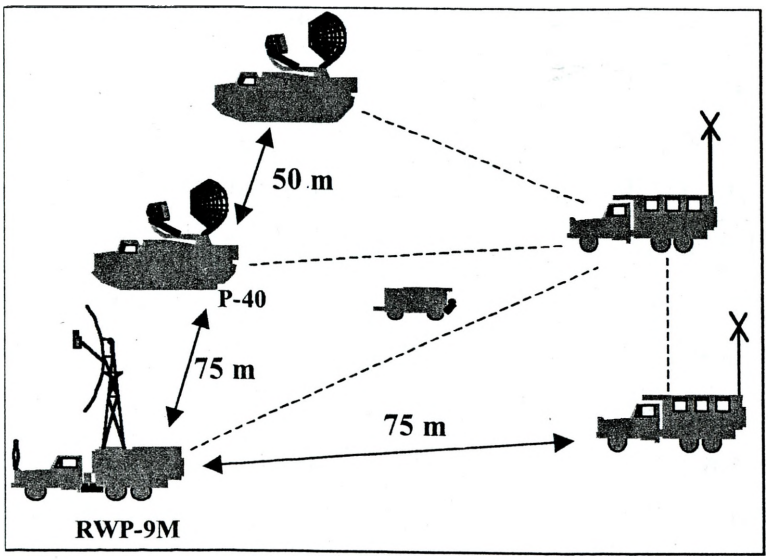
Rys.4.13. Zestaw SRL systemu rakietowego S.A.-6 KUB

i ostatnia jego wersja nosi oznaczenie 2K12M4. Pomimo, iż produkcję zestawu zakończono w 1981 roku do dzisiaj wiele państw afrykańskich i euroazjatyckich eksploatuje ten zestaw.

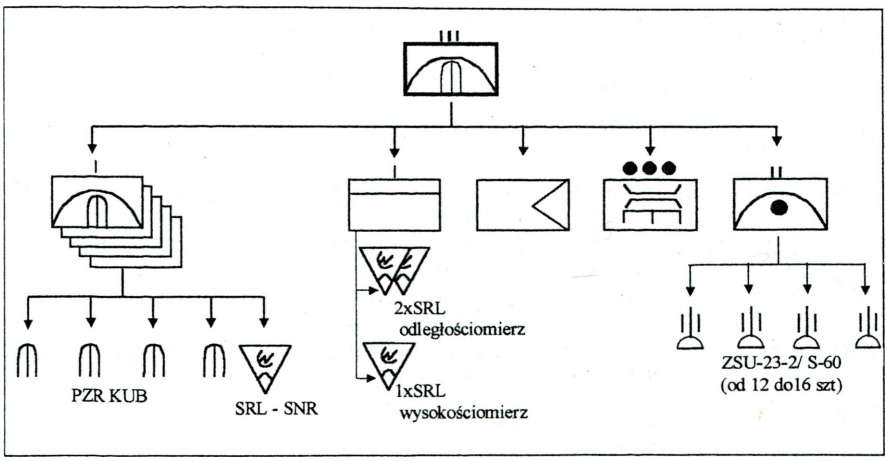
Przeciwlotniczy zestaw rakietowy KUB przeznaczony jest do osłony głównego zgrupowania wojsk operacyjno-taktycznych i taktycznych przed uderzeniem z powietrza ŚNP. Obszar, który może być osłaniany przez pułk rakietowy może obejmować nawet 1200 - 3300 km^2 w zależności od postawionego zadania i przyjętego ugrupowania.

Skład PZR KUB jest następujący: zespół stacji radiolokacyjnych wykrywania i naprowadzania 1S91 (9S11 i 9S31), umieszczonych na 1 pojeździe gąsienicowym GM-568, samobieżna wyrzutnia gąsienicowa 2P25 z pociskami rakietowymi (trzy rakiety), samochód transportowo załadowczy i wóz dowodzenia. Zespół stacji radiolokacyjnych 1S91 jest przeznaczony do rozpoznawania sytuacji powietrznej, przechwytywania i śledzenia wykrytego celu, określania jego współrzędnych oraz przekazywania ich do wyrzutni rakiet przeciwlotniczych. W jej skład wchodzą stacja radiolokacyjna poszukiwania 9S11M1 i stacja radiolokacyjna naprowadzania rakiet 9S31M1 z wizjerem telewizyjno optycznym, oraz aparatura łączności. Stacja radiolokacyjna (poszukiwania) służy do wstępnego poszukiwania, wykrywania, określenia azymutu i odległości do celu. Ma ona antenę paraboliczna pracująca w paśmie G. Jej zasięg wynosi od 55 do 65 kilometrów w zależności od celów. Stacja radiolokacyjna (śledzenia) jest przeznaczona do śledzenia i podświetlania celów. Posiada ona okrągłą antenę pracującą w paśmie H. Jej odległość śledzenia wynosi do 28 kilometrów. Na sygnał odbity od celu naprowadzane są rakiety, które odbierają i przetwarzają odbity sygnał.

Zestawy KUB zorganizowano w pułki przeciwlotnicze występujące na szczeblu ZT lub ZO. Każdy pułk składał się z 5 baterii po 4 wyrzutnie. W pułku występował system zautomatyzowanego kierowania ogniem REKIN-2, posterunek radiolokacyjny wyposażony w stacje obserwacji okrężnej (P-12, P-18 lub P-40) oraz kilka radiolokatorów określających wysokość (PRW-9, PRW-11, PRW-14).

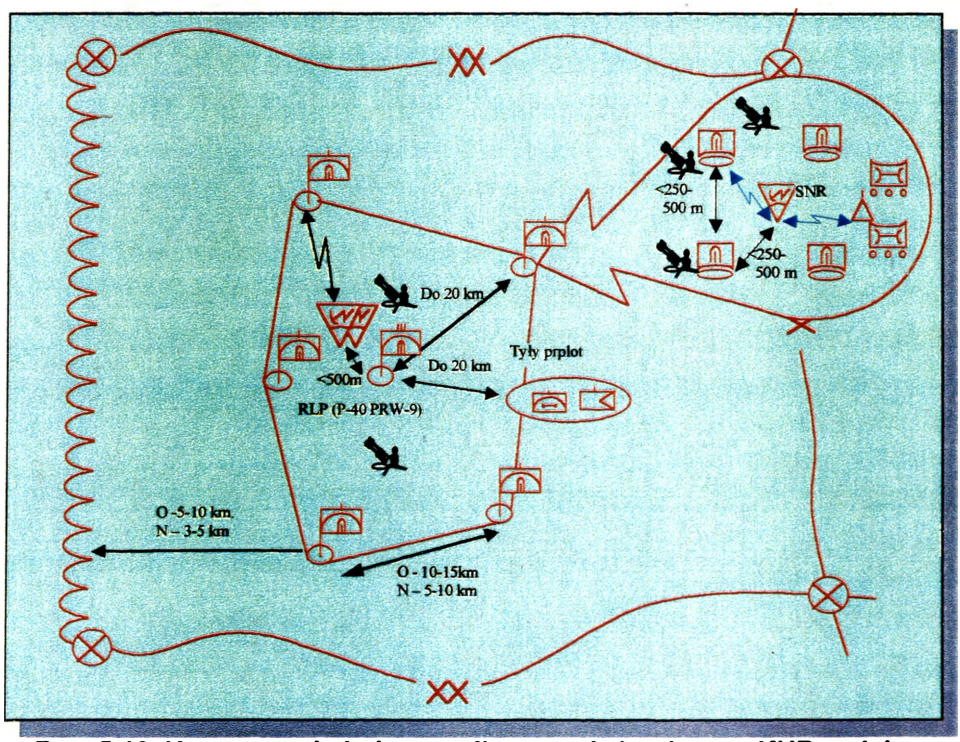


Rys. 5.14. Przykład pułkowego posterunku radiolokacyjnego zestawu KUB.



Rys. 5.15. Struktura organizacyjna pułku rakiet przeciwlotniczych KUB występująca w wojskach lądowych Rosji, Białorusi i Ukrainy.

Pułk był osłaniany przez 12-14 armat przeciwlotniczych ZSU-23-2 lub armaty S-60. Najmniejsza jednostką mogąca prowadzić ogień jest bateria w składzie 4 wyrzutni (zwalczała dwa cele). Bateria przyjmowała ugrupowanie w kształcie kwadratu (rys. 5.11.) w środku rozmieszczała się SNR. Wadą zestawu było ograniczenie możliwość zwalczania celu przez baterię, jeżeli kolejny cel pojawiał się w czasie krótszym niż 20 – 25 s od poprzedniego. Problem ten występuje wówczas, gdy jest nalot intensywny (zmasowany). Wadą zestawu jest również zakłócenie lub unieszkodliwienie SNR w baterii, co powoduje jej eliminację z walki. W celu poprawy tej sytuacji w 1978 zmodernizowano wyrzutnie wprowadzając do każdej z nich SRL kierowania pociskiem rakietowym, ale była to już ostatnia modernizacja i na niej zakończono produkcję zestawu.

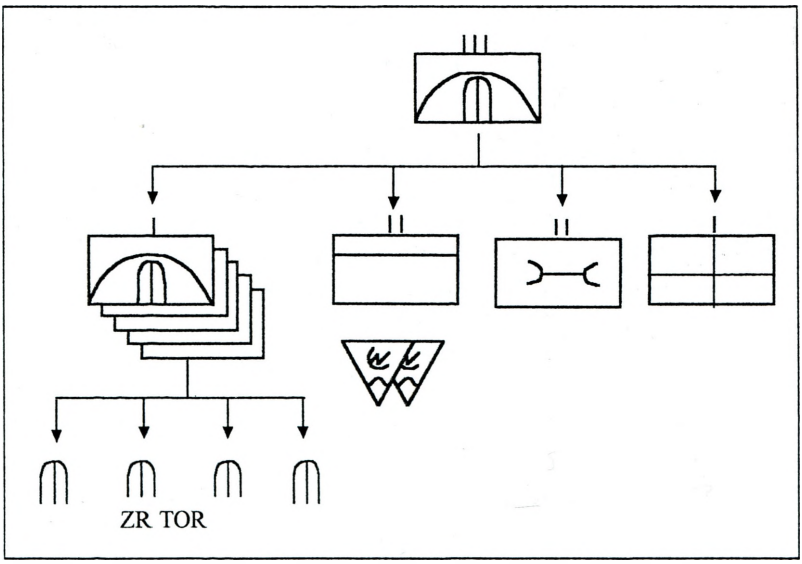


Rys. 5.16. Ugrupowanie bojowe pułku przeciwlotniczego KUB wojsk lądowych Białorusi, Rosji i Ukrainy (wariant).

5.2.6. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego SA-15 TOR

Samobieżny przeciwlotniczy zestaw rakietowy „Tor" (SA-15) został opracowany w latach 80. przez radziecki instytut naukowo-badawczy "Antej". W rosyjskich siłach lądowych zastępuje on na szczeblu dywizji zestawy rakietowe "KUB" (SA-6) i "OSA" (SA 8).

Zestaw "TOR" jest przeznaczony do obrony przeciwlotniczej ugrupowania bojowego dywizji przed atakami lotnictwa taktycznego i śmigłowców przeciwnika. Zwalcza cele powietrzne w warunkach działań bojowych o wysokiej dynamice manewrowej. Pojedynczy zestaw umożliwia równoczesne prowadzenie ognia do dwóch celów, na odległościach od 1500 m do 12000 m i na wysokościach od 10 m do 6000 m. Może niszczyć samoloty, śmigłowce, bezzałogowe aparaty latające (BAL), kierowane lotnicze pociski rakietowe (w tym pociski przeciwradiolokacyjne) oraz kierowane i niekierowane bomby lotnicze.



Rys. 5.17. Struktura pułku przeciwlotniczego TOR

Zestawy przeciwlotnicze TOR zorganizowane są w pułki przeciwlotnicze wspierające pododdziały przeciwlotnicze pułków

zmechanizowanych i pancernych, wyposażonych w samobieżne działka ZSU-23-4, wyrzutnie Strzała-10 lub w zestawy Tunguska.

Sposób użycia środków przeciwlotniczych wojsk lądowych zależy w znacznym stopniu od działań bojowych prowadzonych przez przeciwnika i wojska własne. W wielu państwach świata panuje pogląd, że głównym sposobem zapewnienia osłony przeciwlotniczej wojskom jest zapewnienie im pełnej ochrony przez własne lotnictwo myśliwskie, które, *a priori*, będzie zdolne do wywalczenia i utrzymania panowania w powietrzu. Z tej przyczyny nawet jednostki lądowe armii USA są nielicznie uzbrojone w środki przeciwlotnicze. Według przeciwstawnej koncepcji własne lotnictwo nie musi zapewnić bezpieczeństwo na wszystkich kierunkach działań i w każdym czasie. Z tego powodu wojska lądowe muszą być w stanie samodzielnie bronić się przed atakami z powietrza. Taka właśnie koncepcja obowiązuje w Armii Rosyjskiej.

Przykłady użycia pocisków rakietowych przeciwko zestawom przeciwlotniczym w ostatnich konfliktach minionego wieku wskazują, że obecne pole walki charakteryzuje się dążnością do zniszczenia, przede wszystkim stacjonarnych stanowisk plot, przez lotnictwo przeciwnika, ominięcie tych stanowisk, bądź zakłócenia środkami radioelektronicznymi. Dlatego wyrzutnie systemu „Tor" zamontowane na transporterach gąsienicowych odznaczają się dużą mobilnością i autonomią. Jego SRL pracują zarówno w czasie postoju jak i marszu dostarczając danych o wykrytych celach powietrznych. Zapewnia im to pełną swobodę działania.

Zestaw TOR jest zamontowany na podwoziu opancerzonego pojazdu gąsienicowego (T-80) i składa się z:

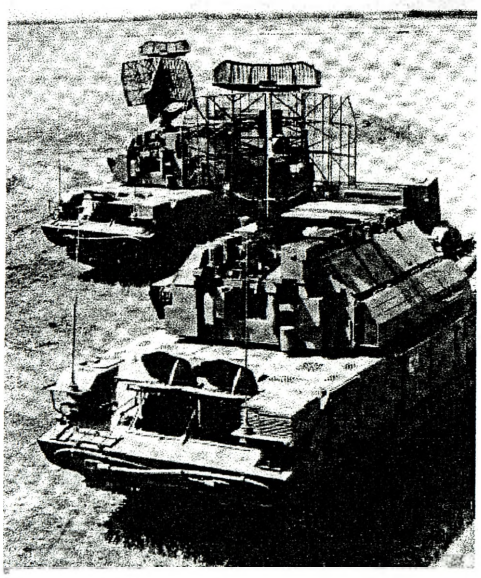
- wyrzutni ośmioprowadnicowej;

- SRL obserwacji okrężnej;
- SRL śledzenia celu i pocisku;
- optycznej aparatury śledzenia celu i pocisku oraz wypracowania komend sterowania w warunkach zakłóceń radioelektronicznych,
- aparatury transmisji komend sterowania pociskiem.
- samochodu załadowczego 9T224;
- samochodu transportowego 9T245 przewożącego 4 kontenery rakiet i przyczep z trzema kontenerami;
- samochodu warsztatu 9F399;
- samochodu z symulatorem 9F678;
- samochodu z częściami zapasowymi i sprzętem diagnostycznym 9W887;
- pocisków rakietowych 9M330 starego typu i 9M331 nowego typu.

Konstrukcja systemu TOR (projekt koncernu Antej) podyktowana była koniecznością opracowania nowego rozwiązania, zasadniczo różnego od zestawu OSA i KUB. Dokonano, więc szeregu przewartościowań w zasadach tworzenia kompleksów przeciwlotniczych obowiązujących wcześniej w ZSRR. Założono, że jeżeli na jednym pojeździe ma znaleźć się system celowniczy i rakietowy to trzeba znacznie zwiększyć manewrowość pocisku rakietowego oraz system jego startu. Dlatego zastosowano kontenery rakietowe pionowego startu i zrezygnowano z mechanizmu podnoszenia i obrotu wyrzutni. Drugim kluczowym elementem podlegającym zmianie było ograniczenie liczby SRL wykrywania, śledzenia i naprowadzania pocisków rakietowych do dwóch stacji (w ZR OSA – cztery). Zastosowanie rakiet pionowego startu umożliwiło nieograniczoną swobodę ruchu anten radiolokacyjnych.

Połączono więc funkcje śledzenia i naprowadzania. Zdecydowano się na radiolokator ze ścianową siecią przekaźników o polaryzacji fazowej. Służy on do równoczesnego generowania wiązki śledzącej i dwu wiązek naprowadzających pociski na cel oraz radar do wykrywania celów pracujący w paśmie C.

Następną poważną modernizacją, wprowadzoną w 1992 roku, było wyposażenie zestawu w nowy trójwspółrzędny radar z wielokanałowym, cyfrowym przetwarzaniem sygnału. Jego powierzchnia jest prawie dwukrotnie mniejsza od anten TOR-a M1.



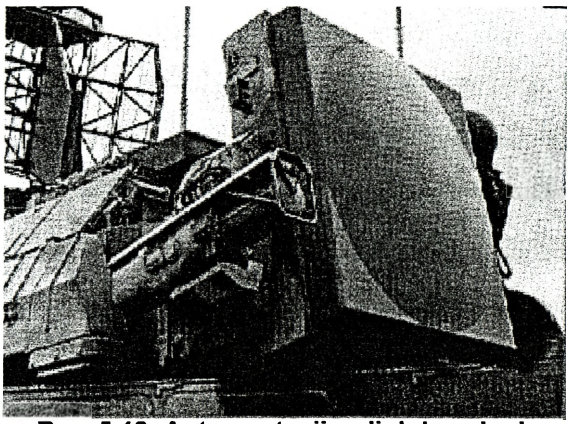
Rys. 5.18. Samobieżny przeciwlotniczy zestaw rakietowy TOR

Dotychczasowa dopplerowska stacja radiolokacyjna obserwacji okrężnej wykorzystująca technikę kompresji impulsów, umieszczona w tylnej górnej części wieży zestawu "Tor", pracuje w zakresie częstotliwości pasma "C" (0,5-1,0 GHz). Umożliwiała wykrycie do 48 obiektów powietrznych na odległościach do 25 km oraz określenie ich azymutu, wysokości i odległości. Aparatura wspomagająca automatycznie analizuje sytuację powietrzną, wskazuje stopień zagrożenia ze strony poszczególnych obiektów powietrznych oraz obrazuje na monitorze trasy lotu 10 najbardziej niebezpiecznych celów. Nowa SRL jest mniej podatna na uszkodzenia mechaniczne, zapewnia nieco większy zasięg przy tej samej mocy urządzeń, ale przede

wszystkim wyróżnia się większą odpornością na zakłócenia. Osiągnięto ją między innymi przez radykalną redukcję listków bocznych charakterystyki emisji. Pracuje w paśmie H.

Spośród śledzonych celów system wybiera dwa do ostrzelania, a dane o nich przekazywane są do stacji radiolokacyjnej śledzenia celów (znajdującej się w przedniej części wieżyczki). Druga dopplerowska stacja radiolokacyjna śledzenia celów wykorzystująca technikę fazowego szyku antenowego i kompresji sygnałów jest umieszczona w przedniej części wieży zestawu "Tor". Jak dotychczas nie została ona zmodernizowana. Pracuje w zakresie częstotliwości pasma "K" (20-40 GHz); umożliwia równoczesne śledzenie 2 celów w sektorze 15° x 15°, na odległościach do 25 km, poruszających się z prędkością do 700 m/s, w przestrzeni o rozmiarach 32x360°. Charakterystyka antenowa jest sterowana i kształtowana elektronicznie. Obróbka sygnału radiolokacyjnego opiera się na najnowocześniejszej technologii, w tym układach szybkiej transformacji Fouriera i kompresji impulsów. W czasie przejazdu układ antenowy jest pochylany pod kątem 90° w celu zmniejszenia gabarytu pojazdu. Analiza zagrożenia przeprowadzana jest automatycznie przez system komputerowy dla każdego z wykrytych celów oraz dokonywany jest wybór kolejności ich rażenia. Jeżeli operator nie ingeruje, cele są zwalczane automatycznie. Zastosowanie stacji radiolokacyjnej z fazowym szykiem antenowym w samobieżnym zestawie rakietowym jest rozwiązaniem nowatorskim w skali światowej. Zapewnia to zwiększenie niezawodności stacji i jej odporności na zakłócenia radioelektroniczne.

Z anteną stacji radiolokacyjnej śledzenia celów powietrznych jest sprzężona aparatura optoelektronicznego śledzenia celu (dotychczas nie modernizowana), umożliwiająca wykrycie i śledzenie obiektu na odległościach do 20000m w zależności od aktualnych warunków widzialności optycznej. Aparatura ta pracuje w przypadku zakłócania radiolokacyjnego kanału śledzenia. Możliwość jej wykorzystania poważnie komplikuje przeciwnikowi rozwiązanie problemu radioelektronicznego obezwładniania obrony przeciwlotniczej. W przyszłości należy liczyć się z modernizacją ZR TOR, która może objąć urządzenia radiolokacyjne oraz pociski rakietowe.

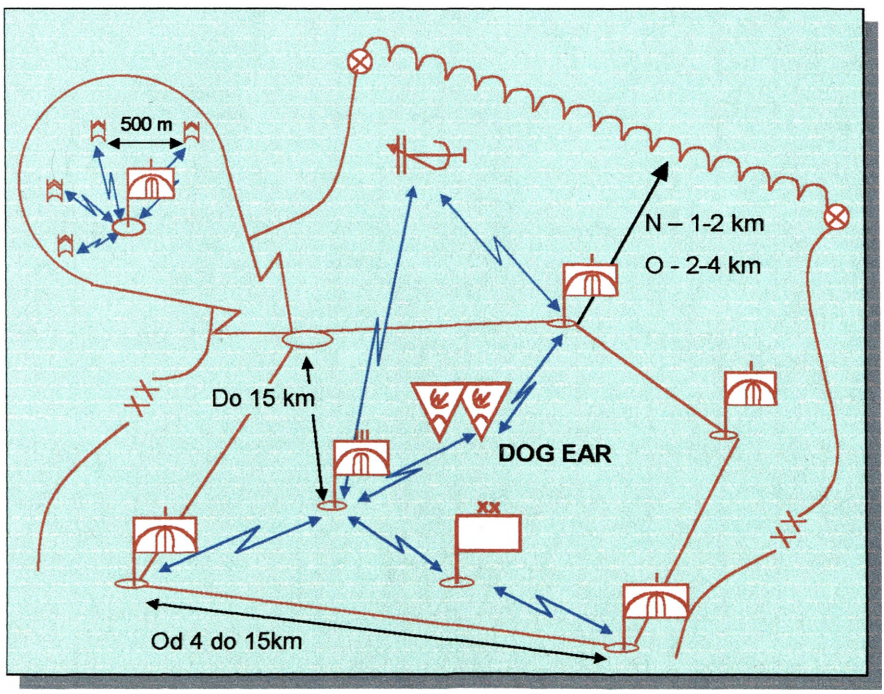


Rys. 5.19. Antena stacji radiolokacyjnej śledzenia celów ZR TOR

Używana dotychczas antena ścianowa do śledzenia i naprowadzania rakiet może zwiększyć swoje możliwości bez potrzeby jej przebudowy, jedynie przez wymianę oprogramowania. Ilość rażonych celów można zwiększyć z dwóch do czterech i więcej, a ich wzajemna odległość może być znacznie większa niż obecny zakres 15° x 15°. Ewentualności takie zostały już wzięte pod uwagę na etapie projektowania centralnej jednostki sterującej TOR-a - komputera *Sejwer,* który pod względem możliwości i gabarytów dorównuje najnowszym konstrukcjom zachodnim. Należy również oczekiwać zwiększenia zasięgu radaru obserwacji okrężnej i wprowadzenia nowych reżimów pracy w warunkach zakłóceń. Można też

przypuszczać, że kamerę światła szczątkowego z prostym termolokatorem uzupełni lub zastąpi nowoczesny termowizor.

Każda bateria posiada wóz dowodzenia (najczęściej transporter gąsienicowy 9S737 Ranżir z czteroosobową załogą). Jego głównym zadaniem jest koordynacja działań czterech wyrzutni, z którymi utrzymuje dwustronny bezprzewodowy kontakt. Zainstalowana aparatura umożliwia analizę danych radiolokacyjnych ze wszystkich wyrzutni, wybór i podział celów. Punkt taki może przyjmować i przekazywać dane z punktu dowodzenia wyższego szczebla, z przydzielonej SRL dalekiego rozpoznania lub powietrznego stanowiska wykrywania i naprowadzania.



Rys 5.20. Ugrupowanie baterii i pułku TOR w wojskach lądowych Białorusi i Rosji (przykład).

Wstępnych danych o sytuacji powietrznej dostarcza stacja radiolokacyjna obserwacji okrężnej "Dog Ear", zamontowana na podwoziu transportera opancerzonego MTLB.

Wozy bojowe są połączone bezprzewodowym kanałem transmisji danych w spójny system, co pozwala na zautomatyzowane przekazywanie danych o przeciwniku pomiędzy wyrzutniami oraz między nimi, a stanowiskiem dowodzenia baterii typu Ranżir lub Kastielnaja. Dzięki temu niektóre wyrzutnie mogą pracować w reżimie ciszy radiolokacyjnej, czyli bez włączonego radiolokatora obserwacji okrężnej. Stabilizowana stacja wykrywania celów pracuje bez zakłóceń nawet w czasie pokonywania ciężkiego terenu. Zestaw ten musi się jednak zatrzymać w celu naprowadzania rakiet.

Dużym atutem systemu TOR jest jego nowoczesność. Żaden inny zestaw przeciwlotniczy szczebla dywizyjnego na świecie nie posiada wielofunkcyjnej stacji radiolokacyjnej z anteną ścianową, który może przechwytywać bomby kierowane i pociski rakietowe oraz prowadzić ogień do dwóch niezależnych celów. Żaden też nie posiada kontenerowych pionowych wyrzutni rakiet.

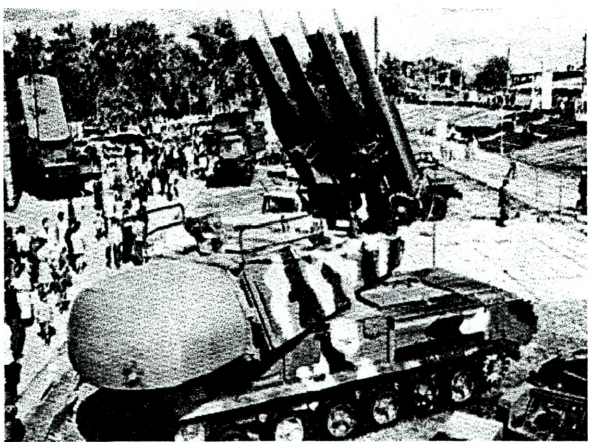
5.2.7. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczegoSA-11 BUK

Rakietowy kompleks 9K37 BUK powstał jako następca ZR KUB. Koncepcja zestawu rakietowego KUB zakładała, iż bateria będzie podstawowym ogniwem bojowym składającym się z jednej stacji radiolokacyjnej wskazywania i kierowania oraz 5 -6 wyrzutniami, z których każda dysponować ma 3 pociskami na prowadnicach. Koncepcja ta była optymalna, aż do początku lat 80-tych, kiedy lotnictwo Izraela zniszczył większość ZR KUB w Dolinie Beckaa.

W międzyczasie wypracowano bowiem skuteczne metody walki radioelektronicznej oraz zwalczania stacji radiolokacyjnych.

Podczas projektowania ZR BUK założono, ze uzasadnione jest zachowanie ogólnej konfiguracji ograniczeń geometrycznych wyrzutni umożliwiające transport kolejowy, drogowy i korzystanie z lekkich mostów pontonowych. Zasadnicza różnica miała polegać na wielokanałowości kompleksu, czyli możliwości równoczesnego zwalczania wielu celów. W tym celu wyposażono każdy samobieżny pojazd startowy (SOU) 9A310 w SRL i baterię w radiolokator wskazywania i śledzenia celów.

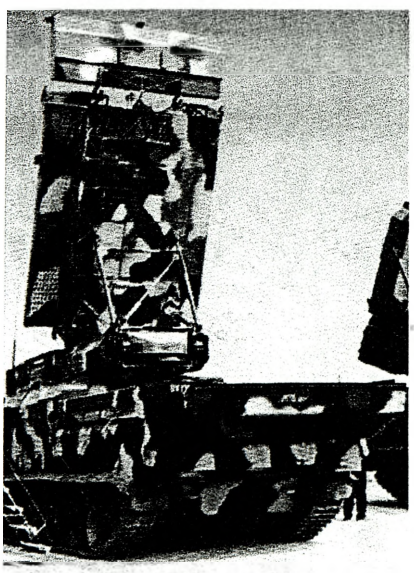
Kluczowym elementami SOU są: radiolokator śledzenia celów 9S35 pracujący w zakresie centymetrowym, układ naprowadzania rakiet oraz telewizyjny celownik 9Sz383. Każdy pojazd ma zainstalowany układ IFF oraz blok automatycznej nawigacji terenowej i topodowiązania TNA-4. Po wskazaniu celu przez stanowisko dowodzenia, SRL SOU automatycznie rozpoczyna jego śledzenie wykrywając helikopter w zwisie z odległości 10 km, cel lecący na wysokości 30 m z odległości 15 km, a na 100 m z 35 km, oraz 85 km dla celów lecących na pułapie 3000 m i więcej. Pociski mogą być odpalane pojedynczo lub parami, także przeciw źródłom zakłóceń oraz w specjalnym reżimie „rakieta przeciwradiolokacyjna". W przypadku



Rys. 5.21. Samobieżny pojazd startowy (SOU) z SRL 9S35

utraty łączności z punktem dowodzenia lub stacją radiolokacyjną wykrywania każda wyrzutnia może samodzielnie prowadzić sektorowe przeszukiwanie przestrzeni powietrznej prowadząc ogień. Nawet zniszczenie własnego radiolokatora nie eliminuje jej z walki ponieważ automatycznie śledzenie celu przejmuje układ optyczny z kamerą światła szczątkowego. Wyrzutnia w stanie gotowości bojowej (z pracującym radiolokatorem) może poruszać się w terenie z prędkością 30 km/h. Stacja radiolokacyjna śledzenia celów i naprowadzania rakiet zamontowana jest w dielektrycznej osłonie w przedniej części obrotowej "wieży" pojazdu 9A310. Jej zasięg automatycznego śledzenia celów wynosi 45 km z możliwością naprowadzania na cel dwóch pocisków. Natomiast zakres obserwacji w poziomie wynosi 60° (360° gdy obraca się wraz z wyrzutnią) i 7° w pionie (zakres skanowania w elewacji wynosi od -10^{o} do $+80^{o}$).

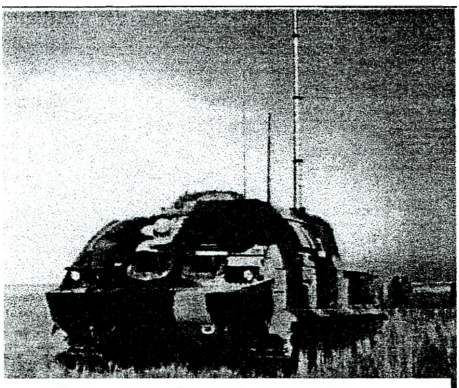
W baterii, oprócz SRL montowanej na SOU wykorzystuje się trójwspółrzędną stację wykrywania i śledzeni celów z lustrzanymi antenami. Przystosowana jest ona do zamontowania na podwoziu GM-569. Stacja otrzymała nazwę KUPOŁ. Bardzo szybko przestąpiono do jej modernizacji i opracowano nowszą wersję oznaczoną 9S18M1 Kupoł M. Stacja ta posiada już ścianową antenę z siecią przekaźników o polaryzacji fazowej. Ma doskonale parametry - cele lecące na wysokości 60 m wykrywa z odległości 35 km,



Rys. 5.22. Stacja radiolokacyjna 9S18M1

a obiekty na wysokości od 1000 m wzwyż ze 160 km. Dysponuje możliwością obserwacji okrężnej, a w pionie zakres przeszukiwania wynosi 40°. Rozróżnialność celów nie przekracza 400 m, azymutu i kąta elewacji $3^{o} \div 4{,}5°$. Stacja może jednocześnie śledzić 75 celów, pięć źródeł aktywnych zakłóceń i automatycznie transmitować dane o nich do stanowiska dowodzenia. Ma wbudowany wielozakresowy układ rozpoznawania swój-obcy oraz bloki eliminacji zakłóceń naturalnych i sztucznych, co spowodowało większą odporność na zakłócenia w porównaniu z radiolokatorem kompleksu KUB.

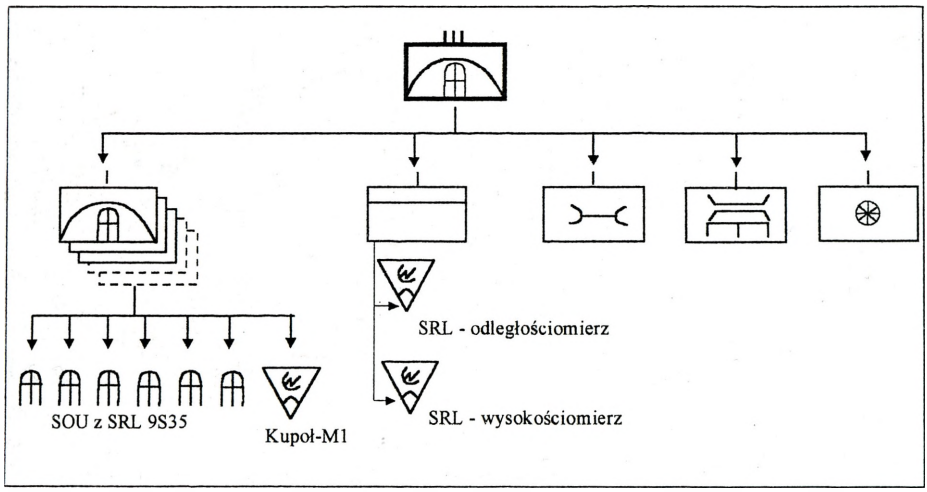
W zależności od sytuacji taktycznej stacja może automatycznie zmieniać częstotliwość obrotów anteny (normalnie jeden obrót na 4,5s) i kąt elewacji (40^{o} lub 60°). Ze stacją radiolokacyjną współpracuje punkt dowodzenia 9S470 na zunifikowanym z wyrzutniami podwoziu, zaopatrzony w komputer mogący przetwarzać dane o 75 celach, wskazywać „najgroźniejsze" według zadanego algorytmu, oraz wyznaczać automatycznie trasy 15 z nich. Punkt dowodzenia przydziela też cele poszczególnym wyrzutniom i podaje komendy odpalania rakiet. W czasie rzeczywistym są także zbierane i przetwarzane dane ze stacji radiolokacyjnych wszystkich wyrzutni. Punkt dowodzenia dysponuje kodowanymi, bezprzewodowymi połączeniami z pozostałymi wozami kompleksu oraz stanowiskiem dowodzenia wyższego szczebla. W warunkach obrony stacjonarnej mogą być one uzupełnione połączeniami przewodowymi.



Rys. 5.23. Punkt dowodzenia baterii 9S470

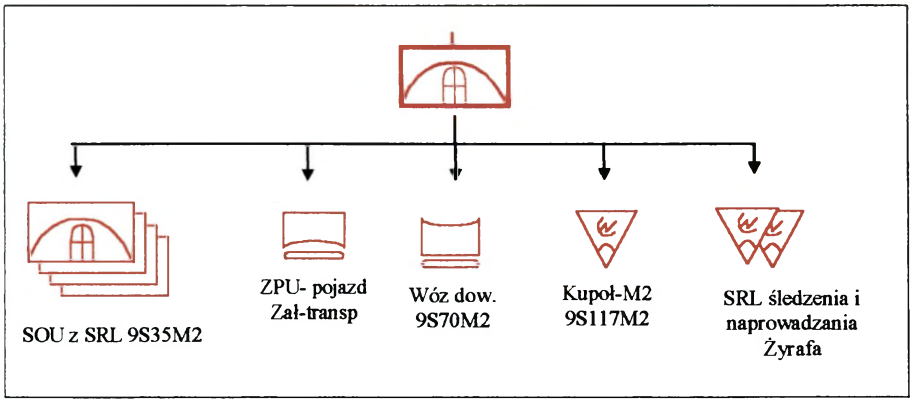
Prawdopodobnie istnieje także możliwość naprowadzania rakiet przez stację Kupoł M, ale ewentualność taka bywa zapewne rozpatrywana jako ostateczność. Stację radiolokacyjną jest bowiem stosunkowo łatwo namierzyć, a tym samym rośnie ryzyko jej zniszczenia.

Zestawy rakietowe BUK mogą być zorganizowane w pułki lub brygady przeciwlotnicze. Zarówno pułki jak i brygady występują od szczebla operacyjnego wzwyż. Typowa brygada rakiet przeciwlotniczych składa się z 4 dywizjonów po 3 baterie w każdej baterii po 6 SOU. Pułk (rys. 5.24.) liczy od 3 do 5 baterii. Bateria BUK-M1 składa się ze stacji radiolokacyjnej (Kupoł M), punktu dowodzenia (9S470), sześciu wyrzutni (9A310 z SRL 9S35) i trzech pojazdów załadowczo-startowych (9A39).

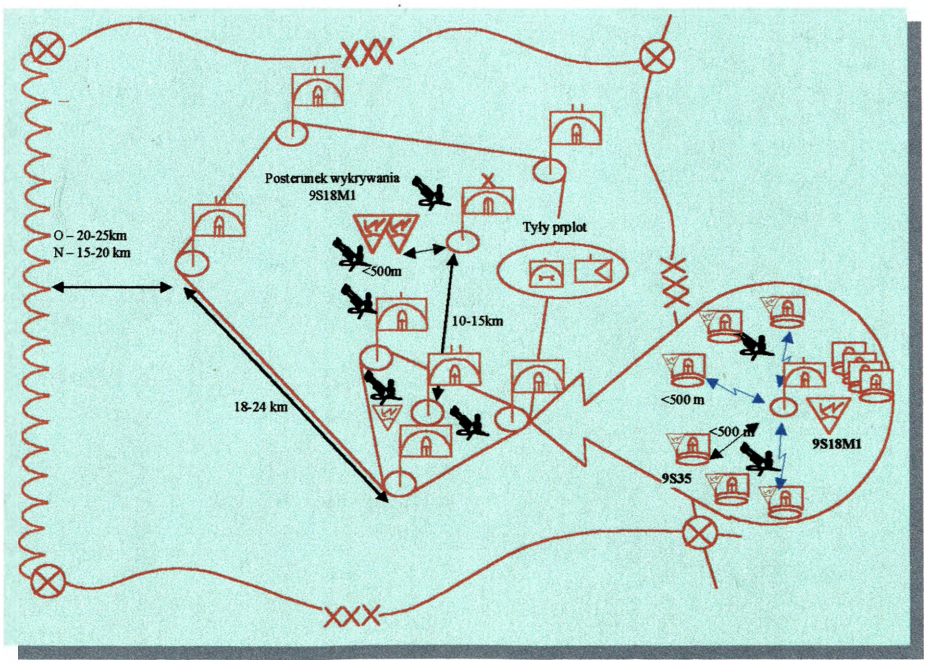


Rys 5.24. Struktura organizacyjna pułku rakiet przeciwlotniczych wyposażonych w zestaw SA-11(BUK-M1)

Bateria BUK-M2 (rys. 5.25.) posiada natomiast dwie SRL: śledzenia i naprowadzania Żyrafa, wykrywania - Kupoł-M2 (9S117M2),a ponadto: wóz dowodzenia (9S70M2), cztery SOU (9A39M2) i do 6 pojazdów załadowczo-startowych (9A39M2).



Rys. 5.25. Struktura organizacyjna baterii rakiet przeciwlotniczych wyposażonych w zestaw SA-11 (BUK-M2)

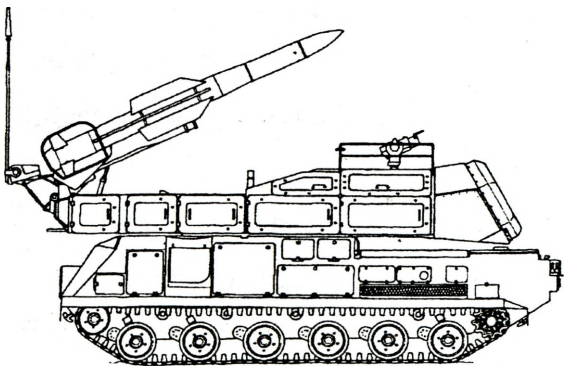


Rys. 5.26. Schemat ugrupowania brygady rakiet przeciwlotniczych BUK-M1 (przykład)

W połowie lat 80. przystąpiono do modernizacji ZR BUK. Modernizacji poddano stację śledzenia i naprowadzania celów wyposażając ją w nową anteną ścianową co zwiększyło niezawodność

i odporność na zakłócenia. Zredukowano masę anteny (przez uniknięcie konieczności jej ruchomego mocowania, gdyż nie jest to potrzebne w przypadku anten z polaryzacją fazową). Najbardziej wymiernym efektem modernizacji było uzyskanie możliwości równoczesnego naprowadzania na cel więcej niż jednego pocisku rakietowego. Jest to możliwe, ponieważ anteny tego typu pozwalają na równoczesne generowanie kilku wiązek promieniowania w różnych kierunkach. Zestaw Buk mógł razić równocześnie kilka celów powietrznych, ale ilość kanałów była ograniczona ilością wyrzutni. Każda z nich mogła naprowadzać pociski na jeden cel (samolot, śmigłowiec, czy pocisk rakietowy). Po modernizacji każda wyrzutnia jest zdolna do samodzielnego naprowadzania pocisków na dwa cele, a dalszy wzrost ilości kanałów strzeleckich można osiągnąć zmieniając jedynie oprogramowanie radiolokatora.

Aparatura nowego radiolokatora mieści się na miejscu starego, a nowa antena w płaskiej dielektrycznej osłonie zajmuje znacznie mniej miejsca. Nową antenę umieszczono skośnie pod kątem ok. 60° a jej zakres skanowania wynosi od –5° do +85° w pionie i ±60° w poziomie. Zasięg stacji wynosi od 20 km dla celów lecących na wysokości 15 m oraz 120 km dla wysokości powyżej 3000 m. Jest to o jedną trzecią więcej niż w przypadku poprzedniej anteny, dzięki czemu wzrosły także w porównaniu z BUK-1 możliwości samodzielnej

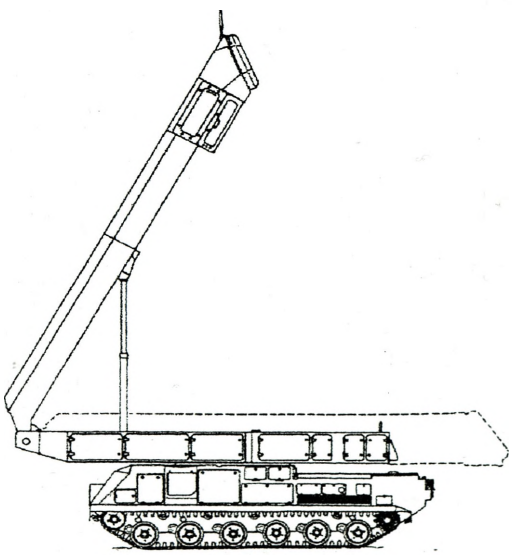


Rys. 5.27. SOU z anteną ścianowa

obserwacji sektorowej przestrzeni powietrznej przez wyrzutnię. Może ona równocześnie: automatycznie śledzić do 10 celów, sprawdzać ich przynależność, rozpoznawać klasy celów, podświetlać 4 cele przeznaczone do rażenia oraz przekazywać do odpalonych rakiet komendy korygujące ich lot. Dzięki temu nie tylko zwiększają się możliwości wyrzutni w przypadku konieczności działania "w pojedynkę", czyli bez kontaktu z punktem dowodzenia, ale też rośnie skuteczność baterii. Punkt dowodzenia korzysta bowiem także z danych przekazywanych przez radiolokatory poszczególnych wyrzutni, a po zainstalowaniu nowych anten mogą one równocześnie naprowadzać rakiety i obserwować przestrzeń powietrzną. Czas osiągania gotowości bojowej z marszu wynosi 20 s, a czas reakcji (od wykrycia celu do odpalenia rakiety) - 5 s. Zmodernizowanemu zestawowi nadano oznaczenie 9K37M2. a jego próby poligonowe rozpoczęły się w 1986 roku.

Zmodernizowano też stację wykrywania i śledzenia (w baterii), po czym otrzymała ona nowe oznaczenie- 9S117M. W trakcie eksploatacji zestawów Buk zwrócono uwagę na możliwość wykrycia celów nisko lecących i trudno wykrywalnych *(stealth)* obiektów latających. Aby zwiększyć prawdopodobieństwo ich zniszczenia trzeba było przede wszystkim zagwarantować większą odległość ich wykrycia. Limitowały ją nie możliwości radiolokatora, a przeszkody terenowe trudne do ominięcia w przypadku doraźnego wyboru stanowisk ogniowych. Zaproponowano zastosowanie rozwiązania podobnego do przyjętego w kompleksie S-300, czyli umieszczenie stacji śledzenia i naprowadzania na podnoszonym hydraulicznie maszcie, dzięki czemu radykalnie rozszerza się "horyzont radarowy". Jednak rozwinięcie masztu podobnego do S-300 trwa do godziny i jest

on konstrukcją stacjonarną, a to nie wchodziło w rachubę w przypadku BUK. Opracowano wobec powyższego teleskopowe ramię podobne do dźwigowego unoszące antenę nie pionowo lecz ukośnie. Udało się przy tym opracować taką konstrukcję podnośnika, że nie tylko mieści się ona na standardowym podwoziu GM-569, ale także umożliwia pracę radiolokatora w położeniu marszowym. Jest on wtedy zlokalizowany z przodu obrotowej "wieży" wyrzutni i ma taki sam zasięg jak radar wyrzutni rakiet. Gdy zachodzi potrzeba uniesienia ramienia, antena jest obracana wokół osi wzdłużnej ramienia podnośnika o 180° aby po osiągnięciu przez podnośnik położenia roboczego (kąt podniesienia ok. 65°) była nachylona pod odpowiednim kątem. Regulacje wysokości anteny osiąga się przez zmianę wysięgu ramienia, którego kąt podniesienia jest niezmienny. Maksymalna wysokość nad poziomem gruntu wynosi ok. 20 m. Nowy radiolokator otrzymał nazwę Żyrafa. Dzięki niemu możliwe jest naprowadzanie rakiet zza przeszkód terenowych o wysokości do 20m lub trzykrotne powiększenie odległości wykrywania celów lecących na wysokościach poniżej 100m. Radiolokator ma takie same możliwości jak stacja montowana na wyrzutniach, czas jego rozwinięcia wynosi do 10 min., a maksymalnie uniesiony wysięgnik nie wymaga kotwiczenia przy wietrze o prędkości do 30 m/s.



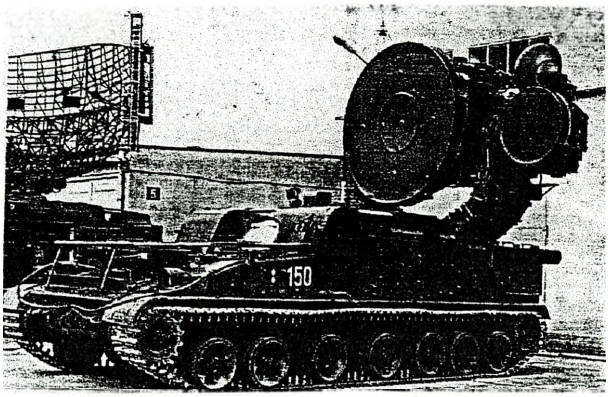
Rys. 5.28. Stacja radiolokacyjna

Pojawienie się tak zainstalowanego radiolokatora naprowadzania spowodowało spór, dotyczący zasadności instalowania radarów na wyrzutniach rakiet. Proponowano stworzenie struktur bateryjnych, złożonych tylko ze zmodernizowanych wozów startowo-załadowczych ZPU 9A39M2 i radiolokatorów Żyrafa. Ostatecznie jednak przyjęto rozwiązanie: bateria kompleksu BUK-M2 ma liczyć cztery wyrzutnie 9A310M2, dwa radiolokatory Żyrafa i od 4 do 6 wozów ZPU, punkt dowodzenia i radiolokator 9S117 Kupoł M2. Ilość kanałów strzeleckich tworzonych przez każdy z radiolokatorów zwiększono w międzyczasie do czterech, dzięki czemu bateria maże równocześnie razić 24 cele powietrzne naprowadzając na każdy z nich do 4 rakiet. W gotowości do odpalenia jest do 40 rakiet. Takie osiągi stawiają Buka-M2 na czele wszystkich kompleksów przeciwlotniczych o zasięgu do 50 km. Nawet projektowane obecnie i przewidziane do przyjęcia na uzbrojenie za kilkanaście lat kompleksy zachodnie nie mają takich możliwości.

5.2.8. Stacja radiolokacyjna zestawu przeciwlotniczego SA-4 KRUG

Zestaw rakietowy 9M8KRUG (SA-4 GANEF) powstał w latach 1957-67. Pierwsze zestawy jednostki przeciwlotnicze otrzymały w 1967 r., ale dopiero po usunięciu usterek eksploatacyjnych w 1969 roku jednostki osiągnęły pełną gotowość bojową. Jest to pierwszy manewrowy zestaw przeciwlotniczy wojsk operacyjnych występujący na szczeblu armijnym (KA). Zestaw poddawano wielokrotnym modernizacjom zwiększając jego możliwości bojowe zwalczania celów na małych wysokościach i redukując strefę martwą za wyrzutnią.

W zestawie rakiety naprowadzane są radiowo w wiązce radiolokacyjnej stacji 2S32 (Pat Hand) (komendy sterowania wypracowane są automatycznie przez aparaturę naziemną kierowania ogniem, układ jest pół automatyczny). Stacja zamontowana jest na podwoziu gąsienicowym.

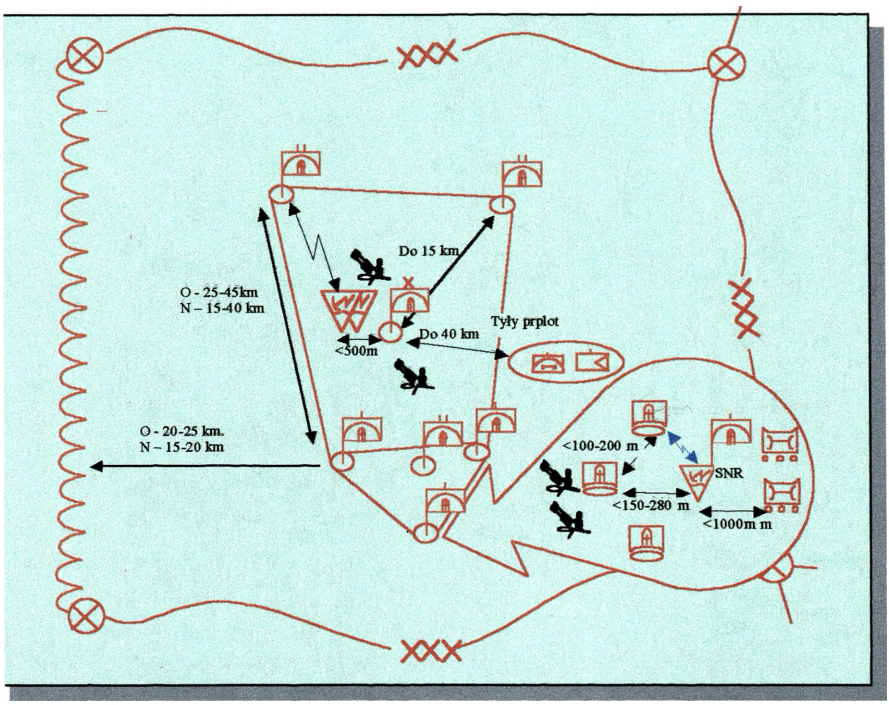


Rys. 5.29. Stacja radiolokacyjna ZR SA-4 KRUG

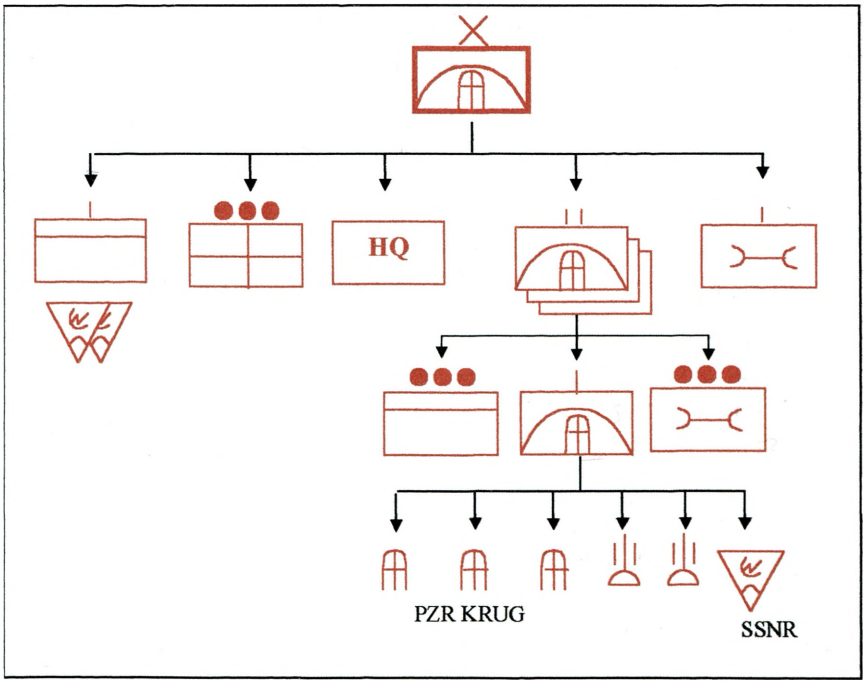
Pomimo takiego rozwiązania zestaw posiada stosunkowo długie czasy zwijania i rozwijania. Obsługa wykonuje skomplikowane czynności opuszczając stacje np. do rozwijania kabli łączących radiolokator z wyrzutniami. Stacja radiolokacyjna pracuje podobnie jak stacje ZR S-75 lub S-125, z tą różnicą że śledzenie odbywa się na fali ciągłej.

Zestawy rakietowe KRUG zorganizowane są w brygady po 3 dywizjony w każdej po 3 baterie po 3 wyrzutnie (patrz rys 5.31). Brygady te mogą występować na szczeblu armii (dwie) i KA (jedna). Każdy z dywizjonów brygady dysponuje plutonem działek przeciwlotniczych ZSU-23-2 do obrony własnej (8 działek). Poszczególne dywizjony rozmieszcza się w odległości 10-35 km między sobą. W baterii wyrzutnie oddalone są od SRL na odległość od 100 do 250 m.

Przykład ugrupowania i strukturę organizacyjną brygady przeciwlotniczej z zestawami rakietowymi S.A. – 4 KRUG przedstawiono na rys. (5.30., 5.31.)



Rys. 5.30. Ugrupowanie brygady przeciwlotniczej z zestawami rakietowymi typu SA-4 KRUG (wariant)



Rys. 5.31. Struktura organizacyjna brygady wyposażonej w ZR KRUG

Tabela 5.6.

Wybrane parametry taktyczno-techniczne SRL zestawu KRUG

Typ SRL	Pasmo częstotliwości	Odległość wykrywania [km]	Długość fali [cm]	Moc anteny [kW]	Dokładność określania		Przedział pracy		Rodzaj anteny
					Odległości	Azymutu	W azymucie	W kącie położenia	
1S32	H (6÷8cm)	120	05 ÷ 3,75	800	350 m	1,33°	340°	-5° ÷ +83°	Okrągła (śr. 2,44m)

5.2.9. Stacje radiolokacyjne zestawu przeciwlotniczego SA-12 S-300W

Powstanie systemu przeciwlotniczego S-300W wraz z wyposażeniem radiolokacyjnym związane było z koniecznością zastąpienia starego, mało efektywnego, systemu przeciwlotniczego KRUG oraz problemem jaki się zarysował po końcowych fazach prób z pociskami typu CRUISE praktycznie nieuchwytnych dla ówczesnych systemów przeciwlotniczych.

Prace nad systemem rozpoczęto pod koniec lat 60. Z założenia miał on mieć większy zasięg rażenia rakietami niż ZR KRUG, skrócony czas osiągania gotowości bojowej i być wyposażony w samobieżne stacje radiolokacyjne obserwacji okrężnej. Prace rozpoczęto prawie równocześnie nad dwoma systemami przeciwlotniczymi dalekiego zasięgu spełniającymi wspomniane wymagania: S-300 (dla WOPK) i S- 300 W (dla wojsk lądowych)[14].

[14] Zbieżność nazewnictwa jest przypadkowa, ponieważ w pierwszej wersji miały to być systemy S-500 (dla SP, MW, WOPK, WLąd), niemniej po burzliwych debatach na posiedzeniach plenarnych KC i Rady Ministrów ZSRR przyjęto dwa systemy o podobnych nazwach. Opracowanie systemu S-300W zlecono firmie Antej, S-300PU - NPO Aumaz.

Efektywność kompleksu nie zależy tylko od rakiet, ale w dużej mierze od środków radiolokacyjnych, algorytmów dowodzenia, struktur organizacyjnych oraz łączności. Dla zestawu opracowano więc elementy dowodzenia i rozpoznania o najwyższym, osiągalnym wówczas poziomie, nie zapominając o rakietach, które mogłyby być wykorzystywane w każdych warunkach atmosferycznych.

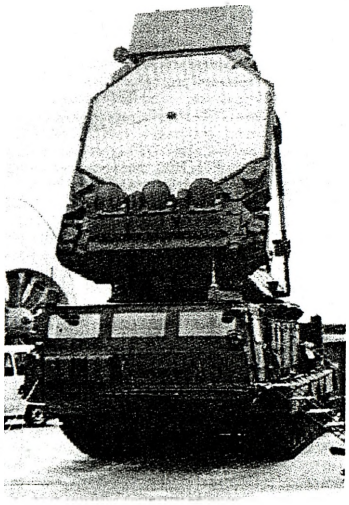
Zestaw S-300W przeznaczony jest do osłony zgrupowań wojsk i ważniejszych obiektów w obszarze działania armii lub KA przed uderzeniami taktycznych i operacyjno-taktycznych rakiet balistycznych i środków napadu powietrznego.

W pierwszej fazie projektu powstał wariant systemu, w którym każda bateria posiadała jeden, wielokanałowy radiolokator wykrywania i śledzenia celów, a naprowadzanie odpalonych pocisków realizowały małe radary, zamontowane na każdej z wyrzutni. Nie doczekał się on w pełni swojej realizacji a nawet zrezygnowano z możliwości zastosowania radaru śledzenia celów do przesyłania komend sterujących oraz wprowadzenia metody naprowadzania TVM, czyli wykorzystania aktywnego radiolokatora pocisku do monitorowania położenia celu. Takie podejście podyktowane było chęcią uzyskania jak najkrótszego czasu przekazywania komend dla maksymalnego uzyskania prędkości odpalanych pocisków, co miało krytyczne znaczenie w przypadku zwalczania bardzo szybkich celów. Natomiast metoda TVM i zastosowanie wspólnego radiolokatora powoduje, że z każdą rakietą współpracuje on sekwencyjnie, na przemian, z wymianą danych z innymi pociskami, co nieuchronnie prowadzi do spowolnienia procesu przekazywania komend sterujących.

W systemie S-300W wybrano więc procedurę naprowadzania pocisku na cel, w której określa się trajektorię celu z pomocą

radiolokatora śledzenia 9S32 z baterii. Dane (współrzędne położenia celu) są wprowadzane w ciągu 15 s przed startem do komputera rakiety, określającego optymalną trajektorię. Po starcie pocisk kierowany jest precyzyjnym układem inercyjnym, natomiast w przypadku zaobserwowania gwałtownych manewrów celu, przekazuje się nowe współrzędne za pomocą radaru wyrzutni, emitującego wówczas szeroką wiązkę sygnałów z anteny tubowej.

Jest to okres naprowadzania inercyjno-komendowego. Po zbliżeniu się do celu następuje przełączenie radaru wyrzutni na antenę paraboliczną generującą wąską wiązkę o mocy 10-12 kW i włączenie pół-aktywnej głowicy samonaprowadzania, reagującej na odbite sygnały radiolokatora (odpowiednio zakodowane dla uniknięcia pomyłek przy równoczesnym rażeniu wielu, niezbyt odległych obiektów). Stacja jest uruchamiana na ok. 10 s przed spotkaniem z celem manewrującym, (gdy rakieta była naprowadzana inercyjnie) lub ok. 3 s przed trafieniem w cel manewrujący (po naprowadzaniu inercyjno-komendowym). Czułość głowicy jest wystarczająca, żeby uchwycić echo sygnału o powierzchni 0,05 m^2 z odległości 30 km.



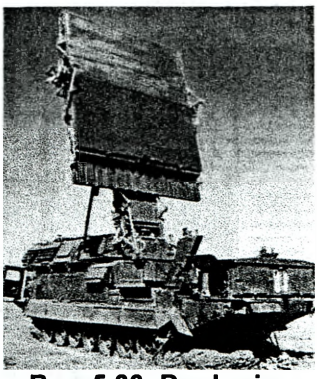
Rys. 5.32. Stacja radiolokacyjna 9S32-1 wykrywania i śledzenia celów w baterii S-300W

Podczas naprowadzania kombinowanego stacja 9S32 określa także bieżące współrzędne odpalonych pocisków, niezbędne do wypracowania poprawek. Stacja określa współrzędne wskazanych przez stanowisko dowodzenia lub wykrytych samodzielnie celów, śledzi do 12 obiektów, z których 6 może być równocześnie rażonych,

oraz automatycznie kontroluje strefę, w której mogą znajdować się obiekty niskolecące.

Stanowisko dowodzenia dywizjonu 9S457-1 może równocześnie kontrolować do 70 tras celów, automatycznie określać ich rodzaj (aerodynamiczne lub balistyczne, realne lub fałszywe) oraz stopień ważności. Stanowisko dowodzenia może także dokonywać rozdziału celów do śledzenia w sposób automatyczny (24 cele w ciągu 3 s). Stanowisko wybiera reżimy pracy i sektory obserwacji radiolokatorów, wyznacza sektory odpowiedzialności bateriom i zapewnia dwukierunkową łączność telekodową i głosową.

Radiolokator trójwspółrzędny 9S32-1, pracuje w zakresie centymetrowym, ma antenę ścianową z siecią przekaźników o polaryzacji fazowej, skanującą elektronicznie wiązkę w zakresie pionowym od 0 do 42° (liczone od normalnej do płaszczyzny anteny w położeniu roboczym) i (30° w poziomie. Jest ona wstępnie ustawiana w kierunku wskazanym przez stanowisko dowodzenia, wiązka penetruje wtedy przestrzeń w zakresie 5° w poziomie i 6° w pionie. W trybie pracy "samodzielne poszukiwanie celów" wykorzystywany jest pełny zakres możliwości skanowania poziomego, czyli 30°. Obiekt wielkości myśliwca na wysokości 5 km jest wykrywany z odległości 150 km, (głowica Pershinga ze 140 km), a automatyczne śledzenie jest inicjowane w odległości o 10-20 km mniejszej. W przypadku samodzielnego poszukiwania nie jest gwarantowane wykrywanie celów

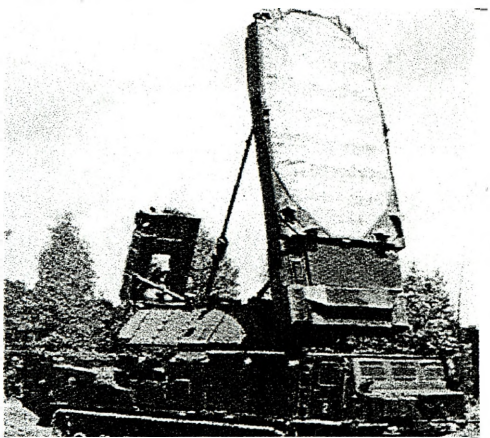


Rys. 5.33 Dookrężna stacja radiolokacyjna 9S15MW *Obzor-3*

balistycznych, a dystans dla samolotów zmniejsza się o ok. 10% (dla myśliwca na wysokości 30 m wynosi 30 km).

Radiolokator obserwacji okrężnej 9S15MW Obzor-3 jest trójwspółrzędnym, koherentno-impulsowym radarem pracujący w zakresie centymetrowym. Powstał w drugiej połowie 1983 roku. W fazie projektowania był przeznaczony dla Wojsk OPK, lotniczych i lądowych, ale ze względu, że zamontowano go na podwoziu gąsienicowym, to zastosowano go w zestawie S-300W. Z uwagi na zastosowane podwozie, skonstruowano specjalnie dla niego antenę ścianową na przekaźnikach falowodowo-szczelinowych o polaryzacji fazowej. Kolejna zaletą podwozia gąsienicowego jest szybkość zwijania i rozwijania, która nie przekracza 5 min. Szerokość wiązki radiolokatora w kącie bryłowym wynosi 1,5°x1,5°. Antena stacji obraca się z szybkością 1, 5 lub 10 obr/min., wykrywając jednocześnie do 200 celów w odległości od 10 km do 150 km (dla 10 obr./min.) i 240 km (dla 5 obr./min.), przy kącie elewacji 0-55°. Dla zwiększenia skuteczności na szczególnie ważnych kierunkach istnieje możliwość zmniejszenia prędkości obrotowej anteny w trzydziestostopniowych sektorach.

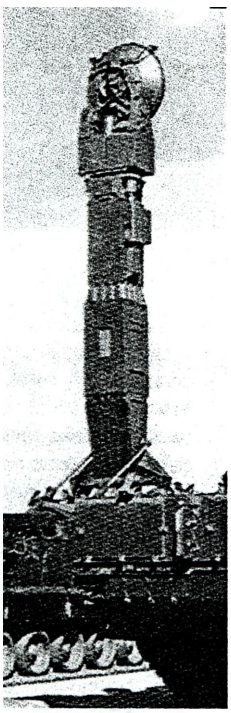
Nadajnik stacji pracuje z wykorzystaniem lampy fali bieżącej i dwóch amplitronach, a jej charakterystyki (np. bardzo małe listki boczne) i wyposażenie (trzykanałowy autokompresor zakłóceń aktywnych) gwarantują znaczą odporność na zakłócenia. Obsługa stacji



Rys. 5.34. Sektorowa stacja radiolokacyjna 9S19M2 *Imbir*

liczy 4 żołnierzy. Stacja jest wyposażona w własne źródła zasilania (turbogenerator) układy nawigacji i topodowiązania.

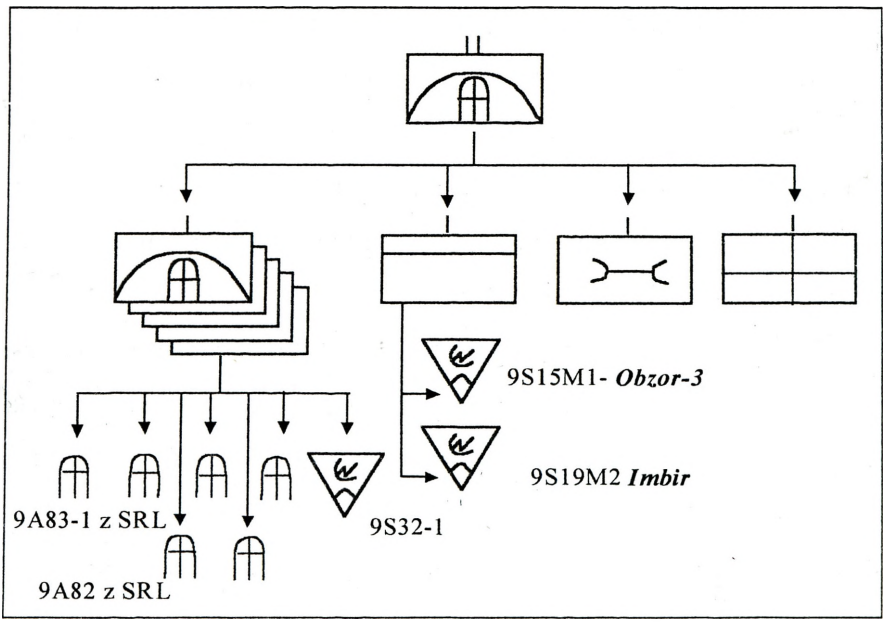
Kolejną stacją zestawu S-300W jest radiolokator 9S19M2 Imbir. Bazując na rozwiązaniach radaru 9S32 opracowano nową stację specjalnie do wykrywania celów bardzo szybko poruszających się, nawet przy stosowaniu silnych zakłóceń elektronicznych. Jest to stacja pracująca sektorowo lub prowadząca obserwację programowaną. Jej wiązka może bardzo szybko przeszukiwać przestrzeń powietrzną, której kąt rozwarcia wynosi 0,5° w wybranym sektorze w zakresie pionowym do 80°. Zakres poziomy obserwacji rakiet skrzydlatych i aerodynamicznych wynosi ± 30°, a zasięg wykrywania od 20 km do 175 km. Przy poszukiwaniu rakiet balistycznych zakres poziomy wynosi ±45°, ale minimalna odległość wzrasta do 75 km. Dokładność określania wysokości wynosi ok. 70, a kąta poniżej 15`. Radar może śledzić do 16 tras pocisków balistycznych równocześnie lub analizować 6 kierunków zakłóceń aktywnych i w każdym kierunku wyodrębniać do 20 celów, z tego 3 źródła zakłóceń. Szybkość potwierdzania danych o celach wynosi 1 s, podczas gdy w innych radarach jest pięciokrotnie mniejsza. Zastosowanie dodatkowego radiolokatora w systemie S-300W było podyktowane bardzo stromą trajektorią lotu celów balistycznych oraz celami o skutecznej powierzchni odbicia rzędu 0,02m^2 i ich wielkiej prędkości.



Ry. 5.35. SRL śledzenia pocisku na wyrzutni 9A83

Z tego samego powodu SRL śledzenia rakiet na wyrzutniach zamontowano nie na unoszonych masztach, a na nieruchomych łożach w przedniej części nadwozia, nad kabiną załogi. Ruchoma w zakresie poziomym ±90° i pionowym od 0 do 110° jest tylko sama antena. W położeniu transportowym całe łoże obraca się o 180° w taki sposób, że antena znajduje się pod kontenerami rakiet.

System S-300W1 rozpoczęto rozmieszczać na terenie Białorusi oraz w Moskiewskim Okręgu Wojskowym począwszy od 1985 r. Powstały dwie brygady na szczeblu okręgu, (strefy operacyjno-strategicznej). System poddawany jest ciągłym modernizacjom. Z początkiem lat 90. ukształtowała się ostatecznie struktura dywizjonu. Składa się on z baterii dowodzenia (stanowiska dowodzenia, radarów obserwacji okrężnej 9S15M-1i sektorowej 9S19M2) oraz czterech baterii (kompleksów), których radiolokatory śledzenia mogą być oddalone od SD dywizjonu nawet o ponad 10 km.



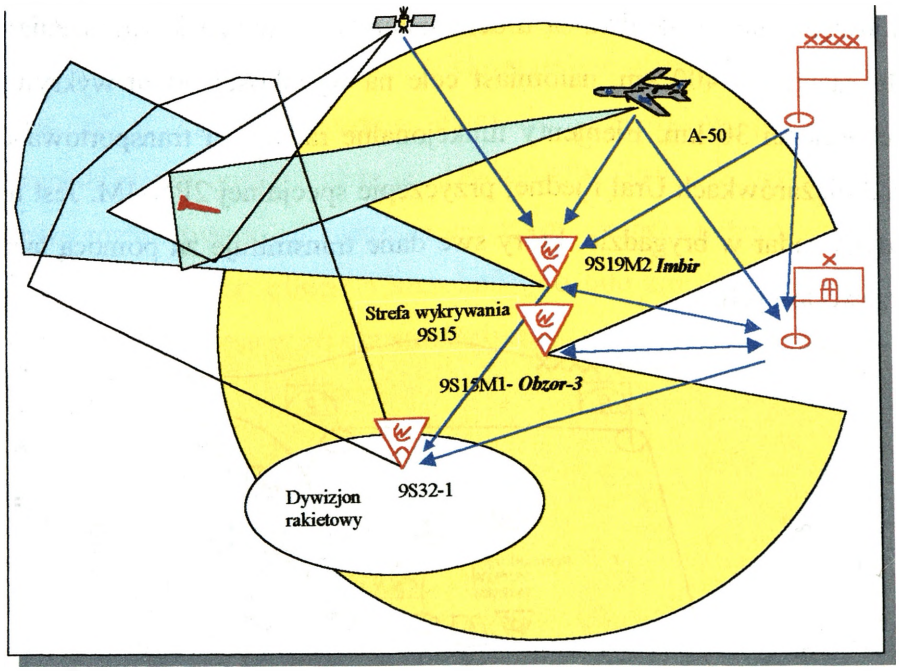
Rys. 5. 36. Struktura organizacyjna dywizjonu S-300W z wyszczególnieniem SRL (wariant).

W każdej baterii znajduje się do 6 wyrzutni z SRL i 6 samochodów załadowczych PZU (zwykle 4 typu 9A83-1 i dwie 9 A82 z dopasowaną ilością PZU), Dodatkowo dywizjon ma baterię techniczną, samobieżny warsztat techniczny, magazyn i samochody transportujące rakiety. W ten sposób dywizjon liczy do 55 pojazdów gąsienicowych i ponad 20 ciężarówek.

Liczba atakowanych symultanicznie celów balistycznych jest ograniczona możliwościami stacji 9S19 i wynosi do 16 pod warunkiem, ze połowa z nich będzie przechwytywana przez mniej skuteczne rakiety 9M83. W razie konieczności każda bateria może działać samodzielnie" bez kontaktu z dowództwem dywizjonu, lub otrzymywać dane o celach bezpośrednio z dowództwa wyższego szczebla. Nawet wyeliminowanie z walki stacji 9S32 nie obezwładnia baterii, gdyż do odpalania rakiet wystarczy w miarę dokładna informacja o celach z dowolnego radiolokatora (nawet starej stacji artyleryjskiej SON, jeśli zapewni się transformację jej analogowych danych na cyfrowe). W razie silnych zakłóceń aktywnych możliwe jest wspomaganie pracy radiolokatorów 9S32 przez radary SD dywizjonu, które podają dokładną odległość celów, pozostawiając baterii jedynie ustalenie azymutu i kąta miejsca celu.

Zwalczanie pocisków balistycznych przebiega następująco (rys. 5.37): dane z rozpoznania radiolokacyjnego np. z samolotu A-50 lub satelitów rozpoznawczych albo od przełożonego wyższego szczebla przekazywane są do SRL 9S19. Dane dotyczą parametrów lotu pocisku balistycznego. Dane te są niezbędne, aby ustalić sektor obserwacji. Rakieta zostaje przechwycona w odległości ok. 90km, na wysokości 70 km. Stacja radiolokacyjna przekazuje automatycznie drogą radiową

dane toru lotu nadlatującego pocisku do SD OPL brygady (9S457). Tam wyliczane są współrzędne trafienia pocisku. Po analizie zagrożenia cel przydzielany jest wielokanałowej stacji radiolokacyjnej śledzenia celu, wydzielonej z baterii. Od momentu przechwycenia celu przez stację radiolokacyjną obserwacji sektorowej 9S19, do odpalenia pocisku 9M82 lub 9M83 upływa tylko 15 s. Pocisk (M82 przechwytuje cel w odległości 38 km od stanowiska ogniowego na wysokości 25 km, a pocisk 9m83 w przypadku uchybienia 9M82 zniszczyłby pocisk balistyczny w odległości 28 km na wysokości 22km.



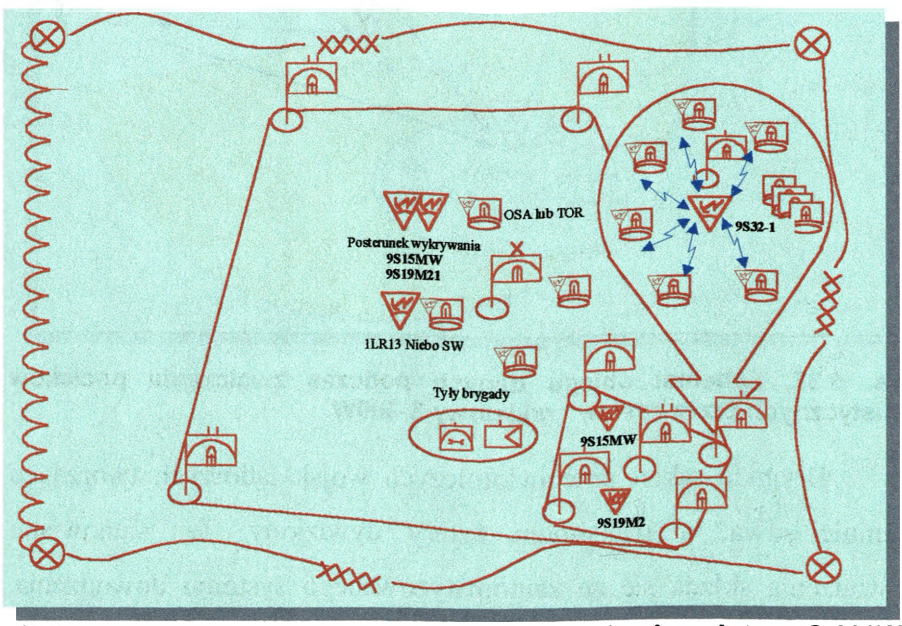
Rys. 5.37. Schemat obiegu danych podczas zwalczania pocisków balistycznych przez zestaw rakietowy S-300W.

Brygadę rakiet przeciwlotniczych wojsk lądowych tworzą co najmniej dwa, a maksimum cztery dywizjony. Jej stanowisko dowodzenia składa się ze zautomatyzowanego systemu dowodzenia, punktu kierowania zespołem radiolokatorów, węzła łączności oraz baterii osłony.

Zautomatyzowany system 9S52 Polana D4M składa się z punktu dowodzenia brygady MP-O6, wozu sztabowego MP-O2 z przyczepą KP-4 i trzech pojazdów obsługi.

Współpracuje z punktem Pori-P1M oraz najnowszymi środkami łączności.

Stacje radiolokacyjne SD brygady to: 9S15M, 9S19M2, a także radar wczesnego ostrzegania typu 1L13 Niebo SW, pracujący w zakresie metrowym. Pełni on funkcję radaru dyżurnego i pracuje zarówno w przypadku braku zagrożenia, jak i w czasie działań bojowych (pozostałe dwa są uruchamiane tylko w czasie zagrożenia). Ma zasięg do 400 km, natomiast cele na wysokości 30 m wykrywa z odległości 30 km. Elementy funkcjonalne radaru są transportowane na 3 ciężarówkach Ural i jednej przyczepie specjalnej 2PN-4M. Jest to jedyny radar w brygadzie, który swe dane transmituje za pomocą łącz przewodowych.



Rys. 5.38. Ugrupowanie Brygady rakiet przeciwlotniczych typu S-300W (wariant)

Dane ze wszystkich radarów są zbierane, przetwarzane i transmitowane przez punkt dowodzenia 9S467 Pori-P1. Bezpośrednio dowództwu brygady podlega także bateria osłony złożona z wyrzutni OSA AKM ze stanowiskiem dowodzenia PU-12M lub TOR M1 ze stanowiskiem Ranżir. SD brygady dysponuje także liniami transmisji danych ze zautomatyzowanych stanowisk dowodzenia wyższego szczebla typu Osnowa czy Bajkał-1. Łącznie dowództwo brygady może otrzymywać dane o 50 trasach celów od radarów własnych, 96 trasach od SD dywizjon6w, 60 trasach z samolotu A- 50 i do 30 tras z SD lotnictwa myśliwskiego frontu. Daje to łącznie ok. 250 równocześnie śledzonych celów powietrznych. Wykorzystanie systemu Polana D4M zwiększa o 25% skuteczność działania brygady w porównaniu z samodzielnym operowaniem jej dywizjonów. Struktura brygady jest bardzo rozbudowana, co związane jest z tym, że przy pełnym składzie może ona ochraniać obszar o szerokości do 600 km i głębokość 600 km, czyli teren większy od obszaru Polski.

ZAKOŃCZENIE

Wiedza o źródłach informacyjnych przeciwnika jest jednym z podstawowych elementów prognozowania zagrożenia z jego strony, jak i warunkiem koniecznym uzyskania przewagi informacyjnej na polu walki. Strona dysponująca przewagą informacyjną może tak wykorzystać własny potencjał bojowy, aby nawet przeciwnik posiadający wyraźną przewagą w broni konwencjonalnej nie mógł jej efektywnie wykorzystać. W dobie burzliwego rozwoju elektroniki, wyposażanie wojsk w urządzenia elektroniczne, wykorzystywane w systemach rozpoznania i dowodzenia, walki elektronicznej oraz w środkach ogniowych, jest obecnie najefektywniejszą metodą zwiększania możliwości bojowych sił zbrojnych. Dlatego też, wszystkie współczesne armie w miarę swoich możliwości starają się udoskonalać swój potencjał elektroniczny, szczególnie w zakresie systemów rozpoznania i dowodzenia (systemy informacyjno – sterujące). Możliwości bojowe tych systemów muszą być uwzględniane przy wszelkich analizach i ocenach zarówno przeciwnika jak i sił własnych.

Jedną z dziedzin, w której szczególnie wyraźnie odzwierciedlony jest postęp w technologiach elektronicznych jest technika radiolokacyjna. Jest ona stosowana powszechnie przez większość współczesnych armii, nie tylko zresztą w trakcie działań bojowych. Podsumowując rozważania zawarte w poszczególnych rozdziałach pracy określić można szereg cech i tendencji charakteryzujących współczesne urządzenia i systemy

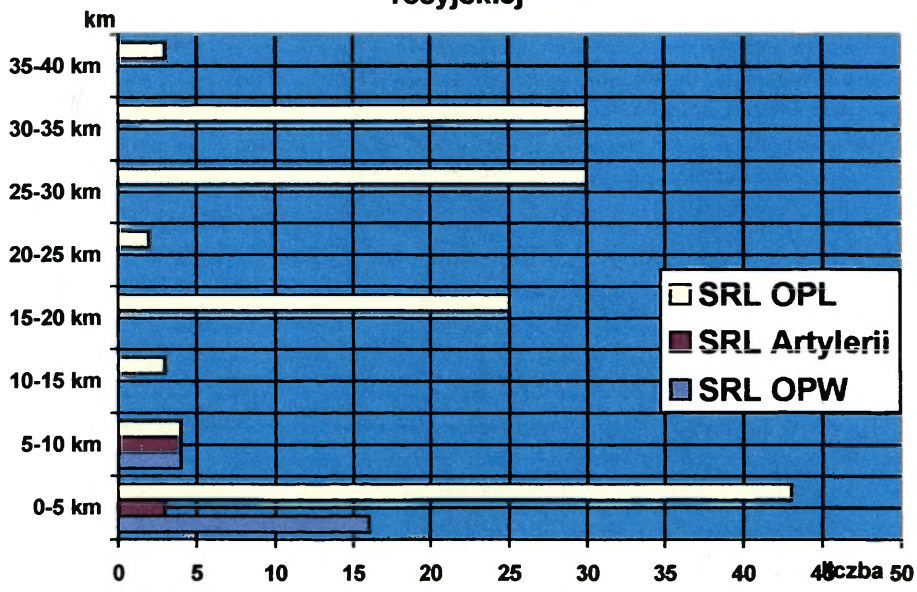
radiolokacyjne między innymi również te, które są wykorzystywane przez siły zbrojne naszych wschodnich sąsiadów. Do najważniejszych spośród tych cech można zaliczyć:

1. Wykorzystywanie pasm radiowych przez coraz większą liczbę SRL i innych urządzeń emitujących energię elektromagnetyczną powoduje w wielu przypadkach zazębianie się ich pasm roboczych, wobec czego ustalenie jednoznacznych granic pasm częstotliwości wykorzystywanych przez poszczególne rodzaje SRL jest bardzo trudne.
2. Następuje ciągły wzrost stopnia zagospodarowywania szczególnie wyższych pasm częstotliwości przy konstruowaniu nowych SRL i przy modernizacji już istniejących.
3. Powszechne stają się SRL trójwspółrzędne wykorzystujące modulacje kodowo - impulsowe z cyfrową obróbką sygnałów.
4. Zwiększa się nasycenie SRL potencjalnego pola walki proporcjonalne do wzrostu liczby wykorzystywanych stacji przez pododdziały i oddziały w ugrupowaniu bojowym.
5. Tendencją rozwojową jest budowa SRL o bardzo niskiej mocy promieniowanej energii elektromagnetycznej, maksymalnie zredukowanych listkach bocznych charakterystyki promieniowania i przeszukiwanie przestrzeni powietrznej elektronicznie kształtowaną wiązką, z zastosowaniem anten wykorzystujących przesuwniki fazowe.

Wykorzystywane aktualnie w siłach zbrojnych naszych wschodnich sąsiadów SRL posiadają różne przeznaczenie, wykonane są też w różnych technologiach, co powoduje, że generowane przez nie sygnały radiolokacyjne mają dość różnorodną postać zarówno w zakresie wykorzystywanych częstotliwości, jak i szczególnie w parametrach

energetycznych i czasowych. Z punktu widzenia ich rozpoznania istnieje więc konieczność dokonania wielowariantowej klasyfikacji możliwych do odebrania sygnałów pod kątem zarówno parametrów technicznych jak i operacyjnych, ponieważ z analizy wynika, że jednoznaczne rozróżnienie źródeł emisji na podstawie nielicznych tylko parametrów w wielu przypadkach jest niemożliwe. Zebrane w ten sposób dane na temat stacji radiolokacyjnych mogą stanowić jego cechę identyfikacyjną, umożliwiającą rozpoznanie jego typu, przeznaczenia i na tej podstawie ewentualnego poziomu zagrożenia. O skali tego problemu świadczyć może zaprezentowane poniżej orientacyjne zestawienie.

Szacunkowe ilości SRL w I rzutowych ZT armii rosyjskiej



Nie ulega wątpliwości, że na współczesnym polu walki technika radiolokacyjna jest szeroko wykorzystywana zarówno w systemach rozpoznania, jak i sterowania środkami walki. Radiolokacyjne systemy rozpoznania pozwalają monitorować przestrzeń pola walki w sposób ciągły, niezależny od warunków atmosferycznych i pory dnia oraz

stosunkowo bezpieczny, bo bez zbędnego bezpośredniego angażowania czynnika ludzkiego. Powszechność stosowania tych środków niesie ze sobą również pewne zagrożenia. Jak stwierdzono w rozdziale pierwszym sondujące sygnały aktywnych stacji radiolokacyjnych niosą w sobie wartości informacyjne przydatne przeciwnikowi. Są one nie tylko elementem demaskującym położenie, charakter pracy i rodzaj danej stacji, ale również przesłanką do uzyskania danych dotyczących składu i ugrupowania wojsk, a także ich możliwych zamiarów działania. Dane uzyskane w wyniku rozpoznawania pracujących stacji radiolokacyjnych przeciwnika przyczyniają się do zdobycia kluczowych informacji o przeciwniku, ale tylko pod warunkiem, że *a priori* posiadamy wiedzę o wykorzystywanych przez niego systemach i urządzeniach oraz możliwych potencjalnych formach działania. Niezbędne jest więc w aktualnej sytuacji geopolitycznej posiadanie tego rodzaju wiedzy w odniesieniu do wszystkich potencjalnych (nawet mało realnych) przeciwników.

LITERATURA

1. Antczak , Sirko, Mikołajczuk, Rozwój systemów rakietowych OP FR, AON 1998.
2. Barton D. K., Modern radar system analysis, Artech House 1988.
3. Bem D. J., Anteny i rozchodzenie się fal radiowych, WNT, Warszawa 1973.
4. Blak K., Systemy rozpoznania radioelektronicznego państw obcych i ich wpływ na prowadzenie operacji przez siły zbrojne RP, AON, Warszawa 1994.
5. Curtis D., Sobleher, Introduction to electronic warfare, Artech House 1986.
6. Dęga Cz.: Środki walki wojsk lądowych, MON, Warszawa 1986.
7. Katalog antennas& acessories for EMC, EMCO 1993.
8. EW Group School of Signals.: Electronic Warfare Handbook. Radar and ELINT. Part 7, The Royal School of Signals, Blandford Camp. England, 1991.
9. Hall W., General Radar Equation 1993.
10. ECM Accesories Catalog, Hewllet -Packard 1993.
11. Informator o uzbrojeniu sił lądowych państw sąsiadujących z Polską, Szt. Gen, Warszawa 1995.
12. Krzeszowski W., Szpyra R.: Analiza operacyjnych i taktycznych sił napadu powietrznego i obrony powietrznej wybranych państw obcych, AON 1998.

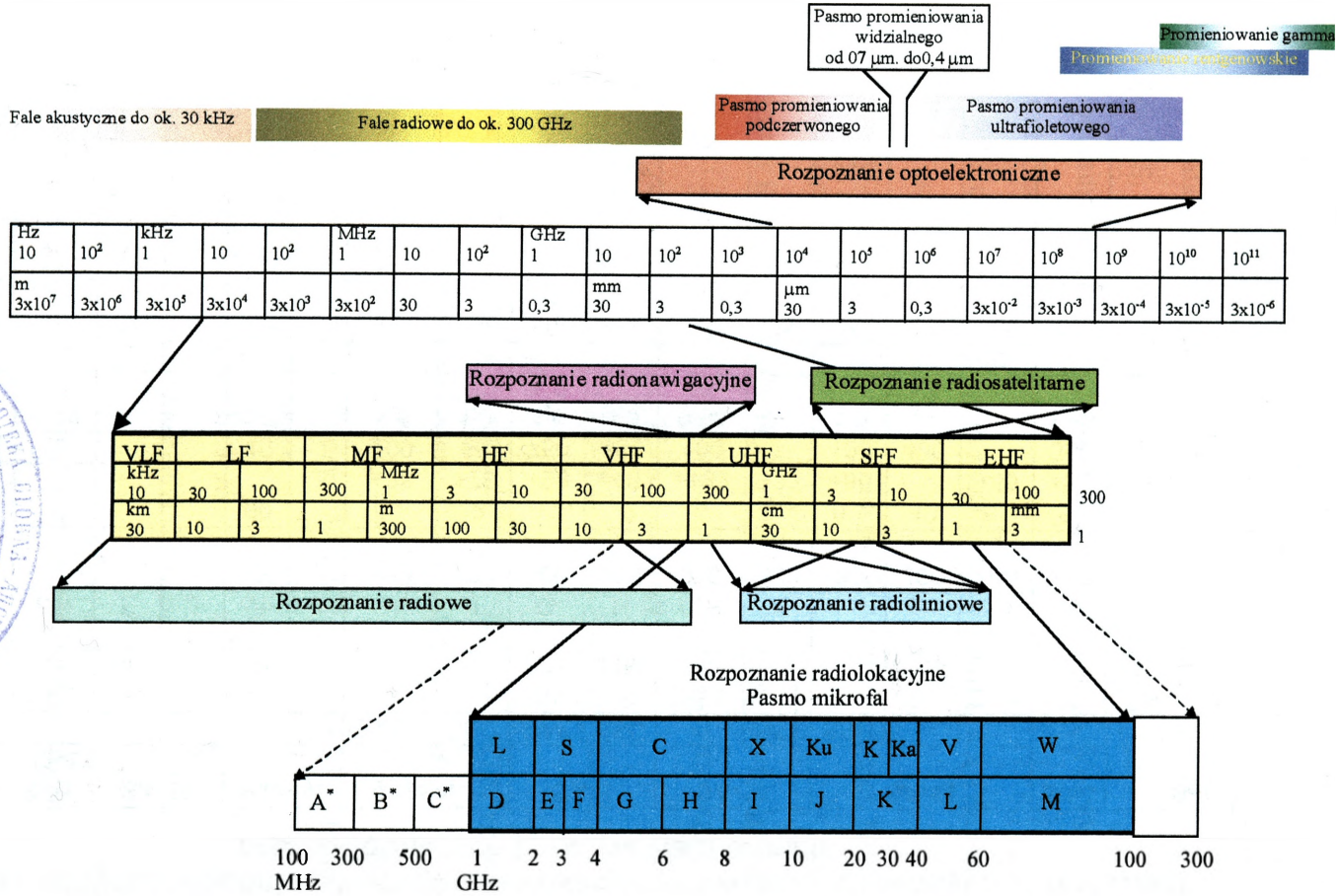
13. Kuriata R., Dobroń D.: Obrona przeciwlotnicza Rosji, Białorusi, Ukrainy i Niemiec, AON, Warszawa 1998
14. Magnucki Z., Obieg informacji w systemie rozpoznania, WAT Warszawa 1994.
15. Matuszewski. J: Wybrane problemy projektowania systemu ekspertowego rozpoznawania radarów. Materiały VI ogólnopolskiego konwersatorium nt. „Sztuczna inteligencja i cybernetyka rozwoju", Siedlce, 28÷29.09.1993.
16. Matuszewski J., S. Wnuczek.: Analiza parametrów sygnałów radarowych wykorzystywanych w rozpoznaniu radioelektronicznym. Materiały VII konferencji naukowej nt. "Sterowanie i regulacja w radiolokacji i obiektach latających", Jelenia Góra, 11-13.06.1996.
17. Matuszewski J.: Analiza parametrów współczesnych radarów dla potrzeb bazy danych systemu rozpoznania, WAT Warszawa 1996.
18. Matuszewski J.: Charakterystyka współczesnych radarów i metod przetwarzania informacji dla potrzeb systemu rozpoznania ELINT, WAT Warszawa 1996.
19. Mgnucki Z., Charakterystyka struktur organizacyjnych i środków WRE w wybranych państwach, AON Warszawa 1996.
20. Military Parad, Katalog, Moskwa 2001
21. Neri F., Introduction to electronic defense system, Artech House Boston 1991.
22. Paradowski L., Kierunki rozwojowe w organizacji i konstrukcji współczesnych zachodnich urządzeń rozpoznania radioelektronicznych, WAT Warszawa 1981.
23. Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, WITU, Warszawa 2000, Z-72, s.95-96.

24. R. G. Wiley.: Electronic Intelligence: The Analysis of Radar Signals. Second Edition, Artech House, Boston • London, 1993.
25. Radar and electronic warfare systems, Janes, London 1997 – 2001.
26. Roe J, S. Cussons, A. Felthan.: Knowledge-based signal processing for radar ESM systems, IEE Proceedings, Vol.137, No.5, October 1990.
27. Rosyjskie systemy przeciwlotnicze i przeciwrakietowe, Przegląd WLOP nr 4/94
28. Schleher. D.C: Introduction to Electronic Warfare, Artech House, New York, 1986.
29. Skolnik Radar Handbook, McGraw-Hill Pubishing Company 1990.
30. Sztarski. M. R.: Współczesne urządzenia radiolokacyjne wojsk państw zachodnich, WAT, Warszawa 1980.
31. Szulc T. System przeciwlotniczy S-300W, (w:) NTW 3/92; 2/93; 11/99
32. Szulc T. System przeciwlotniczy TUNGUSKA (w:) NTW nr 11/92
33. Szulc T. System przeciwlotniczy TOR, (w:) NTW nr 6/94; 53/95
34. Szulc T. System przeciwlotniczy BUK, (w:) NTW nr 5/96; 53/95
35. Szulc T. System przeciwlotniczy PANCYR, (w:) NTW nr 12/96
36. Tecom Industries Katalog 1998.
37. TIECHNIKA I ORUŻIE, Nr. 5/96
38. Użycie wojsk rakietowych artylerii w operacji i walce, AON, Warszawa 1995.
39. Wojtowicz A.: Radary i systemy kierowania ogniem środków przeciwlotniczych, (w:) WPTiL 5/95.

Parametry taktyczno-techniczne stacji radiolokacyjnych wykorzystywanych w zestawach przeciwlotniczych państwa wschodnich.

Wyszczególnienie		Jm	ZSU-23-4	SA-19		Pancyr		SA-8		SA-6		SA-15		SA-11			SA4	S-300w		
								RSWW	SSC	SWC	SSC		SSC	SSC						
Typ stacji			1RL33	1RL144		1RL144		-	-	1S11M	1S31M	1RL144			9S18M	Zyrafa	1S32	9S15	9S19	9S32
Częstotliwość (pasmo)		-	cm	E	J	cm	J	H	J	G	H	C/H	K	cm	cm	cm	H	cm	cm	cm
Przedział pracy	W azymucie	[°]				360		360	330	360	360	360	360	60	360	±60	340			±30 +40
	W elewacji	[°]		+1		60		0 ÷ +28	-12÷ +78	0 ÷ +20	-9 ÷+85	0 ÷+32	0 ÷ +32	0 ÷ +80	40	-5 ÷ +85	-5 ÷ +83	0 ÷ 55	0 ÷ 80	
Rozróżnialność	Odległości	[m]	10			45		200	55	750	150	100		100	400		350			
	W azymucie	[°]	0-02			0,7		1,5	1,0	1,6 1,9	1,0	0,68		1,0	3-4,5		1,33			
Odległość wykrywania	Nim	km	0,1	8	2,5										35	20		10		8
	Max	km	20	18	13	25		45	28	50-65	28	25	25	45-85	160	120	120	140/240	175	150
Szerokość charakterystyki	W pionie	[°]	1,5										1,5						1,5	
	W poziomie	[°]	1,5										1,5						1,5	
Moc w impulsie		kW				270		270	200	500	200 500	290		260 550			800			
Prędkość obrotów anteny		Obr. /min				50		33		20		55								
Rodzaj anteny		-	okrągła	parabola	okrągła	parabola	okrągła	parabola	okrągła	parabola	okrągła	Ścian. (parab.)	okrągła	ścianowa	ścianowa	ścianowa	Okrąg 2,44m	ścianowa	ścianowa	ścianowa

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ 54285



Podział spektrum elektromagnetycznego z umiejscowieniem zakresów częstotliwości wybranych źródeł elektromagnetycznych